



ANALISIS SAMBUNGAN SPOT WELDING PADA RAW MATERAIL SS 304 DENGAN MENGGUNAKAN TENSILE TEST DAN STRUKTUR MIKRO

Syaiful Arif¹, Pungkas Prayitno², Joni Arif³

^{1,2,3} Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sutomo

E-mail : dosen10017@unpam.ac.id

Masuk : 23 Februari 2023

Direvisi : 10 Maret 2023

Disetujui : 20 Maret 2023

Abstrak: Las titik / Spot welding adalah salah satu metode penyambungan logam dengan pengelasan, pada permukaan plat yang disambung satu sama lain saat arus listrik dialirkan sehingga permukaan tersebut menjadi panas dan mencair karena adanya resistansi listrik. Resistansi (hambatan) dapat diartikan sebagai kemampuan menghambat listrik. Resistance Spot Welding, Mesin Spot Welding sering dijumpai pada beberapa perusahaan maupun industri yang kebanyakan memakai elektroda tembaga tetapi dalam ini menggunakan elektroda tungsten yang memiliki banyak keunggulan serta lebih tahan lama dalam penggunaan berkala. Oleh karena itu, dalam perancangan spot welding harus memiliki variasi dalam perancangan atau desain yang baru, mudah digunakan, mudah dalam perbaikan serta mudah dalam pembuatan, Redesign Portable Resistance Welding dengan Fungsi Brazing dan Soldering Skala Industri Rumahan. Menghasilkan mesin dengan berat keseluruhan mesin ± 7 kg, berdaya pengelasan ± 900 watts, dan kemampuan mengelas plat dengan ketebalan maksimum 1 mm Mengetahui pengaruh kuat tarik ukuran kawat lilitan terhadap kemampuan pengelasan spot welding dan Mengetahui struktur mikro pada masing-masing spesimen uji berdasarkan pengelasan spot welding, Percobaan ini terdiri dari pembebanan bertahap dari sebuah benda uji standart dari material. Kemudian mencatat hubungan harga beban dan perpanjangan hingga material mengalami putus, beban yang bekerja diperoleh dari harga yang di tunjukan oleh mesin uji. tegangan yang terjadi dicari dengan membagi harga beban dengan luas penampang lintang mula-mula dari benda kerja mula-mula. Harga-harga tegangan dan regangan yang bersesuaian dipergunakan untuk menggambarkan diagram tegangan.

Kata kunci: Spot Welding, Elektroda, Tegangan, Resistansi

Abstract: Spot welding is a method of joining metals by welding, on the surfaces of plates that are connected to each other when an electric current is applied so that the surfaces become hot and melt due to electrical resistance. Resistance (barriers) can be interpreted as the ability to inhibit electricity. Resistance Spot Welding, Spot Welding Machines are often found in several companies and industries that mostly use copper electrodes but in this case use tungsten electrodes which have many advantages and are more durable in periodic use. Therefore, the design of spot welding must have variations in the design or designs that are new, easy to use, easy to repair and easy to manufacture, Redesign Portable Resistance Welding with Home Industry Scale Brazing and Soldering Functions. Producing a machine with an overall machine weight of ± 7 kg, welding power of ± 900 watts, and the ability to weld plates with a maximum thickness of 1 mm Knowing the effect of tensile strength winding wire size on spot welding ability and Knowing the microstructure of each test specimen based on welding spot welding, This experiment consists of a gradual loading of a standard specimen of the material. Then record the relationship between the load and elongation prices until the material breaks, the working load is obtained from the

price shown by the testing machine. The stress that occurs is found by dividing the value of the load by the initial cross-sectional area of the workpiece. Corresponding values of stress and strain are used to draw stress diagrams.

