

ANALISA PENGARUH KONDUKTIVITAS TEMBAGA TERHADAP HASIL PROJECTION WELDING SEAT ASSY DI PT SELAMAT SEMPURNA TBK

Haryono¹, Ariyawan Sunardi²

¹². Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang
¹². Jl. Puspittek, Buaran, Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

¹Ha_ryono@yahoo.co.id

²dosen00332@unpam.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 01 Nov 2023
revisi : 08 Nov 2023
diterima : 15 Nov 2023
dipublish : 22 Nov 2023

ABSTRAK

Dalam industri, improvisasi bertujuan untuk meningkatkan kualitas produksi dan mengurangi jumlah produk cacat. Ketika melakukan pengelasan pada material SPC (*Steel Plate Coiled*) dengan mesin *projection welding*, kerusakan produk sering terjadi akibat elektroda yang kotor setelah proses pengelasan. Untuk mengoptimalkan hasil pengelasan dan meminimalkan cacat produksi, material elektroda tembaga diganti dari *Ni Be Cu* (Nikel Beryllium Tembaga) menjadi *Cu Cr Zr* (Tembaga Kromium Zirkonium). Pengujian elektroda meliputi pengujian resistansi material, kekerasan, dan kualitas pengelasan. Desain elektroda menggunakan desain yang sudah ada. Hasil pengujian menunjukkan bahwa material tembaga *Cu Cr Zr* memiliki kekerasan sebesar 76 HRB dan resistansi sebesar 0,016 mΩ, sedangkan *Ni Be Cu* memiliki kekerasan sebesar 86,5 HRB dan resistansi sebesar 0,023 mΩ. Pengujian pengelasan dengan parameter waktu tekan 28 ms, arus pengelasan 30 kA, waktu tahan 15 siklus, tekanan udara 5 bar, menunjukkan bahwa elektroda *Cu Cr Zr* lebih efisien dengan persen deviasi sebesar 6,24% untuk nilai output aktual arus dan nilai Cpk 5,66 untuk pengujian kekuatan hasil pengelasan, dibandingkan dengan *Ni Be Cu* yang memiliki persen deviasi sebesar 14,87% untuk nilai output aktual arus dan nilai Cpk 3,43 untuk pengujian kekuatan hasil pengelasan. Dengan perubahan material elektroda, terjadi penurunan produk *reject* sebesar 18,7% dikarenakan kegagalan dalam proses pengelasan.

Kata kunci: Resistance spot welding; Seat assy; Improvement material elektroda

ABSTRACT

In industry, improvisation aims to improve production quality and reduce the number of defective products. When welding SPC (Steel Plate Coiled) material with a projection welding machine, product damage often occurs due to dirty electrodes after the welding process. To optimize welding results and minimize

production defects, the copper electrode material was changed from Ni Be Cu (Nickel Beryllium Copper) to Cu Cr Zr (Copper Chromium Zirconium). Electrode testing includes testing material resistance, hardness and welding quality. The electrode design uses existing designs. The test results show that the Cu Cr Zr copper material has a hardness of 76 HRB and a resistance of 0.016 mΩ, while Ni Be Cu has a hardness of 86.5 HRB and a resistance of 0.023 mΩ. Welding tests with parameters of press time of 28 ms, welding current of 30 kA, hold time of 15 cycles, air pressure of 5 bar, show that the Cu Cr Zr electrode is more efficient with a percent deviation of 6.24% for the actual output current value and Cpk value of 5, 66 for testing the strength of welding results, compared to Ni Be Cu which has a percent deviation of 14.87% for the actual output current value and a Cpk value of 3.43 for testing the strength of welding results. With the change in electrode material, there was a decrease in rejected products by 18.7% due to failure in the welding process.

Key words: Resistance spot welding; Seat assembly; Improved electrode material

PENDAHULUAN

Persaingan di dunia industri semakin bertambah seiring perkembangan jaman. Perusahaan menuntut adanya peningkatan kualitas dari produk yang dihasilkan. Untuk mencapai hal tersebut, diperlukan improvisasi dan inovasi dalam meningkatkan kualitas dari produk. Improvisasi juga diperlukan untuk penurunan cacat produk produksi, sehingga biaya produksi dapat ditekan semaksimal mungkin. (Sumarno et al., 2023)

Mesin projection welding merupakan salah satu dari jenis resistance spot welder yang dipergunakan oleh PT. Selamat Sempurna Tbk dalam membentuk filter oli dari material baja SPC. Dalam proses pembentukannya, mesin *projection welding* menggunakan elektroda yang terbuat dari material tembaga untuk menyatukan material baja SPC dengan cara mengalirkan energi arus listrik melalui elektroda sehingga material tersebut panas dan menjadi komponen *seat assy*.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jenis material elektroda yang terbaik antara tembaga jenis *Ni Be Cu* dan *Cu Cr Zr* dengan melakukan pengujian *Electrical Conductivity dan Resistance*. Serta Menghitung efektivitas *improvement* penggantian material elektroda dari tembaga jenis *Ni Be Cu* dan *Cu Cr Zr*.

