

STUDI PENGARUH KEKASARAN PERMUKAAN PADA MATERIAL BAJA KARBON RENDAH TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN HASIL LAS TITIK

Muh Alfatih Hendrawan, Febri Yanto

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartosuro

e-mail: alfatih@ums.ac.id

ABSTRAK

Studi yang akan dilakukan adalah untuk mengetahui pengaruh kekasaran permukaan benda kerja pada pengelasan spot welding. Percobaan yang telah dilakukan menggunakan material baja karbon rendah dengan ketebalan 0,8 mm. Material tersebut di-treatment dalam 3 kondisi permukaan, yaitu kondisi permukaan asli, permukaan yang diampelas dan permukaan yang di-sand blasting. Parameter pengelasan yang dilakukan adalah menggunakan dua variasi yaitu arus pengelasan sebesar 3000, 4000, 5000 A, dan waktu las (welding time) selama 0,3, 0,4 dan 0,5 detik. Selain dari itu, tekanan elektroda yang diberikan adalah konstan 150 kg.

Untuk mendukung fenomena pengelasan yang terjadi, maka dilakukan juga pengukuran hambatan listrik yang terjadi diantara sambungan las. Pengujian sambungan las yang dilakukan adalah pengujian kekuatan geser sambungan dengan standar AWS D8.9-97, serta pengujian sifat fisik sambungan las dengan uji foto mikro dan makro.

Dari hasil percobaan menunjukkan bahwa variasi arus, waktu, dan kekasaran permukaan berpengaruh signifikan terhadap kekuatan sambungan las. Sedangkan, Hasil pengamatan foto makro menunjukkan bahwa lebar logam las semakin besar seiring peningkatan arus, waktu, dan kekasaran permukaan yang berbeda. Selanjutnya, hasil uji foto mikro logam induk baja karbon rendah memiliki fasa ferit dan perlit. Pada hasil uji foto mikro daerah HAZ tetap yaitu ferit dan perlit namun dalam ukuran lebih halus dibandingkan pada logam induk. Sedangkan fasa logam las yang terbentuk adalah martensit.

Kata kunci: *las titik, kekasaran permukaan, hambatan listrik.*

PENDAHULUAN

Las titik (*spot welding*) merupakan cara pengelasan dimana permukaan plat yang disambung ditekan dengan dialiri arus listrik yang besar melalui elektroda logam yang saling bersinggungan. Las titik merupakan salah satu proses yang tepat untuk diterapkan dalam industri otomotif. Metode ini dipilih karena dalam penyambungan lembaran plat tipis dapat mempersingkat waktu dan meningkatkan proses produksi. Selain itu keunggulan las titik yaitu proses yang cepat, mudah dan biaya yang ringan. Sebagai

contoh penerapan las titik dalam industri yaitu pada konstruksi perkapalan, gerbong dan pintu kereta, industri karoseri atau *body* mobil, dan lain sebagainya (Ruukki, 2007).

Untuk memenuhi tuntutan produk yang berkualitas tinggi diharuskan adanya produk yang kokoh namun juga ringan. Maka dibutuhkan bahan material yang memiliki sifat mampu bentuk yang baik, memiliki kekuatan yang tinggi dan biaya produksi yang murah. Material baja karbon adalah bahan material yang sering sekali digunakan dalam perusahaan industri karena memiliki

kekuatan yang tinggi dan harga yang lebih murah. Pada penggunaan material yang akan dilas perlu diperhatikan juga kondisi permukaan material, karena dalam proses pengelasan titik kondisi permukaan dapat mempengaruhi nyala elektroda pada daerah kontak permukaan antara benda kerja dan elektroda yang menyebabkan resistansi kontak listrik meningkat (Ioan C.M., dkk. 2010).

Selain dari itu, kondisi permukaan benda kerja sering kali dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tempat penyimpanannya, sehingga sering terjadi pada permukaan benda kerja ditemukan korosi maupun kotoran-kotoran yang mengakibatkan perubahan kondisi permukaan. Oleh karena itu pada penelitian ini akan diketahui bagaimana pengaruh benda kerja dengan kondisi permukaan yang bervariasi terhadap kekuatan sambungan lasnya.