Keywords: *spot welding, electrodes, voltage, resistance*

PENDAHULUAN

Pada industri karoseri kekuatan dan kerapian sambungan pada bodi sangat diperhatikan karena akan ikut menentukan kualitas produk. Salah satu cara yang sering direkomendasikan pada industry ini adalah las titik atau spot welding. Kelebihan las spot welding adalah bentuk sambungan rapi, proses cepat, hemat bahan sambungan, sambungan lebih rapat dan biaya murah. Spot welding merupakan salah satu cara pengelasan resistansi listrik, dimana dua atau lebih lembaran logam dijepit di antara dua elektroda logam, kemudian arus yang kuat dialirkan melalui elektroda tembaga, sehingga titik diantara plat logam di bawah elektroda yang saling bersinggungan menjadi panas akibat resistansi listrik hingga mencapai suhu pengelasan, sehingga mengakibatkan kedua plat bagian menyatu. [1] Las titik / Spot welding adalah salah satu metode penyambungan logam dengan pengelasan, pada permukaan plat yang disambung satu sama lain saat arus listrik dialirkan sehingga permukaan tersebut menjadi panas dan mencair karena adanya resistansi listrik. Resistansi (hambatan) dapat diartikan sebagai kemampuan menghambat listrik.[2] *Resistance Spot Welding* (RSW) adalah suatu proses pengelasan titik dimana proses penyambungan benda logam menggunakan jenis penyambungan lap joint dengan berupa pengelasan titik. *Spot welding* sangat dibutuhkan dalam berbagai penyambungan yang umumnya berskala besar, berdaya tinggi dan berat. mesin spot welding TECNA CE tahun perakitan 2004 memiliki daya sebesar 400 volt dan berat bersih 114 kg, Sehingga hal tersebut menjadi sebuah masalah apabila digunakan dalam keperluan sehari-hari/dalam industri kecil.[3] Untuk mendukung kegiatan industri rumahan tersebut perlu adanya mesin spot welding skala kecil multi fungsi dengan berat yang lebih ringan. Sehingga perlu adanya mesin las titik jinjing yang compact, ringan dan bersifat portable yang sangat sesuai dengan masyarakat. [4]

Las titik (spot welding) merupakan cara pengelasan yang menggunakan tahanan listrik (resistance), dimana dua permukaan pelat yang akan disambung ditekan satu sama lain oleh dua buah elektroda yang terbuat dari tembaga. Pada saat yang bersamaan, arus listrik yang besar dialirkan melalui kedua elektroda melewati dua buah pelat yang dijepit elektroda. Sehingga diantara permukaan kedua pelat yang bersentuhan menjadi panas dan mencair karena adanya resistansi listrik. Pada permukaan pelat yang menempel pada elektroda sebenarnya timbul panas akibat adanya resistansi listrik, tetapi hal itu tidak akan membuat pelat dapat mencair.[5]

Redesign Portable Resistance Welding dengan Fungsi Brazing dan Soldering Skala Industri Rumahan. Menghasilkan mesin dengan berat keseluruhan mesin ± 7 kg, berdaya pengelasan ± 900 watts, dan kemampun mengelas plat dengan ketebalan maksimum 1 mm. Dari penelitian ini tidak hanya menciptakan mesin yang mampu nilai fungsional saja, melainkan peningkatan kinerja sesuai kebutuhan yaitu bentuk mesin lebih ringan dan compact. [6] Mesin Spot Welding sering dijumpai pada beberapa perusahaan maupun industri yang kebanyakan memakai elektroda tembaga tetapi dalam tugas akhir ini menggunakan elektroda tungsten yang memiliki banyak keunggulan serta lebih tahan lama dalam penggunaan berkala.[7] Las titik adalah suatu bentuk pengelasan tahanan, dimana suatu las dihasilkan di suatu titik pada benda kerja diantara elektroda pembawa arus Las akan mempunyai luas permukaan yang kira-kira sama dengan ujung elektroda atau sekecil ujung elektroda dari ukuran yang berbeda-beda.[8] Gaya yang dikenakan terhadap las titik melalui elektroda, secara kontinu diseluruh poros (tidak ada busur api yang dibentuk).[9] Pengelasan titik merupakan pengelasan tahanan listrik yang paling banyak digunakan dalam produksi masal otomotif, konstruksi perkapalan, kereta api, alat rumah tangga, perangkat logam, dan produk lain yang terbuat dari lembaran logam.Las resistansi titik merupakan pengelasan atau penyambungan material logam (*ferrous atau non-ferrous*) yang biasanya berbentuk lembaran.[10] Penyambungan dengan cara ini relatif lebih mudah, praktis dan pengaruh terhadap area terpengaruh panas (HAZ) yang ditimbulkan relatif kecil. Oleh karena itu, dalam perancangan spot welding harus memiliki variasi dalam perancangan atau desain yang baru, mudah digunakan, mudah dalam perbaikan serta mudah dalam pembuatan.