TEORI

Dalam penelitian ini, penulis melakukan review pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh David Sitepu pada tahun 2020 mengenai "Analisis Reject Dominan Pada Mesin Las *Resistance Spot Welding Auto Rotary*". Produk *reject* pada *element cover (elco)* yang terjadi pada mesin *Resistance Spot Welding Auto Rotary* disebabkan oleh komponen *element cover* tidak center dengan ring mould pada saat proses *loading* ke ring mould sebelum proses las antara komponen *element cover* dengan komponen *seat*. (Sitepu, 2020)

A. Lean Six Sigma

Lean Six Sigma merupakan salah satu inisiatif paling populer di berbagai sektor industri, termasuk manufaktur industri. Pendekatan Six Sigma digunakan sebagai alat dalam memecahkan masalah produksi yang dapat dirumuskan sebagai terobosan dalam peningkatan produksi, mengurangi cacat produk, mengurangi biaya produksi, memperpendek siklus produksi, meningkatkan pertumbuhan pangsa pasar, hingga mempertahankan pelanggan. (Kurnia & Purba, 2021)

B. Parts Per Million (ppm)

Adalah satuan pengukuran yang digunakan untuk menunjukkan konsentrasi suatu zat dalam suatu larutan. Ini mewakili rasio antara jumlah unit zat tertentu dengan satu juta unit total larutan. Pengukuran ppm tidak hanya digunakan dalam pengukuran ilmiah, tetapi juga memainkan peran penting dalam penilaian kinerja kualitas. Pelanggan sering menggunakan ppm sebagai ukuran untuk mengevaluasi kualitas produk atau layanan. (Raman & Basavaraj, 2019)

Untuk menghitung ppm dalam perhitungan produk defect yang terjadi, dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$ppm = \frac{x}{y} * 10^6 \quad (1)$$

Dimana:

1. x adalah jumlah dari produk defect.
2. y adalah jumlah total keseluruhan produk.
3. ppm adalah produk defect dalam part per million (ppm)

C. Konduktifitas Pada Logam

Pada prinsipnya, setiap material terdiri dari atom-atom penyusun yang memiliki elektron-elektron. Adanya pergerakan elektron tersebut memicu terjadinya efek kelistrikan. Efek kelistrikan inilah yang menentukan konduktivitas dan resistivitas suatu bahan. Kedua sifat ini dapat diketahui melalui perhitungan. Oleh sebab itu praktikum ini dilakukan untuk menentukan besarnya nilai resistivitas suatu material, sehingga nantinya dapat diketahui jenis material tersebut. (Eko Pramono, M., Putri Riadi, N., & Anggoro, 2020)

D. Elektroda Mesin Resistance Spot Welding Dan Projection Welding

Untuk memilih elektroda yang sesuai dalam resistance spot welding, beberapa faktor perlu dipertimbangkan, seperti jenis dan ketebalan material yang akan dilas. Material konduktor untuk pengelasan dalam resistance spot welding memiliki beberapa syarat yang perlu dipenuhi, yaitu:

1. Konduktivitas Yang Baik

Semakin tinggi nilai konduktivitas suatu material, maka semakin baik dan semakin efisien untuk mengantar arus listrik melalui material tersebut.

2. Modulus Elastisitas Besar

Material konduktor pada elektroda harus memiliki sifat modulus elastisitas yang memadai agar dapat tahan terhadap deformasi selama proses pengelasan.

3. Koefisien Pemuaian Yang Kecil

Material konduktor harus memiliki sifat koefisien pemuaian yang rendah untuk memastikan bahwa material tersebut tidak mengalami perubahan dimensi secara signifikan saat terjadi panas selama proses pengelasan berlangsung.

4. Kekuatan Mekanis Yang Tinggi

Material konduktor harus memiliki kekuatan mekanis yang cukup memadai, sehingga tahan terhadap beban dan tekanan selama proses pengelasan.

