

PENGARUH AMPERE PADA RESISTANCE SPOT WELDING TERHADAP UKURAN DIAMETER NUGGET DAN UJI MAKRO

Fanda Andika Dinata^{1*}, Erifive Pranata², Pramudya Imawan Santosa³

^{1,2,3} Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
*Email: fandaandika@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh ampere pada *resistance spot welding* terhadap diameter *nugget*, uji makro, dan juga uji tarik. Material yang digunakan pada laporan skripsi ini adalah pelat A36 dengan ketebalan 2mm dengan dimensi 250x160 mm dan SS400 3 mm dengan dimensi 250x160 mm. Metode pengujian *macro etsa* digunakan untuk mengetahui ukuran *nugget* dari hasil pengelasan *Resistance Spot Welding*. Pengujian *Shear Strength* merupakan pengujian yang utama karena pengujian ini akan menentukan apakah nilai kekuatan dari *dissimilar spot welding* akan memenuhi kriteria atau bahkan bisa melebihi kekuatan dari *similar spot welding*. Dari data hasil pengujian makro didapatkan hasil diameter *nugget* terkecil yaitu 5,5 mm yang terdapat pada parameter P1 (9,4KA; 60 Cycle) dan dari hasil pengujian makro tersebut terdapat juga diameter *nugget* terbesar yaitu 8,3 mm yang terdapat pada parameter P4 (12.6KA; 60 Cycle). Dan dari data hasil pengujian *Shear Test* didapatkan hasil *shear strength* terkecil pada parameter P1 (9,4 KA; 60 Cycle) yaitu sebesar 311.46 MPa dan untuk hasil *shear test* terbesar yaitu terdapat pada parameter P4 (12.6KA; 60 Cycle) yaitu sebesar 459.26 Mpa.

Kata Kunci: *Resistance; Spot Welding; Macro Etsa*

PENDAHULUAN

Saat ini cukup banyak teknologi pengelasan yang digunakan, salah satu metode atau proses pengelasan yang umum digunakan di industri adalah pengelasan tahanan titik (*spot resistance welding*), yang biasanya digunakan untuk menyambung material lembaran. Pada kendaraan modern saat ini terdapat kurang lebih 2.000 hingga 5.000 titik las Miller (2012 dalam [1]). Kualitas dan kekuatan hasil sambungan las titik sangat penting untuk kelayakan dan keamanan alat transportasi, dan diperlukan penelitian lebih lanjut. Menurut hasil berbagai penelitian, parameter yang mempengaruhi hasil pengelasan titik adalah intensitas arus, waktu pengelasan, jenis material dan ketebalan pelat. Penyambungan dilakukan dengan cara menekan permukaan pelat antara elektroda dan arus yang mengalir, sehingga permukaan logam akan memanaskan dan meleleh karena adanya hambatan [2], [3]. Dibandingkan dengan pengelasan lainnya, keuntungan dari pengelasan titik adalah prosesnya lebih cepat, cocok untuk produksi massal, panas yang diberikan sangat akurat dan teratur, sifat mekanik lasnya kompetitif dengan logam dasar, dan tidak diperlukan jalur pengelasan. [4][5].

Selama ini *spot welding* telah banyak digunakan dalam industri, antara lain

pengelasan pada industri otomotif, peralatan rumah tangga, kerajinan tangan, galangan kapal, dan peralatan rumah sakit. Metode las spot digunakan karena memiliki keunggulan mudah untuk dilas. Karena tidak memerlukan keahlian khusus seperti metode pengelasan lainnya, dan metode pengelasan titik dapat mempersingkat waktu, akan meningkatkan kecepatan produksi dan meningkatkan efisiensi waktu [6]. *Resistance Spot Welding (RSW)* adalah proses pengelasan resistansi dimana benda kerja dihubungkan menggunakan sambungan lap dan pengelasan titik. Las titik dihasilkan oleh dua elektroda yang berlawanan. Ujung elektroda di RSW mempengaruhi ukuran dan bentuk sambungan solder. Bentuk elektroda yang paling umum adalah melingkar. Namun ada juga beberapa bentuk yang bisa digunakan, seperti segi enam, persegi panjang, dll. Bahan elektroda yang digunakan di RSW dibagi menjadi dua kelompok, yaitu: (1) paduan tembaga dan (2) kombinasi logam tahan panas seperti tembaga dan tungsten [7].

