

PENGARUH ARUS LISTRIK TERHADAP KARAKTERISTIK FISIK-MEKANIK SAMBUNGAN LAS TITIK LOGAM DISSIMILAR AL-STEEL

***Yustiasih Purwaningrum, M. Fatchan**

Program Studi Teknik Mesin FTI Universitas Islam Indonesia

Jl. Kaliurang Km. 14, 5 Yogyakarta

*Email: yustiasih2003@yahoo.co.nz

ABSTRACT

The resistance spot weld of dissimilar materials is generally more complex than that of similar materials due differences in the mechanical, physical and chemical properties of the base metals. This research aimed is to investigate the mechanical and physical properties of spot weld of dissimilar materials with various welding current. A Series of bead plate welds were made on 4 mm thick Al 5083 and 1,2 thick SS 400. The welding current that used were 65, 70 and 75 Amperes. The physical properties were examined based on the microstructure using Optical Microscope. The mechanical properties were measured with respect to the strength and hardness using Universal Testing Machine and Vickers Microhardness respectively. The microstructures of all resistance spot welded for carbon steel SS 400 with various welding current were bainit for weld metal and ferrite and pearlite for base metal and HAZ. Weld metal with current welding 75 A have the highest tensile-shear strength.

Keywords : Dissimilar, Hardness, Microstructure , Resistance Spot Welding

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya zaman, maka teknologi juga ikut berkembang terutama di bidang pengelasan untuk penyambungan logam. Pengelasan merupakan cara yang paling banyak digunakan dalam proses penyambungan logam dikarenakan las memiliki kelebihan antara lain sambungan lebih kuat, hemat, murah, dan mudah pemakaiannya. Banyak metode yang digunakan dalam proses pengelasan logam, salah satu pengelasan yang cukup maju adalah *Resistance Spot Welding (RSW)* atau sering dikenal dengan las titik.

Metode RSW adalah permukaan yang akan disambung ditekan satu sama lain kemudian dialiri arus listrik yang tinggi dengan waktu yang singkat. Proses pengelasan titik sendiri merupakan suatu proses yang kompleks, melibatkan interaksi elektrik, panas, mekanik dan fenomena metalurgi, di mana setiap parameter proses memiliki pengaruh terhadap kualitas dan karakteristik hasil las.

Kebutuhan bahan bakar saat ini sangat tinggi namun kesediaan bahan bakar yang terus menipis mendorong manusia untuk lebih mengefisienkan energi kendaraan. Banyak cara pengefisienan energi, salah satu cara adalah dengan menurunkan berat kendaraan dengan menggabungkan bahan yang berbeda. Salah satu contoh penggabungan bahan yang berbeda adalah aluminium dengan baja yang banyak dilakukan dalam aplikasi industri kendaraan. Sampai saat ini penggabungan dengan logam yang berbeda diwujudkan dengan cara mekanis perakitan [1].

Aluminium dan baja adalah bahan yang paling penting pada konstruksi produksi otomotif. Pada sebuah desain kendaraan yang dioptimalkan adalah kinerja dan biaya yang bisa dicapai dengan menggunakan bahan yang berbeda untuk memanfaatkan bahan dan fungsinya. Tetapi metalurgi ikatan antara aluminium dan baja sulit dicapai dengan proses las karena perbedaan yang ada pada sifat material yaitu konduktivitas thermal dan sifat mekanik antara kedua bahan tersebut [2].

Pada proses pengelasan dengan menggunakan las titik (*resistensi spot welding*) dengan sambungan antara paduan aluminium dan baja sering mengakibatkan terjadinya keretakan, kerapuhan dan kerentanan terhadap korosi. Penggunaan bahan transisi antara aluminium dengan baja pada las titik adalah sebuah konsep yang cukup menjanjikan. Selain itu bahan transisi juga dapat memungkinkan dua daerah nugget las yang terpisah pada masing-masing aluminium dan baja. Sangat sedikit studi sebelumnya yang meneliti tentang transisi pengisian dan hampir semua studi fokus pada eksperimental metalurgi nugget [3].