TINJAUAN PUSTAKA

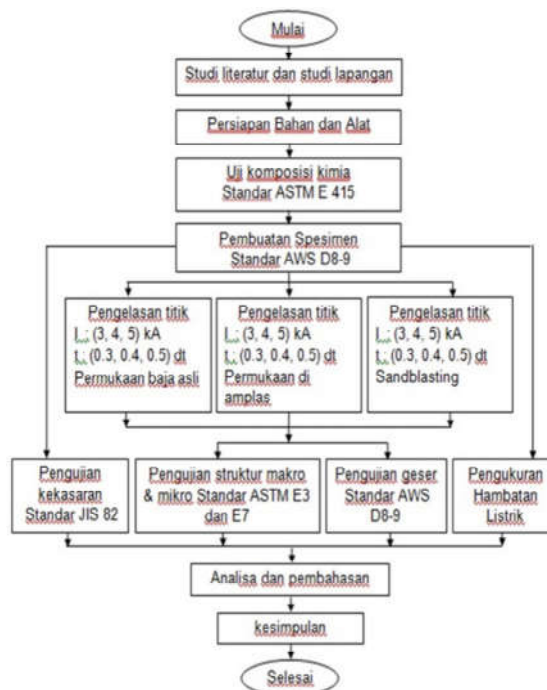
Ioan C.M., dkk.(2013), dalam penelitiannya mempelajari pengaruh kekasaran permukaan pada *resistance spot welding* (RSW). Untuk penelitiannya menggunakan plat baja karbon rendah (S235JR) dengan ketebalan 1mm. Dengan 3 parameter permukaan yang berbeda :

a). plat baja asli, b). plat baja diampelas, c). sandblasting. Potongan-potongan yang akan dilas menggunakan parameter berikut: tekanan elektroda konstan 1.5 kN, waktu las konstan 6 *cycle* dan arus pengelasan adalah 5.6 dan 7 kA. Hasil dari penelitiannya adalah kekuatan geser tertinggi dihasilkan pada kondisi pengelasan permukaan di ampelas, sedangkan kondisi pengelasan sandblasting menghasilkan kekuatan geser terendah.

Rashid M. (2010), dalam penelitiannya tentang pengaruh karakteristik permukaan material pada resistansi kontak listrik antar muka elektroda dengan material paduan aluminium (AA5182) pada *resistance spot welding*. Untuk penelitiannya menggunakan plat paduan aluminium (AA5182) dengan ketebalan 1,5mm. Dengan 3 parameter permukaan yaitu: a). halus, b). permukaan asli, c).kasar. parameter yang digunakan sebagai berikut: tekanan elektroda 6 kN, waktu pengelasan 5 *cycle* dan arus pengelasan 9 kA. Studi tersebut menunjukkan bahwa resistansi kontak listrik statis diukur sebelum *resistances pot welding* agar dapat berfungsi untuk memprediksi perilaku bahan selama proses pengelasan *spot welding*. Hasil dari penelitiannya adalah permukaan asli memiliki kekuatan lebih tinggi daripada permukaan kasar.

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Hasil uji geser

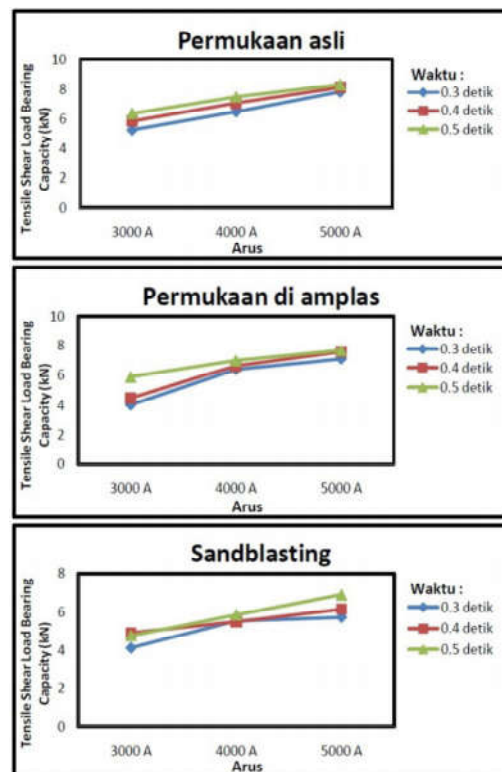
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Kekasaran