Pada dasarnya pengelasan tidak hanya sekedar menyambung dua logam atau lebih tetapi melainkan hasil dan kualitas pengelasannya harus sesuai dengan standar atau spesifikasi yang ada. Maka dari itu parameter pengelasan *spot welding* pada kendaraan harus

diperhatikan. Parameter tersebut meliputi: welding current, weld time, cool time, terminal, dan constrain[8]. Pengaruh polaritas selama pengelasan titik resistansi (RSW) dari sambungan lap yang berbeda pada sifat mekanik dan mode kegagalan dinilai dalam pekerjaan ini. Pengaruh arus pengelasan dan waktu pengelasan terhadap sifat mekanik juga dievaluasi. Korelasi antara polaritas dengan ukuran piece las, mode kegagalan, kekuatan tarik, evolusi suhu dan ketahanan dinamis dianalisis. Analisis menegaskan bahwa polaritas pada sambungan lap yang berbeda mempengaruhi perilaku RSW yang berbeda [9].

Las tahanan listrik (resistance welding) adalah proses penyambungan benda kerja dengan melibatkan kombinasi tekanan dan panas terlokalisasi. Panas yang ditimbulkan oleh arus listrik melalui kontak antara permukaan benda kerja. Panas tersebut menyebabkan sebagian daerah kontak mencair dan akibat tekanan terjadi proses pembekuan dan penyatuan kedua logam akan membentuk nugget. Dalam las RSW salah satu parameter yang sangat berpengaruh adalah arus listrik, karena arus listrik akan mempengaruhi panas yang dihasilkan sehingga mampu untuk melelehkan logam [10].

Las tahanan listrik (resistance pot welding) memiliki kelebihan mudah dioperasikan karena tidak dibutuhkan keahlian khusus seperti metode pengelasan lainnya, waktu lebih singkat, sehingga akan meningkatkan kecepatan produksi yang berdampak pada efisiensi waktu yang lebih baik. Adapun proses pengelasan tahanan ini terdiri dari tiga langkah atau tahap yaitu tahap squeezing, welding dan holding [9]. Material lembaran yang ingin dilas biasanya disusun saling tumpang tindih (lap joint) ditekan dengan elektroda lalu diberikan arus pada daerah yang dilas (area overlap) hingga kedua material yang tumpang tindih tersebut membentuk sambungan [11]

METODE PENELITIAN

A. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini, masalah diidentifikasi dengan refleksi dan ide penulis, dan diusulkan sebagai makalah penelitian. Kembangkan lebih detail masalah yang akan diteliti, tentukan tujuan penelitian yang ingin dicapai dan manfaat penelitian bagi pihak yang berkepentingan.

B. Studi Literatur

Literatur penelitian, termasuk referensi, jurnal, kode, standar, dan pengumpulan data yang akan digunakan sebagai referensi untuk mempersiapkan sampel, melakukan prosedur pengelasan dan pengujian, dan menulis laporan skripsi.

C. Observasi Lapangan

Observasi lapangan meliputi pengambilan data-data pengelasan RSW yang akan dilakukan penelitian. Karena penelitian ini didasarkan pada data lapangan yang sebenarnya, parameter penggunaan seperti arus pengelasan, jenis bahan habis pakai yang digunakan dan teknologi proses pengelasan dicatat dan memang variabel tetap.

D. Tahap Pengumpulan Data

Tahapan ini merupakan masa dimana peneliti mengumpulkan teori-teori yang berkaitan dengan penelitian ini dan nantinya akan dijadikan sebagai acuan penelitian ini untuk mempermudah proses penelitian dan analisis data. bahan penelitian.