Sambungan dissimilar mempunyai banyak kelemahan [4] yaitu pada struktur sambungan yang tidak stabil. Penelitian lain menunjukkan hasil bahwa pada hasil las dissimilar stainless steel, terdapat retak pada daerah sekitar las [5]. Paduan aluminium dan baja tidak dapat bereaksi dengan mudah pada saat dilas karena mempunyai perbedaan yang signifikan pada termal fisik dan bahan *cold-rolled* dapat digunakan sebagai transisi untuk membantu proses pengelasan [2].

Pada penelitian sambungan dissimilar las RSW antara baja SS 400 1 mm dan Al 6061 T1 2 mm dengan menggunakan filler Fe: Al 90 %: 10 % dengan variasi tegangan listrik didapat kesimpulan semakin tinggi tegangan listrik yang digunakan maka semakin tinggi kekuatan tarikannya [6].

1.1 Definisi Pengelasan

Pengelasan adalah sebuah proses penyambungan antara dua atau lebih material dalam keadaan plastis atau cair dengan menggunakan panas (*heat*) atau dengan tekanan (*pressure*) atau keduanya. Logam pengisi (*filler metal*) dengan temperatur lebur yang sama dengan titik lebur dari logam induk dapat atau tanpa digunakan dalam proses penyambungan tersebut. Sambungan las hanya logam pengisi *filler metals* yang akan mencair dengan dua bagian yang akan dilas, setelah *filler metals* membeku maka dua logam akan menyatu. Dari definisi tersebut las adalah sambungan dari beberapa batang dengan menggunakan energi panas sehingga terjadi ikatan antara atom-atom atau molekul-molekul dari logam yang disambungkan 7

Resistance Spot Welding (RSW)

Pengelasan titik atau *resistance spot welding* adalah suatu bentuk pengelasan tahanan dimana suatu las dihasilkan pada suatu titik pada benda kerja di antara elektroda-elektroda pembawa arus, las akan mempunyai luas yang kira-kira sama dengan ujung elektroda ataupun biasa dengan ukuran yang berbeda-beda. Gaya yang dikenakan terhadap titik, yang biasanya melalui elektroda secara bersambung didalam proses pengelasan. Tidak ada busur api yang terbentuk.

Pada pengelasan *resistance spot welding* terdapat siklus las yang terjadi. Khususnya pada las titik dibagi menjadi 4 (empat) tahapan waktu yaitu *squeeze time*, *weld time*, *hold time*, dan *off time*. *Squeeze time* adalah waktu diantara penekanan oleh elektroda dan saat dimulainya pengaliran arus listrik. *Weld time* adalah waktu dimana arus listrik sedang mengalir. *Hold time* adalah waktu dimana penekanan masih berjalan akan tetapi listrik tidak mengalir lagi. *Off time* adalah waktu elektroda lepas dari benda kerja yang tidak ada arus maupun tekanan.

Prinsip proses las titik adalah bila arus listrik (*I ampere*) melalui suatu hambatan (*R ohm*) selama (*t*) detik, maka akan terjadi energi termal pada hambatan tersebut yang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$H = I^2 R t$$

dimana:

H = Jumlah energi termal yang timbul (joule)

I = Kuat arus (ampere)

R = Hambatan (ohm)

t = Waktu (detik)

1.2 Definisi Baja Karbon Rendah

Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si, Mn, P, S, dan Cu. Sifat baja karbon sangat tergantung pada kadar karbon, karena itu baja ini dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya. Klasifikasi baja menurut kadar karbonnya 7, yaitu:

- Baja karbon rendah adalah baja dengan kadar karbon kurang dari 0,30%.
- Baja karbon sedang adalah baja dengan kadar karbon 0,30% – 0,45% karbon.
- Baja karbon tinggi adalah baja karbon dengan kadar karbon antara 0,45% – 1,70% karbon.

1.3 Definisi Aluminium

Aluminium merupakan unsur *non ferrous* yang paling banyak terdapat di bumi yang merupakan logam ringan yang mempunyai sifat yang ringan, ketahanan korosi yang baik serta hantaran listrik dan panas yang baik, mudah dibentuk baik melalui proses pembentukan maupun permesinan, dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam.