Tabel 1. Hasil uji kekasaran rata-rata R_a

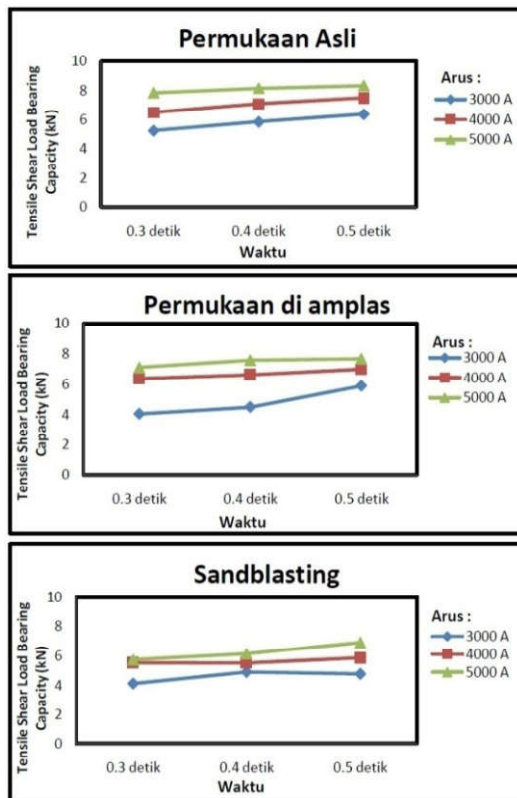
Variabel Kekasaran	R_a Rata-rata μm
Permukaan asli	0,88 μm
Permukaan di amplas	1,24 μm
Sandblasting	3,59 μm

Menurut Munadi S. (1998), permukaan asli tergolong dalam kelas kekasaran N6 dengan batas toleransi kekasarnya 0,6-1,2 μm ; sedangkan permukaan di amplas tergolong kelas kekasaran N7 dengan batas toleransi kekasarnya 1,2-2,4 μm ; dan permukaan *sand blasting* tergolong dalam kelas kekasaran N8 dengan batas toleransi kekasarnya 2,4-4,8 μm .



Gambar 4. Pengaruh arus pengelasan terhadap daya beban dukung geser rata-rata

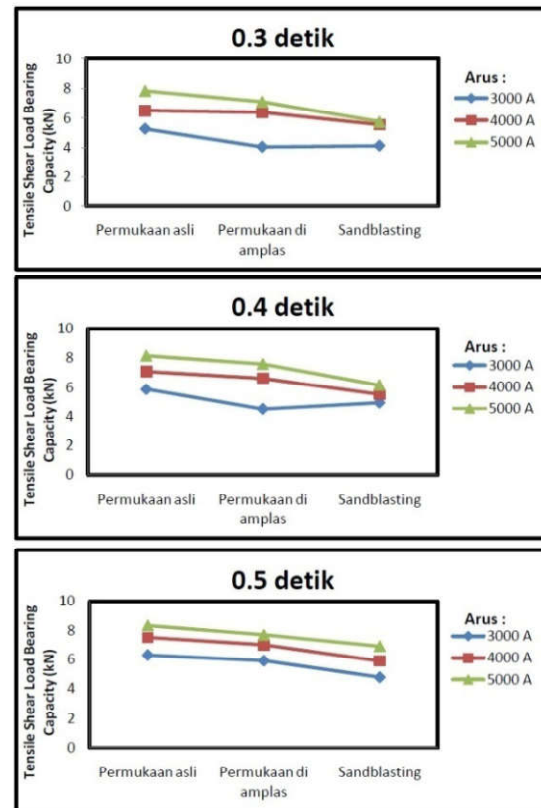
Dari gambar 4, dapat dijelaskan bahwa variasi arus pada permukaan asli, permukaan di amplas, dan *sand blasting* berpengaruh nyata terhadap daya beban dukung geser rata-rata. Secara keseluruhan grafik diatas menunjukkan *trend* positif. Dimana setiap peningkatan arus yang diberikan pada proses pengelasan akan mengakibatkan kekuatan gesernya meningkat. Hasil daya beban dukung geser rata-rata tertinggi sebesar 8,33 kN diperoleh pada arus 5000 A, waktu 0,5 detik pada permukaan asli.