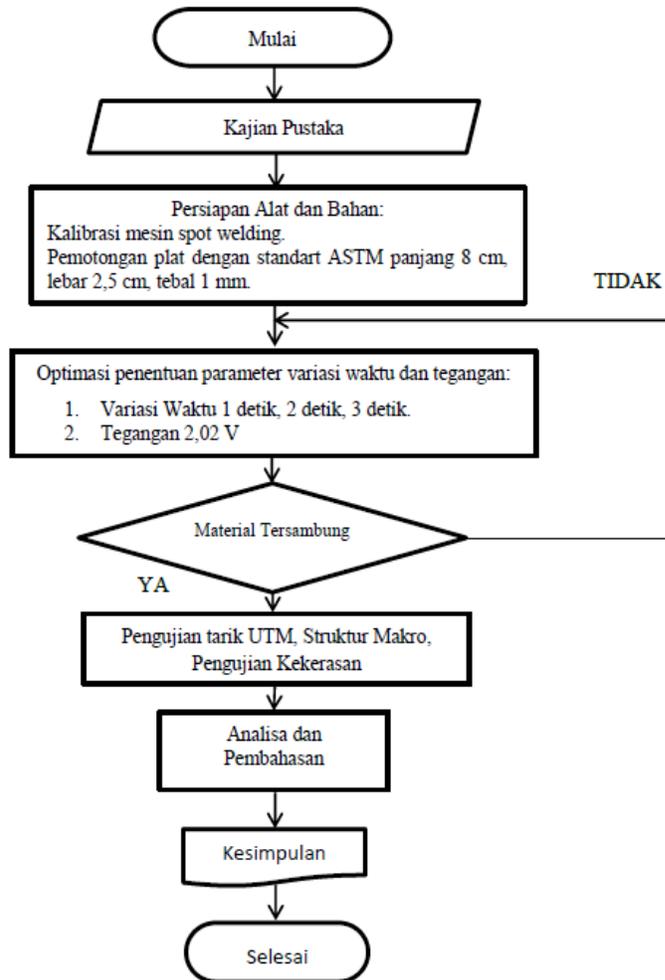
METODOLOGI

Diagram alir proses penelitian sambungan disimilar antara stainless steel 304 dengan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131, penelitian ini terdiri dari pembebanan bertahap dari sebuah benda uji standart dari material. Kemudian mencatat hubungan harga beban dan perpanjangan hingga material mengalami putus, beban yang bekerja diperoleh dari harga yang di tunjukan oleh mesin uji.[1] tegangan yang terjadi dicari dengan membagi harga beban dengan luas penampang lintang mula-mula dari benda kerja mula-mula. Harga-harga tegangan dan regangan yang bersesuaian dipergunakan untuk menggambarkan diagram tegangan.

Uji makro atau pemeriksaan makro dan mikro struktur dilakukan pada penampang melintang, bagian memanjang sebagai uji independen untuk mengevaluasi kondisi permukaan atau sebagai langkah selanjutnya dari pengujian lain untuk mengevaluasi efek yang terjadi dan terbentuk pada permukaan hasil potongan. [11] Umumnya tes atau pemeriksaan makro dilakukan dengan pembesaran kurang dari 10x. dilihat pada Gambar 1 berikut

2.1 Tempat Penelitian

Tempat pemotongan dan pengelasan material untuk spot welding dalam pembuatan tugas akhir ini bertempat di Laboratorium teknik mesin – Universitas Sutomo dasar sebagai laboratorium atau tempat praktik S1 teknik mesin Universitas Sutomo.



Gambar 1. Diagram alir penelitian proses spot welding dengan material stainless steel 304 dan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131.

2.2 Mesin Spot Welding.

Mesin las Spot Welding digunakan untuk proses penyambungan material plat logam. Mesin las titik yang digunakan ini mempunyai tipe DN-16-1. Untuk mengatur besarnya arus yang akan digunakan pada mesin pengelasan resistance spot welding biasanya terdapat kontrol arus step-down, besarnya arus diatur oleh

banyaknya gulungan coil primer dan sekunder dengan mengubah besarnya tegangan keluaran.[2] Besarnya arus yang digunakan pada pengelasan spot welding antara 4-20 kA. Proses pengelasan spesimen dilakukan Dgedung Laboratorium Teknik Mesin – Universitas Sutomo, Gambar 2 berikut menunjukkan mesin las spot welding



Gambar 2. Mesin las spot welding DN-16-1

Terlihat Gambar 2 Mesin las titik DN-16-1 dengan aliran arus las AC digunakan untuk mengelas logam plat material dilakukan di Laboratorium teknik mesin – Universitas Sutomo, dan tabel 1. serta 2. Spesifikasi mesin las spot welding DN-16-1

Tabel 1. Spesifikasi mesin las *spot welding* DN-16-1

Rated Power	16 KVA
Mains Input Voltage	380
Rated Input Current	42 A
Second Input Load Voltage	1.6 V – 3.2 V
Duty Cycle Rating	20%
Adjustable Class Number	6 Class
Max Welding Thickness of Low Carbon Steel	3+3 mm

Tabel 2. Spesifikasi Tabel Tegangan mesin las *spot welding* DN-16-1

Class Number	Second Empty Load Voltage
1	1.60 V
2	1.79 V
3	2.02 V
4	2.30 V
5	2.67 V
6	3.20