Unsur paduan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni ditambahkan untuk meningkatkan sifatnya. Sifat tersebut antara lain sifat mekanik, ketahanan korosi, ketahanan aus, dan koefisien pemuaian rendah

2. MATERIAL DAN METODOLOGI

2.1 Material dan Alat

Pada penelitian ini material yang digunakan adalah baja karbon rendah SS400 dengan tebal 1,2 mm dan paduan Al5083 dengan tebal 4 mm dengan komposisi kimia terlihat pada tabel 1 dan tabel 2

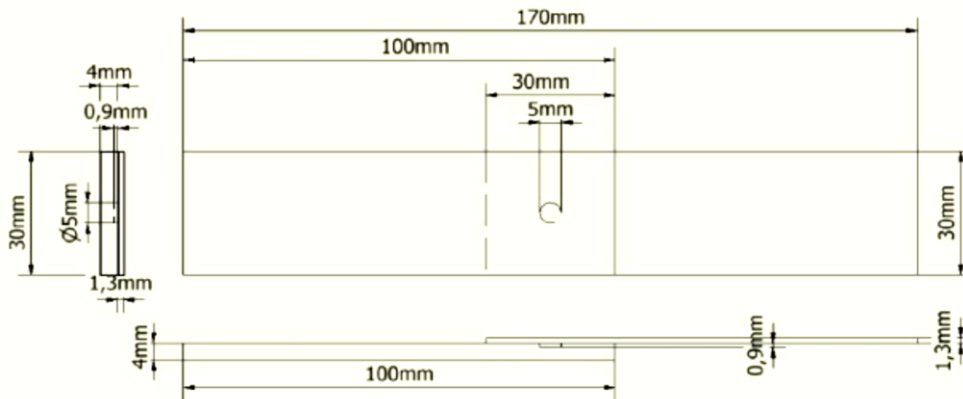
Tabel 1. Komposisi Kimia Baja SS 400

Alloy	Chemical Composition (%)										
	Fe	C	Mn	Si	P	S	Al	As	Ni	Cr	Cu
SS 400	99.45	0.09	0.26	0.02	0.02	0.02	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01

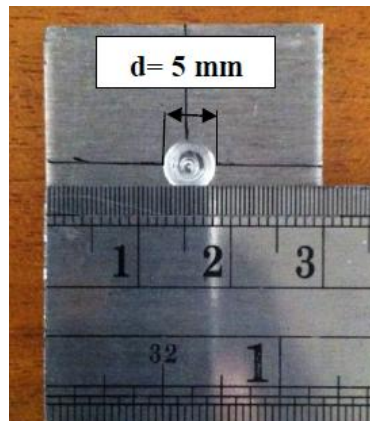
Tabel 2. Komposisi Kimia Paduan Aluminium Al 5083

Chemical Composition (%)				
Alloy	Mn	Mg	Cr	Ti
Al 5083	0.4 – 1.0	4.0 -4.9	0.05 – 0.25	0.15

Proses pengelasan dilakukan dengan metode RSW (*Resistance Spot Welding*) dengan menggunakan variasi arus 65A, 70 A dan 75 A dan *holding time* 1,2 detik. Dimensi spesimen uji dapat terlihat pada gambar 1. Proses pengelasan dilakukan dengan penambahan filler. Komposisi filler yang digunakan adalah Fe : Al = 90 % : 10 %. Filler diletakkan pada lubang (Gambar 2) yang dibuat pada material aluminium.



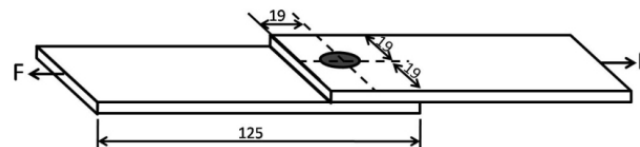
Gambar 1. Dimensi Benda Uji



Gambar 2. Lubang pada Spesimen

Poses Pengujian

Pengujian mekanik yang dilakukan adalah pengujian tarik-geser. Bentuk spesimen dapat terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Bentuk Spesimen Uji Tarik-Geser

Sedangkan pengujian fisik yang dilakukan adalah pengujian kekerasan dengan metode *Vickers Microhardness* (Gambar 4). Pengujian dilakukan dengan menggunakan beban 100 grf. Pengujian dilakukan pada daerah logam induk, HAZ dan las dengan jarak masing-masing 1 mm.