Gambar 5. Pengaruh waktu pengelasan terhadap daya beban dukung geser rata-rata

Dari gambar 5, dapat dijelaskan bahwa variasi waktu pada permukaan asli, permukaan di amplas, dan *sand blasting* berpengaruh terhadap kekuatan sambungan las titik. Karena waktu berbanding lurus terhadap arus, dimana setiap peningkatan waktu dan arus mengakibatkan kekuatan sambungan las titik meningkat. Namun terdapat penurunan pada grafik *sand blasting*, dari awal waktu 0,4 detik = 4,92 kN turun menjadi 4,77 kN pada waktu 0,5 detik

dengan arus 3000 A. Hal ini disebabkan karena faktor lain yang terjadi pada saat pengelasan.



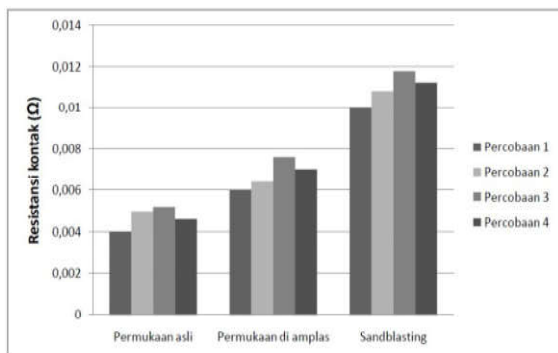
Gambar 6. Pengaruh kekasaran permukaan pengelasan terhadap daya beban dukung geser rata-rata

Dari gambar 6, dapat dijelaskan bahwa variasi kekasaran permukaan pada waktu 0,3; 0,4; dan 0,5 detik berpengaruh nyata terhadap daya beban dukung geser rata-rata. Dimana permukaan asli dapat menghasilkan kekuatan geser lebih tinggi dari pada permukaan di amplas dan *sand blasting*. Hal ini disebabkan pada kondisi permukaan asli dapat melebur atau meleleh lebih sempurna dari pada kedua variabel kekasaran permukaan *sand blasting* dan permukaan di amplas. Karena pada kondisi permukaan *sand blasting* dan permukaan di amplas terdapat adanya kotoran di lapisan dangkal permukaan yang tidak bisa dibersihkan dengan pelarut sehingga pembentukan logam las tidak sempurna (Ioan, 2013).

Pada kondisi tersebut yang menyebabkan faktor-faktor penurunan daya beban dukung

geser karena permukaan kasar inilah yang meningkatkan resistansi kontak antar permukaan plat sehingga masukan panas yang dibutuhkan lebih besar. Hal ini dapat dilihat dengan rumus $H = I^2.R.t$ dimana arus (I) dan waktu (t) merupakan sumber panas yang akan dialirkan selama pengelasan. Sedangkan jumlah panas yang dilepaskan selama pengelasan tergantung pada resistansi atau hambatannya (R).

Resistansi atau hambatan pada saat pengelasan dapat diketahui menggunakan bantuan alat *Clamp Meter* dengan cara menjepit antara kedua plat yang akan disambung.



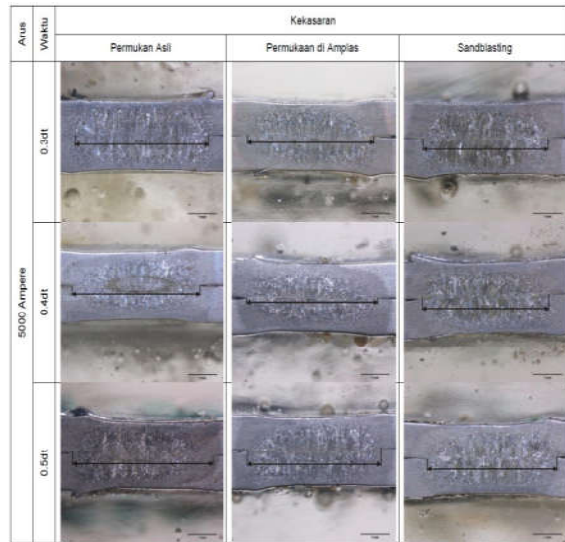
Gambar 7. Pengukuran resistansi pada 3 jenis spesimen

Pengukuran resistansi menggunakan arus dan waktu konstan yaitu pada arus 5000 A dan waktu 0,3 detik. Setelah dilakukan pengujian geser diketahui tipe kegagalan sambungan yaitu *pullout* pada permukaan asli dan *interface* pada permukaan di amplas dan *sand blasting*. *Interface* merupakan jenis kegagalan yang terjadi karena perambatan retak yang melalui daerah las, sedangkan *pullout* merupakan jenis kegagalan yang terjadi apabila *nugget* tertarik keluar dari

salah satu plat (Pouronvari, 2009).