2.3 Raw Material

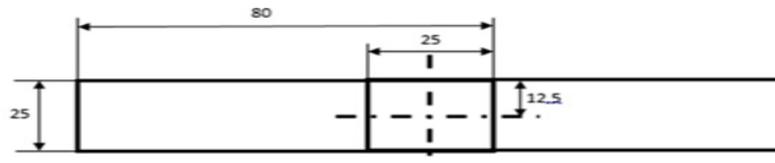
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Baja Karbon rendah SPHC JIS G 3131 dengan Stainless steel 304 seperti pada Gambar 3. Bahan yang digunakan merupakan baja karbon rendah yang memiliki unsur karbon 0,05 sampai 0,25 % C sehingga baja karbon rendah ini mempunyai keuletan dan ketangguhan lebih kuat. Sedangkan stainless steel bertujuan untuk melindungi dari karat dan korosi sehingga penggunaannya akan lebih tahan lama. Dalam penelitian ini bahan akan dipotong dengan dimensi 8 mm x 2,5 mm dengan ketebalan bahan 1 mm yang akan disambung dengan metode spot welding sambungan lap joint.



Gambar 3. Raw material

2.4 Proses Pengelasan

Proses spot welding dilakukan dengan memvariasikan waktu dari 3 detik, 4 detik, 5 detik, dan 6 detik sedangkan kuat arus tetap yang digunakan 2,02 V. Pada saat proses pengelasan menggunakan sambungan lap joint mengikuti standard AWS D8.9-97 yang di tunjukkan pada gambar 4. berikut



Gambar 4. Posisi pengelasan

Gambar 4. Menunjukkan susunan sambungan plat lap joint pengelasan yang akan dilakukan dengan metode RSW antara baja karbon rendah SPHC JIS G3131 dan stainless steel 304.

2.5 Pengujian Metalografi

Sebelum melakukan uji struktur mikro dan makro dilakukan pemotongan pada spesimen. Pemotongan dilakukan pada daerah titik las menggunakan gerenda mesin, kemudian dihaluskan dan diratakan dengan mata gerenda penghalus agar spesimen rata. Berikut prosedur pengujian:

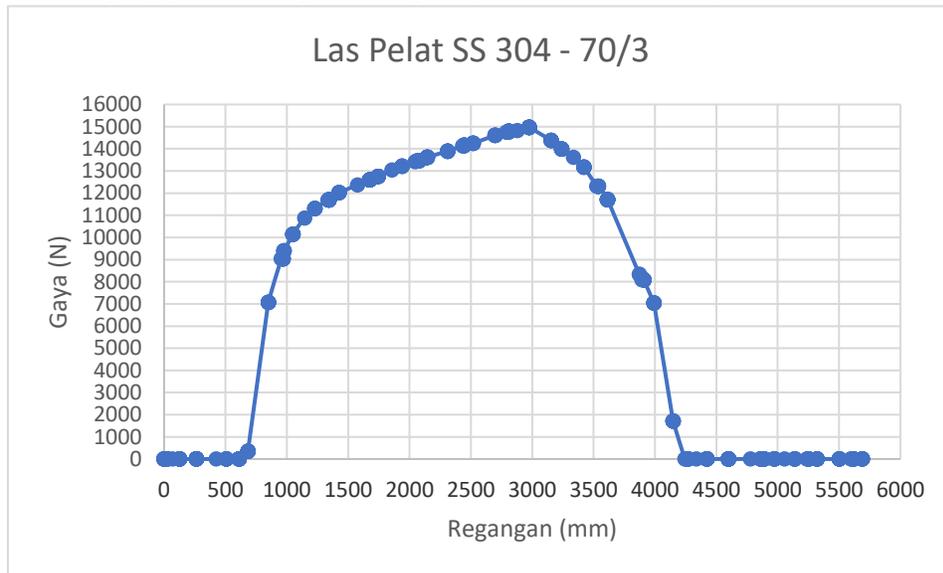
- Melakukan proses mounting pada spesimen benda uji yang telah di potong dengan mencampur resin dan katalis dengan meletakkan pada cetakan.
- Pengamplasan permukaan spesimen dengan menggunakan beberapa tipe amplas dari kasar hingga halus 400, 800, 1000, 1200 dan 2000.
- Melakukan pemolesan benda uji dengan autosol agar permukaan mengkilat.
- Pengetsaan pada spesimen, penggunaan etsa ada 2 jenis zat kimia yang berbeda yaitu: larutan HCl 0.5 ml untuk baja karbon rendah SPHC JIS G 3131 dan larutan HNO₃ + HCl 1 ml untuk stainless steel 304.

- e) Pengetsaan dilakukan dua kali, dengan waktu untuk spesimen baja karbon rendah SPHC JIS G 3131 selama 2 detik dan waktu untuk spesimen stainless steel selama 30 detik kemudian dibilas dengan air lalu dikeringkan.
- f) Mengamati struktur mikro dan makro dengan alat mikroskop optik untuk diambil foto.