Gambar 4. Mesin Uji Kekerasan Vickers

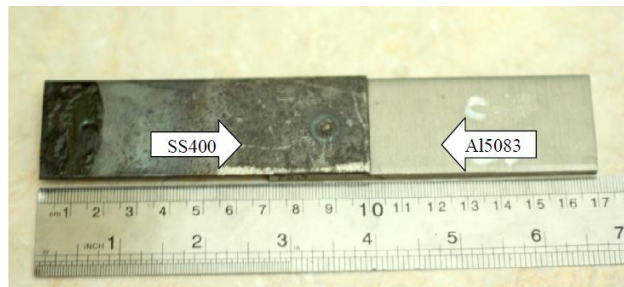


Gambar 5. Alat uji pengamatan fotomikro
(a) Mikroskop Optik (b) Stereozoom

Pengujian fisik lain yang dilakukan adalah pengamatan fotomikro dengan menggunakan mikroskop optik (Gambar 5a) dan pengamatan fotomakro dengan mesin stereozoom (Gambar 5b).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

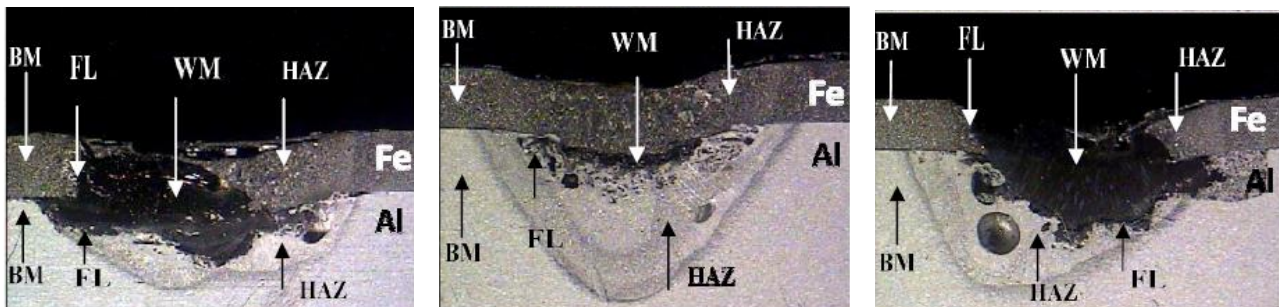
Contoh hasil sambungan las RSW dapat terlihat pada gambar 6.



Gambar 6. Spesimen Hasil Pengelasan

3.1 Pengamatan Fotomakro

Hasil pengamatan fotomakro dengan *stereozoom* pembesaran 9x untuk semua variasi arus pengelasan dapat terlihat pada gambar 7.



Gambar 7. Fotomakro Hasil Las RSW dengan arus
(a) 65 A (b) 70 A (c) 75 A

Dari gambar 7 terlihat bahwa hasil pengelasan dapat dibagi menjadi 4 bagian yaitu:


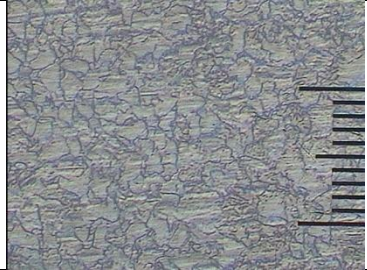
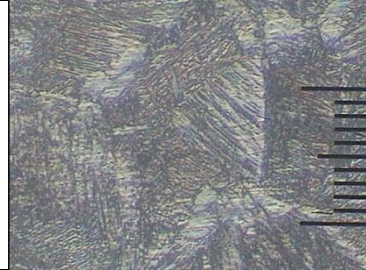
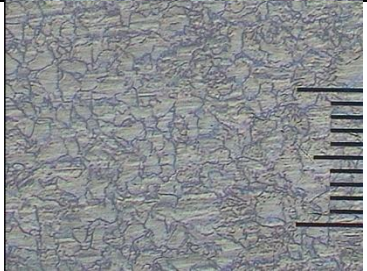
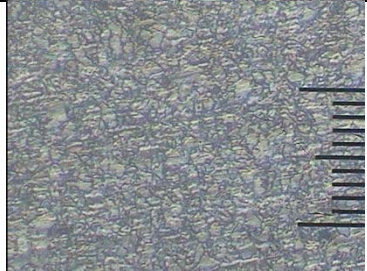
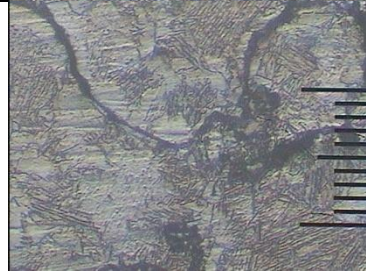