Gambar 8. Jenis kegagalan pada sambungan las : (a) permukaan asli; (b) permukaan di amplas; (c) sandblasting



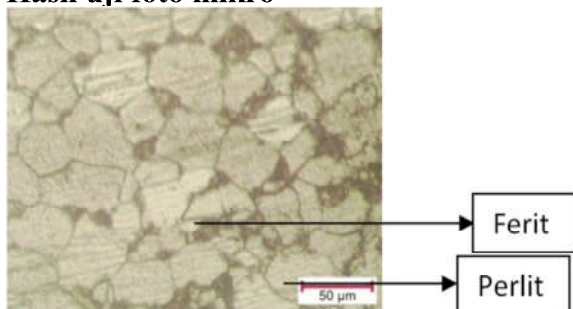
Gambar 9. Foto makro las titik pembesaran 25x.

Berdasarkan gambar 9 keseimbangan panas yang dihasilkan pada daerah logam las dari logam induk yang menerima panas dan tekanan besarnya sama dapat menghasilkan bentuk logam las yang simetris. Bentuk logam las yang simetris dapat diukur dengan menggunakan *Software Sell Sens Standard*. Hasil pengukuran diameter logam las adalah sebagai berikut :

No	Kekasaran	Arus (kA)	Waktu (dt)	Ø Nugget (mm)
1	Permukaan Asli	3 kA	0.3 dt	3.78
2			0.4 dt	4.00
3			0.5 dt	4.06
4		4 kA	0.3 dt	4.24
5			0.4 dt	4.48
6			0.5 dt	4.50
7		5 kA	0.3 dt	4.64
8			0.4 dt	4.46
9			0.5 dt	4.88
10	Permukaan di Ampas	3 kA	0.3 dt	3.65
11			0.4 dt	3.85
12			0.5 dt	3.87
13		4 kA	0.3 dt	3.90
14			0.4 dt	4.10
15			0.5 dt	4.13
16		5 kA	0.3 dt	4.35
17			0.4 dt	4.52
18			0.5 dt	4.60
19	Sandblasting	3 kA	0.3 dt	3.50
20			0.4 dt	3.76
21			0.5 dt	3.98
22		4 kA	0.3 dt	4.04
23			0.4 dt	4.07
24			0.5 dt	4.16
25		5 kA	0.3 dt	4.30
26			0.4 dt	4.35
27			0.5 dt	4.46

Tabel 2. Hasil pengukuran lebar logam las

Hasil uji foto mikro

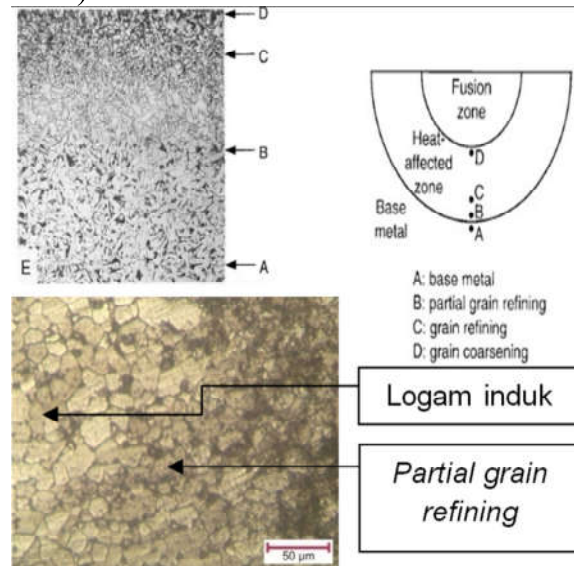


Gambar 10. Struktur mikro logam dasar.