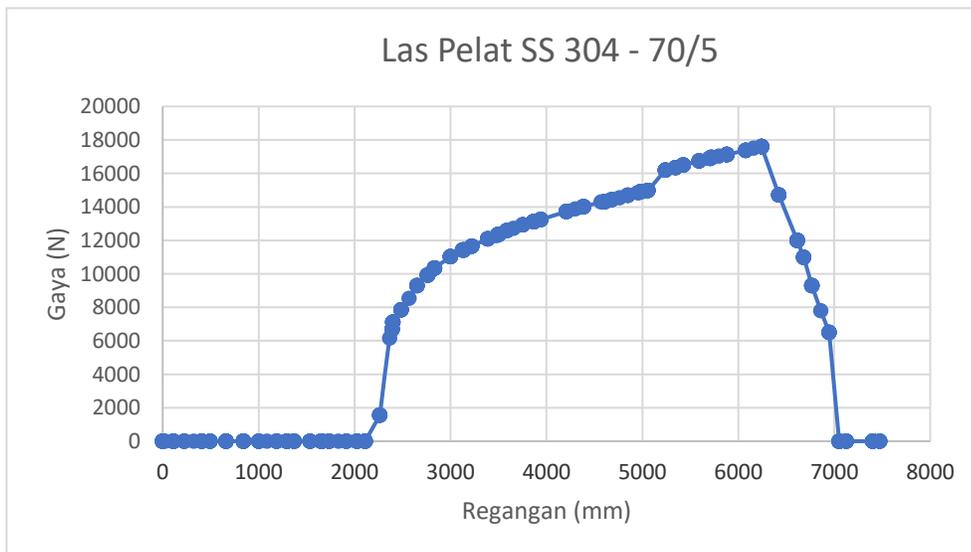
HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Grafik Pengujian Tarik

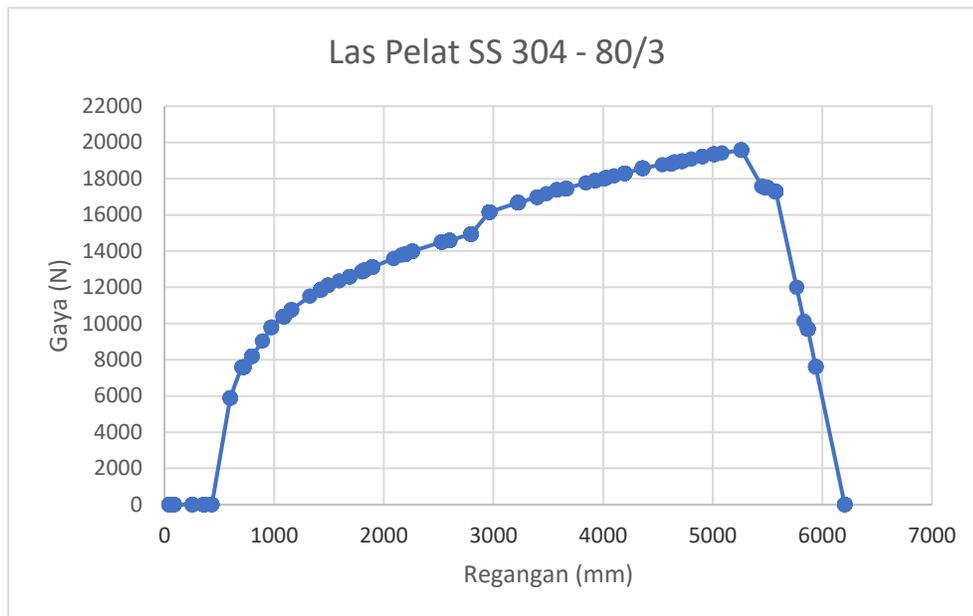
Dalam pengujian dan melihat grafik hasil kekuatan tarik yang dapat diperoleh kelompok spesimen uji pengelasan *resistance spot welding* dengan variasi arus 70 A, 80 A (ampere) dengan variasi waktu 3 detik, 5 detik dan dilakukan pengujian tarik dapat dilihat pada gambar 6, 7 dan 8 sebagai berikut :