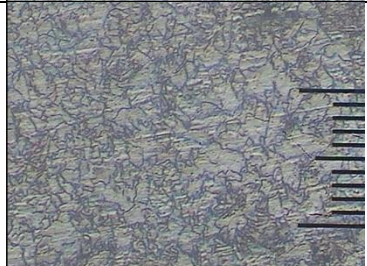
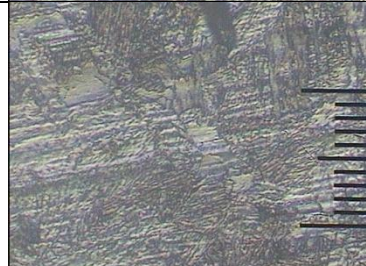
- **BM (Base Metal) atau Logam Induk**
Logam induk merupakan logam dasar dimana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat.
- **HAZ (Heat Affected Zone)**
HAZ merupakan logam induk yang mengalami perubahan struktur akibat panas pengelasan.
- **WM (Weld Metal) atau Logam Las**
Logam las merupakan bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair (dengan atau tanpa *filler*) kemudian membeku.
- **FL (Fusion Line) atau Garis Penggabungan**
Garis penggabungan merupakan daerah perbatasan antara daerah yang mengalami peleburan dan yang tidak melebur.

Dari pengamatan fotomakro terlihat bahwa untuk semua arus yang digunakan sambungan las dapat tersambung dengan baik. Daerah HAZ pada material paduan aluminium Al 5083 dan Baja SS 400 mempunyai luas yang tidak sama disebabkan karena perbedaan ketebalan dan konduktivitas thermal kedua material yang berbeda.

3.2 Pengamatan Fotomikro

Hasil pengamatan fotomikro pada hasil las RSW dapat terlihat pada tabel 4 dan tabel 5. Pengujian dilakukan dengan menggunakan perbesaran 100 X sehingga 10 skala pada gambar menunjukkan nilai 100 µm. Pengujian dilakukan pada daerah logam induk, HAZ dan logam las.

Tabel 3. Struktur Mikro baja SS 400


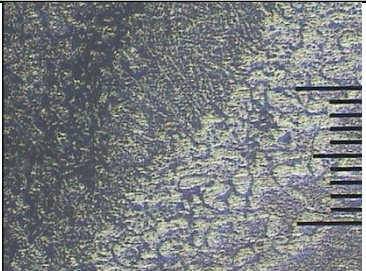
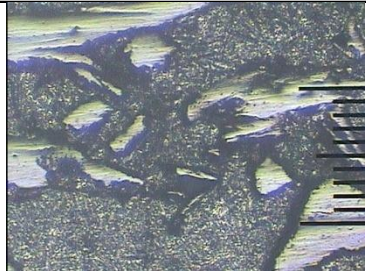
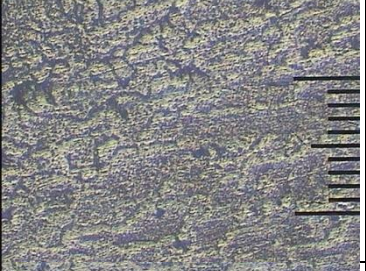
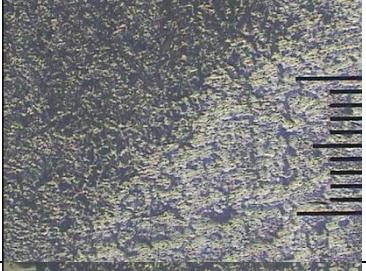
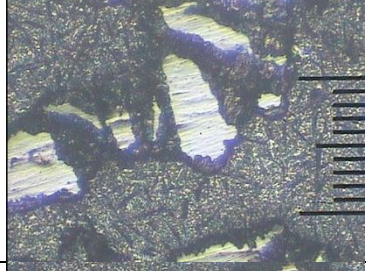
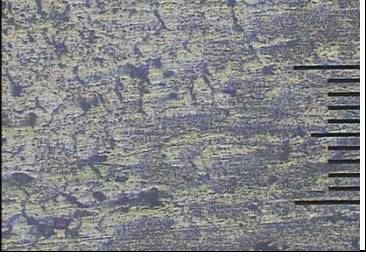
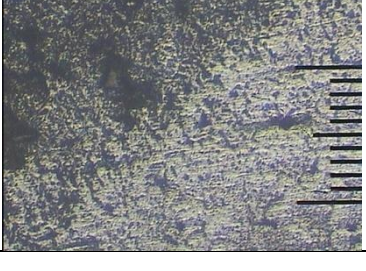