E. Persiapan Material dan Alat

Dalam penelitian ini, bahan, bahan habis pakai, dan peralatan yang mendukung pencetakan dan pengelasan sampel benda uji diperlukan untuk mencapai hasil yang benar-benar sesuai dengan kenyataan di lapangan.

F. Proses Pengelasan

Pengelasan RSW (resistance spot welding) dilakukan di bawah kondisi pengelasan yang ada. [12]

G. Tahap Pengujian

Langkah ini merupakan langkah selanjutnya dalam pengelasan titik. Ada dua pengujian, kekuatan geser dan pengukuran metalografi. Untuk pengujian, lihat kriteria penerimaan ASME BPVC-IX.

H. Tahap Analisa Data dan Kesimpulan

Tahap ini merupakan tahap akhir dari penyelidikan yang dilakukan dengan menganalisis data yang telah diolah dan menarik kesimpulan. Fase terakhir ini diambil setelah menganalisis hasil tes yang ditangkap dan memproses manajemen data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengelasan

Welding Process Resistance Spot Welding menggunakan proses yang mengacu pada kondisi pengelasan. Kondisi pengelasan digunakan sebagai prosedur pengelasan titik

resistansi. Berikut ini adalah data yang diambil saat proses pengelasan dan proses Spot Welding dilakukan:

- Material : SUS 430 dan SS 400
- Tebal : 2mm dan 3mm
- Desain Sambungan : Lap Joint
- Proses Las : Resistance Spot Weld
Spesifikasi mesin las
- Merk : Daichi
- Tipe : ASP-9000
- Frekuensi : 50 Hz

Tabel 1. Matriks Pembobotan Faktor

| Kode Spesimen | P1 | P2 | P3 | P4 |
|-------------------|-----|------|------|------|
| Current (%) | 9.4 | 10.6 | 11.4 | 12.6 |
| Weld Time (Cycle) | 60 | | | |

Hasil Pengujian Waktu

Pengujian macro etsa digunakan untuk mengetahui ukuran nugget dari hasil pengelasan Resistance Spot Welding. Menurut ASME BPVC IX minimal nugget pada material dissimilar thickness dilihat dari material yang paling tipis yaitu 2.00 mm dengan minimal diameter nugget 2.50t. Dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

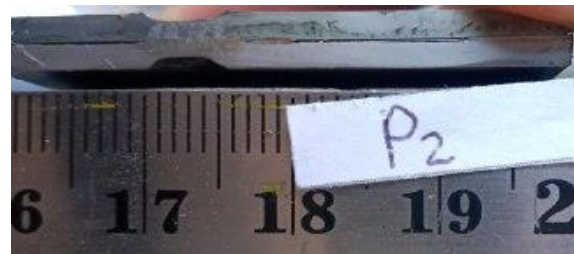
Tabel 2. Minimum Diameter Nugget for Spot and Seam Welding

| Material Thickness, in. (mm) | Weld Nugget Widht |
|-----------------------------------|-------------------|
| < 0.010 (0.25) | 6t |
| ≥ 0.010 (0.25) and < 0.020 (0.50) | 5t |
| ≥ 0.020 (0.50) and < 0.040 (1.00) | 4t |
| ≥ 0.040 (1.00) and < 0.069 (1.75) | 3t |
| ≥ 0.069 (1.75) and < 0.100 (2.54) | 2.50t |
| ≥ 0.100 (2.54) and < 0.118 (3.00) | 2.25t |
| ≥ 0.118 (3.00) and < 0.118 (3.00) | 2t |
| ≥ 0.157 (4.00) | 1.80t |

Dari hasil pengujian macro etsa didapatkan ukuran nugget yang berbeda-beda dari masing-masing parameter. Untuk hasil visual pengujian macro etsa ditunjukkan pada Gambar 1 sampai Gambar 4 berikut.