Gambar 6. Grafik Uji tarik Speseimen SS 304 Amper 70 waktu 3 detik



Gambar 7. Grafik Uji tarik Speseimen SS 304 Amper 70 waktu 5 detik



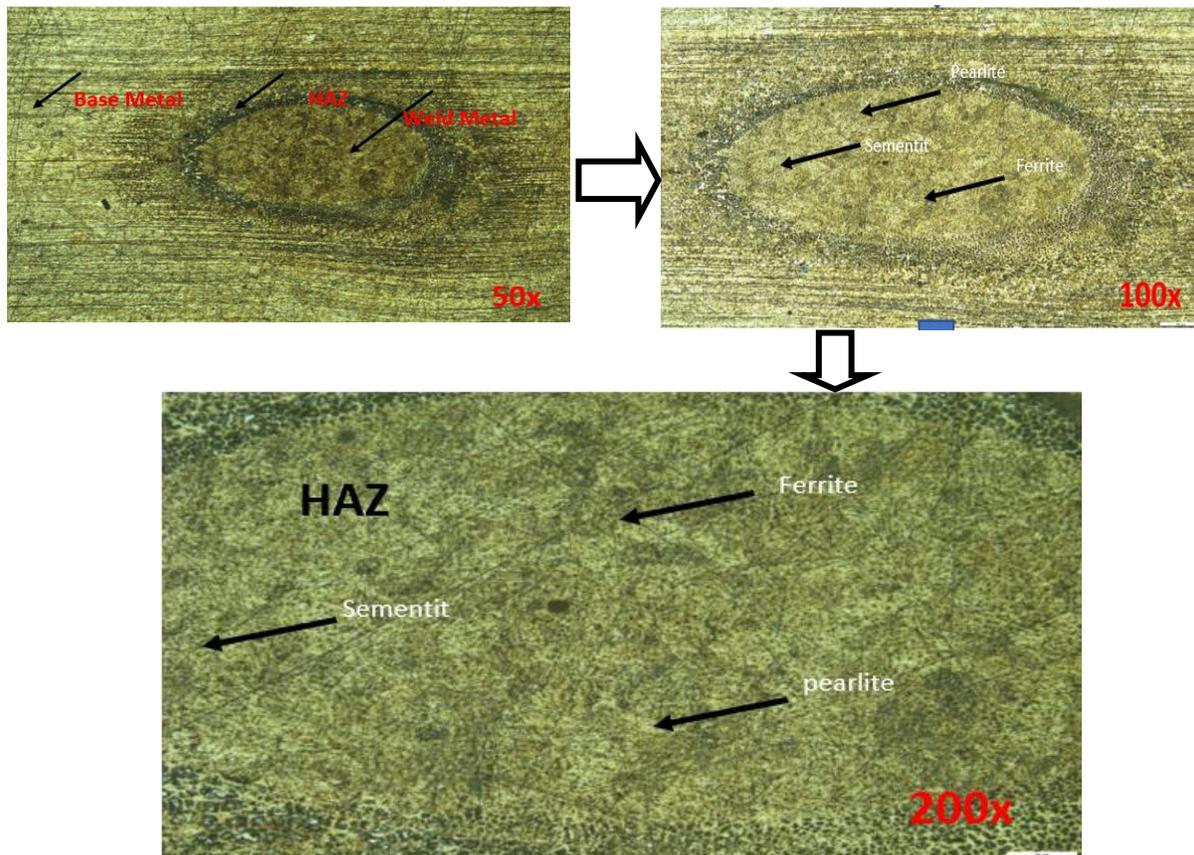
Gambar 8. Grafik Uji tarik Speseimen SS 304 Amper 80 waktu 3 detik

Pada gambar 6. menunjukkan bahwa material SS 304 yang dilakukan pengelasan *resistance spot welding* mendapatkan tegangan tarik didapatkan sebesar 14966 (N/mm²) pada kuat arus 70 A dengan waktu 3 detik sedangkan pada kuat arus 70 A dengan waktu 5 detik didapatkan 17608 (N/mm²) bila dirata – rata 16287 (N/mm²). dimana pertambahan panjang terjadi 1,4 mm untuk panjang awal rata –rata 15,15 mm dan untuk panjang akhir 16,55 mm. Sedangkan untuk gambar 4.2 menunjukkan bahwa Material SS 304 mendapatkan tegangan tarik sebesar 19579 (N/mm²) pada kuat arus 80 A dengan lama waktu 3 detik untuk panjang awal 15,3 mm dan untuk panjang akhir 16,4 mm, selain itu untuk kuat arus 80 A dengan waktu 3 detik lebih rendah nilainya yaitu sebesar 18731 (N/mm²) dengan pertambahan panjang 1,2 mm, untuk panjang awal 15,1 mm dan panjang akhir 16,3 mm dan untuk nilai rata – rata tegangan tarik sebesar 19155 (N/mm²). Gambar 4.3 menunjukkan bahwa Material SS 304 mendapatkan tegangan tarik sebesar 16452 (N/mm²) pada kuat arus 90 A dengan lama waktu 3 detik untuk panjang awal 15,2 mm dan untuk panjang akhir 16,6 mm, selain itu untuk kuat arus 80 A dengan waktu 3 detik lebih tinggi nilainya yaitu sebesar 17724 (N/mm²). Hal ini menunjukkan bahwa dengan variasi arus 80 A (ampere) lebih bagus dan efisien karena menghasilkan kekutan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan arus 70 A dan 90 A.