	LOGAM INDUK	HAZ	LAS
65 A			
70 A			
75 A			

Dari tabel 4 terlihat bahwa struktur mikro pada daerah logam induk adalah berupa ferit (berwarna terang) dan perlit (berwarna gelap). Untuk semua variasi arus pengelasan struktur mikronya sama, karena daerah logam induk adalah daerah yang tidak terkena pengaruh panas.

Untuk daerah HAZ struktur mikronya juga sama dengan daerah logam induk hanya ukurannya lebih kecil. Perubahan ukuran tersebut disebabkan karena pengaruh panas pengelasan. Sedangkan pada daerah las, struktur mikro yang terbentuk berupa bainit.

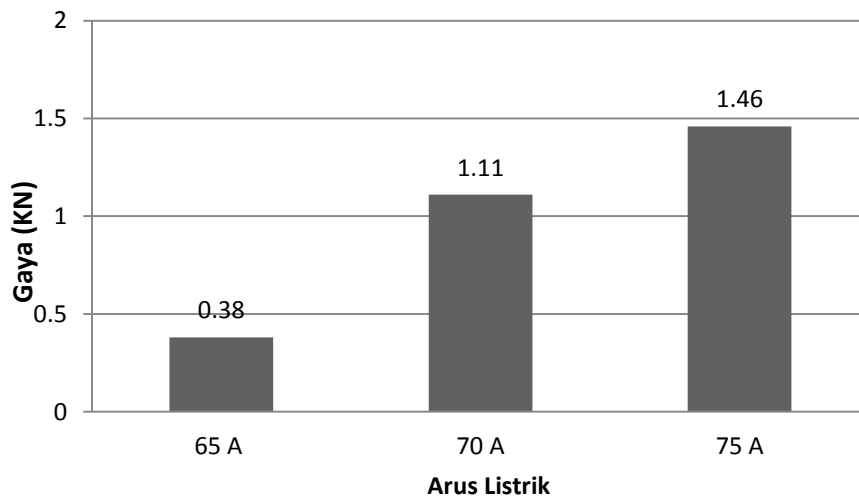
Pada material Al 5083, untuk daerah las terlihat adanya sisa serbuk filler yang tidak mencair (Tabel 4) untuk semua variasi arus yang digunakan.

Tabel 4. Struktur Mikro Paduan Al 5083

	LOGAM INDUK	HAZ	LAS
65 A			
70 A			
75 A			

3.3 Pengujian Tarik-Geser

Dari hasil pengujian tarik geser terlihat bahwa hasil las dengan arus 75 A mempunyai nilai kekuatan paling tinggi yaitu 1,46 KN (Gambar 9), diikuti oleh arus 70 A (1,11 KN) dan nilai terendah terdapat pada arus 65 A yaitu 0,38 KN. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi arus yang digunakan maka filler akan lebih banyak yang mencair, sehingga sambungan akan lebih baik.