Gambar 1. Hasil Makro Parameter (9,4 KA:60 Cycle)



Gambar 2. Hasil Makro Parameter (10,6 KA:60 Cycle)



Gambar 3. Hasil Makro Parameter (11,4 KA:60 Cycle)



Gambar 4. Hasil Makro Parameter (12,6 KA:60 Cycle)

Dari hasil foto makro yang diperoleh maka dapat diketahui ukuran diameter nugget. Lalu dapat diketahui parameter mana saja yang memenuhi dan tidak memenuhi menurut ASME BPVC IX. Setelah diketahui diameter nuggetnya, nilai dari diameter nugget tersebut dimasukkan kedalam kalkulasi untuk hasil shear strength.

Spot Welding memenuhi aturan minimal diameter nugget menurut ASME Section IX yaitu 2.50t (5mm) dengan diameter paling kecil yaitu 5.5mm dari parameter P1 dan diameter paling besar yaitu 8.3 mm dari parameter P4.

Berdasarkan semua data yang terkumpul dari foto makro tersebut dapat dianalisa bahwa weld time dari proses las Resistance Spot Welding berbanding lurus dengan diameter nugget, Semakin besar weld time diberikan maka semakin besar pula ukuran dari diameter nugget tersebut. Dari foto makro tersebut juga terlihat ukuran nugget yang tidak simetris, daerah fusion zone tampak lebih besar pada stainless steel dibandingkan dengan bagian carbon steel. Hal itu disebabkan karena konduktivitas termal dari carbon steel lebih besar dibandingkan dengan stainless steel. Dengan demikian suhu yang lebih rendah di daerah weld metal sehingga menjadikan diameter nugget yang lebih kecil pada bagian carbon steel[13]

Hasil Pengujian Shear Strength

Pengujian Shear Strength merupakan pengujian yang utama karena pengujian ini akan menentukan apakah nilai kekuatan dari dissimilar spot welding akan memenuhi kriteria atau bahkan bisa melebihi kekuatan dari simillar spot welding. Menurut ketentuan Bagian IX ASME, beban tarik minimum dihitung dengan membagi nilai kekuatan tarik dengan luas nacre. Ketika dijelaskan bahwa benda uji harus menghasilkan kekuatan luluh dalam perhitungan kuat geser dan hasilnya tidak boleh kurang dari kriteria toleransi pada tabel QW/QB-422 untuk material terlemah dari kedua material. Untuk area nugget $\pi \times d^2/4$ dan d adalah diameter terkecil dari spot pada faying surface.

Tabel 4. Hasil Pengujian Shear Strength

| Parameter | Weld current (kA) | Weld time (Cycle) | Max Force N | Shear Strength MPa |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------|--------------------|
| P1 | 9.4 | 60 | 13600 | 331.46 |
| P2 | 10.6 | 60 | 14230 | 346.81 |
| P3 | 11.4 | 60 | 17240 | 420.18 |
| P4 | 12.6 | 60 | 14600 | 459.26 |

| Shear Strength MPa | Acceptance Criteria MPa | Result |
|--------------------|-------------------------|----------|
| 331.46 | 400 | Accepted |
| 346.81 | 400 | Accepted |
| 420.18 | 400 | Accepted |
| 459.26 | 400 | Accepted |

Data pada tabel 4 adalah data pengelasan titik dengan menggunakan bahan yang berbeda dan ketebalan yang berbeda yang telah diuji kekuatan gesernya. Hasil dari setiap parameter yang diuji dan diproses mengacu pada ASME BPVC IX 2019 pada QW-196.1.2 yang mengatur mengenai kuat geser. Setelah dikalkulasi satu per satu dari parameter dan pengulangannya, lalu di rata rata dari setiap parameter dengan minimum shear strength nya adalah 400 MPa.

| Specimen | Parameter | | Diameter nugget (mm) | Result |
|----------|-------------------|-------------------|----------------------|----------|
| | Weld current (kA) | Weld time (Cycle) | | |
| P1 | 9.4 | 60 | 5.5 | Accepted |
| P2 | 10.6 | 60 | 6.4 | Accepted |
| P3 | 11.4 | 60 | 7.2 | Accepted |
| P4 | 12.6 | 60 | 8.3 | Accepted |