3.2 Pengamatan Struktur Mikro

Hasil Pengamatan dan Gambar Struktur Mikro dilakukan pada Spesimen tipe SS 304 dengan panjang 150 mm, tebal 1 mm, dan lebar 2,5 cm dipotong untuk dilakukan pengamatan, pemotongan dikerjakan secara manual menggunakan mesin potong dan tidak menggunakan gerinda supaya tidak terjadi perlakuan panas berlebih yang mengakibatkan benda Spesimen tipe SS 304 ji memuai oleh panas. Setelah proses pemotongan selesai benda uji diratakan sisi-sisinya menggunakan gerinda supaya benda uji bersifat halus dan terlihat kandungan bahannya. Kemudian benda uji diampelas atau dipoles disalah satu permukaannya sampai halus tidak ada goresan dengan model atau tipe amplas gulungan nomor 80. 100, 150, 180, 240, 400, 500, 800, 1000, 1500 sampai 2000. Dan hanya salah satu sisi dari spesimen yang diampelas dan sisi tersebut yang nantinya akan dilakukan pengamatan struktur mikro. Amplas satu sisi spesimen atau yang disebut dengan poles. Dipoles sampai permukaannya halus dan tidak ada goresan, karena apabila permukaan yang dipoles tidak halus dan masih ada goresan, maka pada waktu pengujian mikro, kandungan pada spesimen akan terlihat samar-

samar karena lensa pada mikro tidak bisa fokus apabila benda mengalami permukaan yang kasar. Berdasarkan pada material baja karbon rendah tipe SS 304 dilakukan pengamatan pada daerah pengelasan dan berdasarkan pada gambar 9. terdapat struktur mikro yang didominasi kristal *ferit* dan *perlit*. Banyaknya struktur *kristal perlit* pada material SS 304 mengakibatkan kekerasan bahannya tinggi, sedangkan pada struktur kristal *ferit* tidak dominan pada material ini. Struktur kristal *ferit* tampak butiran putih dan kristal *perlit* berupa butiran hitam atau gelap. Sementit merupakan senyawa logam yang mempunyai kekerasan tinggi.



Gambar 9. Struktur mikro pada logam induk dengan perbesaran 50x, 100 x dan 200 x pada kuat arus 70 A

Peleburan hasil pengelasan *resistance spot welding* dengan arus 80 ampere sudah mengalami perubahan fasa, partikel terdiri dari perlit, ferit dan sementit dengan pendinginan udara dan turun sampai suhu kamar 27 C. Pada gambar 9. peleburan hasil pengelasan *resistance spot welding* dengan arus 90 ampere mengalami perubahan fasa, partikel terdiri dari perlit, ferit dan sementit. Partikel pada arus tersebut lebih besar dan unsur partikel nya baik dengan didinginkan oleh udara dan turun sampai suhu kamar 27 C. Pada gambar 4.4 peleburan hasil pengelasan dengan arus 100 ampere mengalami perubahan fasa, partikel terdiri dari perlit, ferit dan sementit yang didinginkan oleh udara sampai turun mencapai suhu kamar 27 C. Pada gambar tersebut terjadi perubahan sementit yang bercampur dengan dominan ferit dan beberapa perlit, sehingga unsur partikel sementit tidak rata, logam spesimen menjadi kuat dan getas

Daerah HAZ (Heat Effect Zone) merupakan daerah Las SS 304 yang masih terpengaruh oleh panas dari pengelasan *resistance spot welding*, semakin dekat jarak logam dengan titik pengelasan *resistance spot welding* maka pengaruh panasnya semakin tinggi dan sebaliknya apabila jauh dari titik pengelasan maka pengaruh panasnya akan semakin rendah, hal ini membuktikan perambatan panas yang tidak rata pada

material/spesimen sehingga mempengaruhi struktur mikro. Melihat gambar struktur mikro daerah HAZ pada gambar 4.4 terlihat kandungan struktur mikro partikel perlit dan ferit, pada struktur mikro daerah HAZ ini tidak ada perubahan partikel karena sifat pendinginannya masih didinginkan oleh udara, jadi perubahan fasa tetap sama. Pada gambar 4.11 terlihat bahwa partikelnya masih kecil dan banyak tidak jauh beda dengan logam induk, karena data tersebut pengaruh panas dari las *resistance spot welding* dan kemungkinan panas dan pendinginannya tidak stabil. Partikelnya sedikit besar di sisi-sisi pada daerah dekat dengan titik pengelasan di arus 80 ampere sudah terlihat sedikit perbedaan dari perubahan fasanya dan pada gambar 9. terlihat bahwa partikelnya lebih besar dari pengamatan struktur perbedaan bentuk partikel logam yang sudah berubah fasanya dari proses perambatan panas dan pendinginan udara yang sama strukturnya terlihat berubah. Kesimpulan yang terdapat pada struktur mikro tiga gambar tersebut bahwa semakin besar arus yang dihasilkan dan dileburkan pada logam maka semakin besar juga struktur partikel yang dihasilkan dari pengaruh waktu pengelasan *resistance spot welding*.