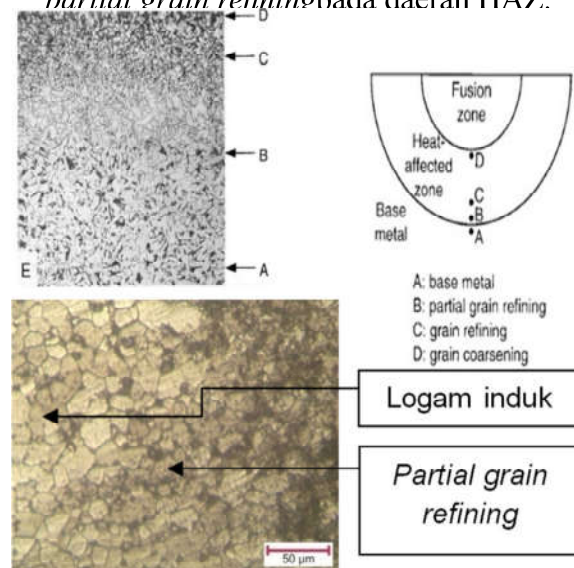
Foto mikro untuk logam tanpa treatment baja karbon rendah memiliki fasa ferit dan perlit. Hal ini sesuai dengan diagram fasa Fe-C bahwa pada suhu kamar baja *hypoeutectoid* memiliki struktur mikro dengan butiran kristal ferit dan perlit. Dimana ferit berwarna lebih terang dan perlit

berwarna gelap (gambar 10).

Struktur mikro HAZ dibagi menjadi 3 bagian yaitu: *partial grain refining*, *grain refining* dan *grain coarsening* (Sindo Kou, 2003).



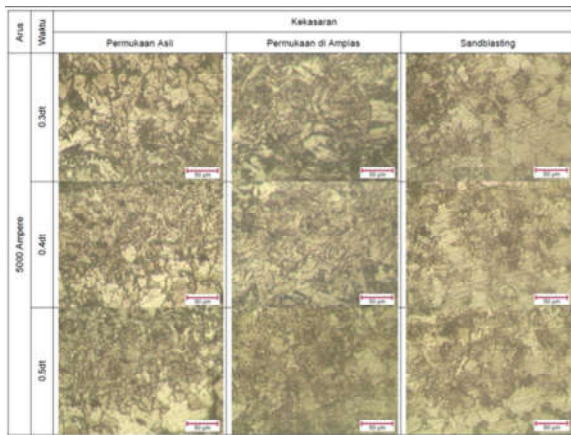
Gambar 11. Struktur logam induk dan *partial grain refining* pada daerah HAZ.



Gambar 12. Struktur *grain refining* dan *grain coarsening* pada daerah HAZ.

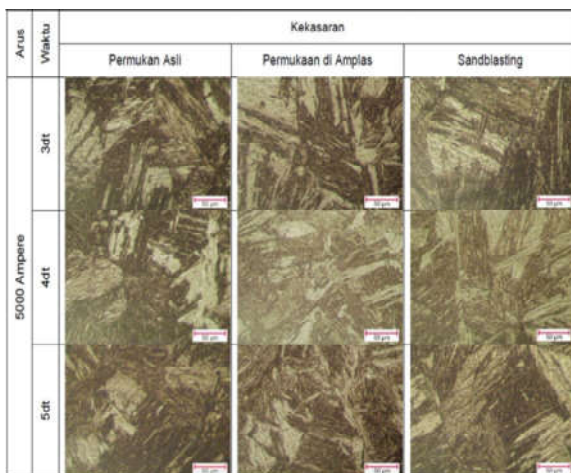
Struktur *partial grain refining* memiliki bentuk butir yang sama dengan logam induk tetapi ukuran butirnya lebih besar yang disebabkan oleh pengaruh panas tetapi tidak

sampai mencair dan pendinginannya lambat. Proses pembentukan HAZ dimulai dari *partial grain refining* dekat dengan logam induk kemudian *grain refining* terakhir *grain coarsening* (Sindo Kou, 2003).