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya mengenai proses las Resistance Spot Welding pada material dissimilar dengan beda ketebalan. Maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari data hasil pengujian makro didapatkan hasil diameter nugget terkecil yaitu 5,5 mm yang terdapat pada parameter P1 (9,4KA; 60 Cycle) dan dari hasil pengujian makro tersebut terdapat juga diameter nugget terbesar yaitu 8,3 mm yang terdapat pada parameter P4 (12.6KA; 60 Cycle)
2. Dari data hasil pengujian Shear Test didapatkan hasil shear strength terkecil pada parameter P1 (9,4KA ; 60 Cycle) yaitu sebesar 311.46 MPa dan untuk hasil shear test terbesar yaitu terdapat pada parameter P4 (12.6KA; 60 Cycle) yaitu sebesar 459.26 Mpa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Pradeep, N. S. Mahesh, and R. Hussain, "Process parameter optimization in resistance spot welding of dissimilar thickness materials," *Int. J. Mech. Mechatronics Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 80–83, 2014.
- [2] J. Kar, S. Mahanty, S. K. Roy, and G. G. Roy, "Estimation of average spot diameter and bead penetration using process model during electron beam welding of AISI 304 stainless steel," *Trans. Indian Inst. Met.*, vol. 68, no. 5, pp. 935–941, 2015.
- [3] E. Wintjes *et al.*, "Effect of multiple pulse resistance spot welding schedules on liquid metal embrittlement severity," *J. Manuf. Sci. Eng.*, vol. 141, no. 10, 2019.
- [4] Z. Nasir and M. I. Khan, "Resistance spot welding and optimization techniques used to optimize its process parameters," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 3, no. 5, pp. 887–893, 2016.
- [5] M. Vigneshkumar, P. A. Varthanan, and Y. M. A. Raj, "Finite element-based parametric studies of nugget diameter and temperature distribution in the resistance spot welding of AISI 304 and AISI 316L sheets," *Trans. Indian Inst. Met.*, vol. 72, no. 2, pp. 429–438, 2019.
- [6] M. Anis, A. Irsyadi, and D. Ferdian, "Studi Lapisan Intermetalik Cu3Sn Pada Ujung Elektroda Dalam Pengelasan Titik Baja Galvanis," *Makara J. Technol.*, vol. 13, no. 2, p. 149203, 2009.
- [7] H. Zhang and J. Senkara, *Resistance welding: fundamentals and applications*. CRC press, 2011.
- [8] H. Wiryosumarto and T. Okumura, "Teknologi Pengelasan Logam Pradnya Paramita." Jakarta, 2000.
- [9] A. Espinel Hernández, A. Sánchez Roca, H. Carvajal Fals, V. Antonio Ferraresi, and L. Oliveira Vilarinho, "Influence of polarity on mechanical properties of dissimilar resistance spot welds of DP 600/AISI 304 steels," *Sci. Technol. Weld. Join.*, vol. 21, no. 8, pp. 607–613, 2016.
- [10] P. P. Choughule, A. K. Biradar, and A. K. Modi, "Resistance Spot Weldability of Dissimilar Materials in 1 Mm Thick Sheet," *J. Mech. Eng. Tech*, vol. 4, pp. 15–21, 2016.
- [11] M. Alenius, P. Pohjanne, M. Somervuori, and H. Hanninen, "Exploring the mechanical properties of spot welded dissimilar joints for stainless and galvanized steels," *Weld. JOURNAL-NEW YORK-*, vol. 85, no. 12, p. 305, 2006.
- [12] P. Setiobudi, "Pengaruh Welding Parameter Dan Pembersihan Permukaan Pada Pengelasan Resistance Spot Welding (RSW) Material Alumunium 5083 Terhadap Tegangan Geser Dan Metallography." Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 2019.
- [13] H. Haikal and T. Triyono, "Studi Literatur Pengaruh Parameter Pengelasan Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Pada Las Titik (Resistance Spot Welding)," *ROTASI*, vol. 15, no. 2, pp. 44–54, 2013.