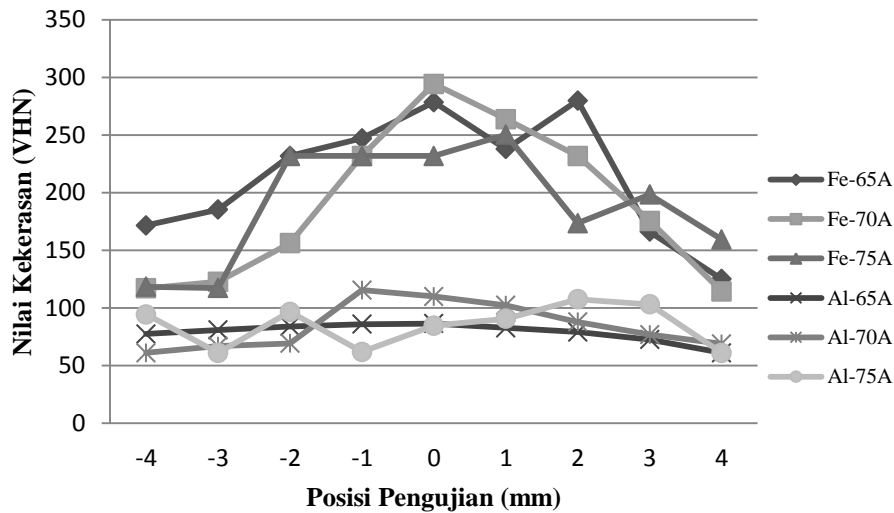


Gambar 8. Nilai rata-rata Kekuatan Tarik

3.4 Pengujian Kekerasan

Nilai kekerasan pada hasil pengelasan pada material SS 400 dan Al 5083 terlihat pada Gambar 9. Nilai 0 pada grafik menunjukkan posisi titik tengah daerah las. Untuk material SS 400 pada daerah las nilainya paling tinggi. Hal tersebut sesuai dengan pengamatan fotomikro yang menunjukkan bahwa struktur mikro yang terbentuk pada daerah ini adalah bainit. Bainit mempunyai nilai kekerasan lebih tinggi jika dibandingkan dengan struktur ferit maupun perlit.

Untuk material Al 5083 nilai kekerasannya relative sama untuk daerah logam induk, HAZ maupun las. Hal tersebut disebabkan karena Al 5083 termasuk jenis aluminium *non heattreatable*.



Gambar 9. Nilai kekerasan hasil pengelasan

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan:

- Pengamatan fotomakro menunjukkan bahwa hasil las dengan semua variasi arus pengelasan dapat tersambung dengan baik.
- Untuk material baja SS 400, struktur mikro daerah logam induk dan HAZ untuk semua variasi arus pengelasan berupa ferit dan perlit sedangkan pada daerah las struktur mikronya berupa bainit.
- Pada hasil pengamatan fotomikro pada daerah las material Al 5083 masih terdapat sisa serbuk filler yang tidak meleleh saat terjadi proses pengelasan
- Semakin tinggi arus pengelasan yang digunakan maka nilai kekuatan tarik gesernya juga akan semakin tinggi (untuk range 65 – 75 A)
- Nilai kekerasan tertinggi pada material SS 400 terdapat pada daerah logam las. Hal tersebut sesuai dengan struktur mikro pada daerah tersebut yaitu bainit yang mempunyai nilai kekerasan tinggi.

5. REFERENSI

- [1] Torkamany, M.J., S. Tahamtan, and J. Sabbaghzadeh, 2009, *Dissimilar welding of carbon steel to 5754 aluminum alloy by Nd:YAG pulsed laser. Volume 458-459.*
- [2] Sun, X., E. V. Stephens, M. A. Khaleel, H. Shao, and M. Kimchi, 2004, *Resistance Spot Welding of Aluminum Alloy to Steel with Transition Material-From Process to Performance-Part I: Experimental Study. Welding Journal, 188s-189s.*
- [3] Sun, X. and M. A. Khaleel, 2004, *Resistance Spot Welding of Aluminum Alloy to Steel with Transition Material-Part II: Finite Element Analyses of Nugget Growth. Welding Journal, 197s-199s.*
- [4] Foret,R., Zlamal, B., dan Sopousek, J., 2006, *Structural Stability of Dissimilar Weld between Two Cr-Mo-V Steels, Supplement to The Welding Journal.*
- [5] Rowe, M.D., Nelson, T.W., dan Lippold, J.C., 1999, *Hydrogen-Induced Cracking along the Fusion Boundary of Dissimilar Metal Welds , Supplement to The Welding Journal.*
- [6] Salim dan Triyono, 2012, *Kekuatan Tarik dan Geser Dengan Pengelasan Resistance Spot Welding (RSW) Antara Baja Karbon Rendah Dengan Aluminium. Teknik Mesin UNS.*
- [7] Wiryosumarto,H., and Okumura, T., 2000, *Teknologi Pengelasan Logam . Pradnya Paramitha, Jakarta.*