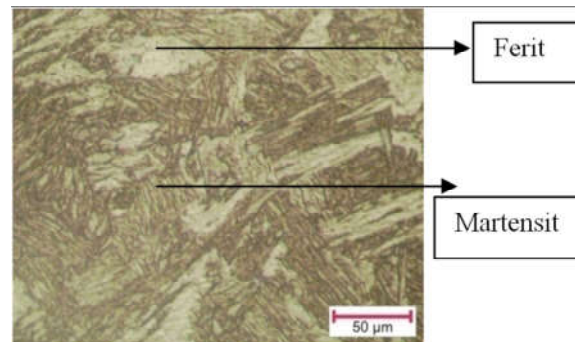
Gambar 13. Struktur mikro Haz.

Hasil uji struktur mikro daerah haz menunjukkan bahwa perubahan besar butir menjadi lebih halus tetapi masih dengan fasa yang sama pada logam induk yaitu ferit dan perlit. Perubahan butir ini disebabkan oleh terpengaruh panas tetapi tidak sampai mencair dan mengalami pendinginan lambat. Perubahan butir ini dapat merubah sifat mekanis dari proses pengelasan tersebut. Variabel arus, waktu dan kekasaran permukaan sangat mempengaruhi lebar haz yang terbentuk hal ini disebabkan oleh konduktivitas termal yang tinggi pada material baja karbon rendah.



Gambar 14. Struktur mikro logam las.

Struktur mikro terbentuk akibat dari peleburan dua material pada saat pengelasan yang kemudian didinginkan secara alami pada temperatur ruang. Akibat dari pengelasan ini logam las membentuk fasa baru yaitu Martensit



Gambar 15. Hasil struktur mikro logam las.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisa secara grafis menunjukkan variasi arus, waktu dan kekasaran permukaan berpengaruh nyata terhadap kekuatan geser sambungan las, hal ini sesuai dengan hasil analisa secara statistik dimana variasi arus, waktu dan kekasaran permukaan berpengaruh signifikan terhadap kekuatan geser sambungan las. Kekuatan geser paling optimal diperoleh pada permukaan asli dengan menggunakan arus 5000 A, dan waktu 0,5 detik sebesar 8,33 kN dengan jenis kerusakan sambungan las yaitu *pullout*.
2. Arus, waktu dan kekasaran permukaan berpengaruh pada pembentukan diameter logam las. Dengan arus, waktu yang diberikan semakin besar dan kekasaran permukaan yang berbeda maka ukuran diameter logam las yang dihasilkan semakin meningkat.
3. Hasil uji foto mikro menunjukkan bahwa fasa yang terdapat pada logam induk baja karbon rendah type *hypoeutectoid* adalah ferit dan perlit. Fasa daerah HAZ

baja karbon rendah tetap yaitu ferit dan perlit namun dalam ukuran lebih halus dibandingkan pada logam induk.

Sedangkan fasa logam las (*nugget*) baja karbon rendah yang terbentuk adalah martensit.

DAFTAR PUSTAKA

- Amsted, B.H., Ostwald, Philip, Djaprie S., 2005. *Teknologi Mekanik*. (Penerjemah Sriati Djaprie Edisi ke-7 jilid 1). Erlangga, Jakarta
- AWS D8-9, 1997, *Recommended Practice for Test Methods for Evaluating the Resistance Spot Welding Behavior of Automatic Sheet Steel Material*, American National Standard Institute (17 April, 1997)
- Ioan, C.M., Marius, U., Eugen, A., Dragos, A. 2013, *Researches About The Influence Of Surface Roughness On Resistance Spot Welding (RSW) Result*, Internasional Journal of Management, It and Engineering (IJMIE) Volume 3, Issue 6, ISSN : 2249-0558.
- Munadi, S. 1988. *Dasar-Dasar Metrologi Industri*. Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan, Jakarta.
- Pouranvari, M., Marashi, P., 2009. *Failure Behavior of Resistance Spot Welded Low Carbon Steel In Tensile-Shear And Coach-Peel Tests A Comparative Study*. Journal of Materials Science and Metalurgical Engineers, Vol. 15(3) 2009 p, 149-157.
- Rhasid, M. 2010. *Some Tribological Influences On The Electrode-Worksheet Interface During Resistance Spot Welding Of Aluminium Alloys*. Journal Of Material Engineering And Performance, (20): 456-462.
- Ruukki, 2007, *Resistance Welding Manual*, Rautaruukki Corporation, Finlandia.
- Wiryosumarto H., Okumura T. 2004. *Teknologi Pengelasan Logam*. Pradnya Paramita, Jakarta.