KESIMPULAN

Hasil penelitian dan analisa mengenai pengelasan *resistance spot welding* dengan variabel arus terhadap kekuatan tarik dan mikrostruktur dapat disimpulkan sebagai berikut : Nilai rata-rata spesimen dengan kuat arus 70 A adalah 16287 N/mm². Nilai rata-rata spesimen dengan kekuatan arus sebesar 80 A adalah 19155 N/mm². Nilai rata-rata spesimen dengan kekuatan arus sebesar 100 ampere adalah 17088 N/mm². Sehingga dapat disimpulkan bahwa analisa spesimen dengan material tipe SS 304 dengan kekuatan arus 80 A diperoleh kekuatan tarik yang lebih tinggi menghasilkan material yang bersifat lebih ulet di dibandingkan dengan kuat arus pada 70 dan 90 ampere. Hasil analisa pada spesimen material tipe SS 304 pada Spesimen dilakukan pengamatan stuktur mikro, terdapat struktur *ferit* dan *perlit* dengan didominasi oleh struktur perlit yang berwarna hitam dan gelap dibandingkan dengan struktur ferit yang didominasi warna putih atau terang. Pengelasan *resistance spot welding* terbaik pada kuat arus 90 A yang dimana mendapatkan nilai tertinggi sebesar 383,33 pada HAZ dan 378,97 pada weld metal dengan peleburan terbaik dengan material SS 304 dengan pengujian kekerasan *hardness vickers*

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Anang Setiawan, and Yusa Asra Yuli Wardana. 2020. "Analisa Ketangguhan Dan Struktur Mikro Pada Daerah Las Dan HAZ Hasil Pengelasan Sumerged Arc Welding Pada Baja SM 490." *Jurnal Teknik Mesin* 8(2): 57–63. <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/mes/article/view/16525>.
- 2) Budiman, Haris. 2020. "Analisis Pengujian Tarik (Tensile Test) Pada Baja St37 Dengan Alat Bantu Ukur Load Cell." *J-Ensitem* 3(01): 9–13.
- 3) Fachruddin, Heru Suryanto, and Solichin. 2019. "Pengaruh Variasi Arus Listrik Pengelasan Titik (Spot Welding) Terhadap Kekuatan Geser, Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Sambungan Dissimilar Baja Stainless Steel Aisi 304 Dengan Baja Karbon Rendah St 41." *Jurnal Teknik Mesin* 24(2).
- 4) Lutiaytmi, Medi Sonianto. 2022. "Kekerasan, Struktur Mikro Dan Cacat Porositas Pada Peleburan Aluminium Dengan Variasi Suhu 680 C DAN 715 C." 5(1): 1–7.
- 5) Moch Chamim, Petrus Heru Sudargo, and Haikal. 2019. "Pengaruh Perbedaan Besar Arus Pada Spot Welding Menggunakan Gtaw Dengan Material Stainless Steel 304." *Teknika Atw*: 1–7.
- 6) Muh Alfatih Hendrawan. 2021. "Studi Komparasi Kualitas Produk Pengelasan Spot Welding Dengan Pendingin Dan Non-Pendingin Elektroda." : 48–53.
- 7) Priangga, Dimas Jasa. 2019. "Pengaruh Desain Sambungan Las Spot Welding Terhadap Kekuatan Sambungan Pada Material Mild Steel."
- 8) Rasyid, Riantono, and Novi Sukma Drastiawati. 2020. "Pengaruh Waktu Pengelasan Titik Terhadap

- Kekerasan, Kekuatan Geser Dan Diameter Nugget Pada Baja Spcen 1.6 Mm.” *Otopro* 16(1): 1.
- 9) Saputra, Ibnu Luhur Dwi. 2018. “Analisis Struktur Mikro Logam Stainless Steel Tipe Ss 304 Di Instalasi Khipsb3.” : 29–37.
 - 10) Suharno. 2020. “Struktur Mikro Las Baja C-Mn Hasil Pengelasan Busur Terendam Dengan Variasi Masukan Panas.” *Jurnal Teknik Mesin* 10(1): 40-45–45.
 - 11) Tiandho, Yuant et al. 2017. “Analisa Kuantitatif Metalografi Berdasarkan Pengolahan Citra Menggunakan Wolfram Mathematica.” : 1.