Dalam proses *spot welding*, penentuan intensitas arus dan durasi waktu pengelasan saling terkait dan berpengaruh pada hasil sambungan las. Ini berarti bahwa jika intensitas arus tinggi, maka durasi waktu pengelasan akan lebih singkat, dan sebaliknya, jika intensitas arus rendah, durasi waktu pengelasan dapat lebih lama. Selain itu, faktor ini juga dipengaruhi oleh ketebalan material yang akan dilas. (Ismail et al., 2024)

METODOLOGI

Dalam penelitian ini, pemilihan material tembaga dilakukan berdasarkan konduktifitas listrik, konduktifitas termal dan tingkat kekerasan yang sesuai dengan klasifikasi elektroda untuk mesin *resistance spot welding*. Yang kemudian dilakukan pengujian material tersebut untuk mengetahui nilai resistansi dan tingkat kekerasan serta nilai konduktivitas dari material tersebut.

Pengujian Pengelasan dilakukan dengan cara menggunakan elektroda tersebut pada mesin projection welding, pengelasan dilakukan terhadap 100 sampel percobaan pengelasan untuk menggabungkan komponen *elemen cover (elco)* dengan *seat* menjadi *seat assy*. Dimana setiap 4 sampel percobaan, akan dilakukan pengujian kekerasan sambungan pada komponen *seat assy*. Hal ini untuk mengetahui kualitas pengelasan dari elektroda tersebut. Pemantauan arus pengelasan dilakukan selama proses pengelasan sampel berlangsung menggunakan instrumen *welding checker*.

Mesin las projection manual PT. Selamat Sempurna Tbk departemen produksi *Press Shop Spin On* merupakan mesin *resistance spot welding* yang dioperasikan secara manual dengan satu operator seperti yang dapat dilihat.



Gambar 1. Mesin Projection Welding Manual

Mesin uji kekerasan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode uji kekerasan *Brinell*.



Gambar 2 . Mesin Uji Kekerasan Logam

Alat pengujian pengelasan atau *welding checker* yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah keluaran Miyachi.



Gambar 3. Instrumen Welding Checker

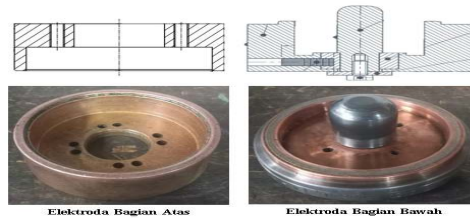
Instrument *DC Resistance Meter* yang dipergunakan dalam penelitian ini menggunakan metode *Four Point Probe (FPP)*



Gambar 4. Instrumen DC Resistance Meter

Desain elektroda untuk mesin Resistance Spot Welding yang dipergunakan dalam penelitian ini mengikuti desain elektroda yang telah ada (*existing design*). Desain tersebut memiliki kriteria sebagai berikut:

1. Sistem plug-on (bongkar pasang) dengan mudah.
2. Menggunakan sistem Poka-yoke (konsep anti salah)
3. Mencegah centering tinggi (maks. 0.40 mm).
4. Mencegah levelling tinggi (maks. 0.40 mm).



Gambar 5. Desain Elektroda Mesin Resistance Projection Welding

Parameter Pengelasan merupakan faktor penting yang mempengaruhi hasil pengelasan. Parameter yang akan digunakan dalam pengujian sebagai berikut:

- Squeeze time : 28 ms
- Welding time 1 dan 2 : 03 dan 04 cycle
- Welding current 1 dan 2 : 28 dan 30 kA
- Hold time : 15 cycle
- Pressure angin : 5 bar

Dalam melakukan perhitungan Cp dan Cpk, penulis menggunakan alat bantu berupa *software Microsoft Excel* (dengan resolusi perhitungan 2-digit dibelakang koma) dan *Minitab*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengujian material tembaga Cu Cr Zr (Copper Chromium Zirconium) dan Ni Be Cu (Nickel Beryllium Copper) dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Pengujian Material Tembaga

No	Jenis Material (Tembaga)	Aktual Hardness (HB)	Aktual Hardness (HRB)	Standard Hardness (HRB)	Electrical Conductivity (%)	Resistance (mΩ)
1	Cu Cr Zr	113	76	70 - 80	80	0,016
2	Ni Be Cu	221	86.5	85 - 92	52	0,023

Dari hasil pengujian material tembaga yang terdapat pada tabel 1 dapat diketahui bahwa material Cu Cr Zr memiliki nilai konduktifitas yang lebih tinggi sehingga dapat menghantar arus listrik jauh lebih baik dibandingkan dengan material Ni Be Cu, hanya saja material tersebut memiliki tingkat kekerasan yang lebih rendah yang dapat menyebabkan

deformasi (perubahan bentuk) apabila digunakan untuk proses pengelasan dalam jangka yang panjang.

Pengujian pengelasan dilakukan menggunakan mesin projection welding manual, parameter pengelasan telah ditentukan sebelumnya. Proses pengujian pengelasan dilakukan sebanyak 100 kali percobaan pengelasan seat assy untuk setiap jenis material elektroda menggunakan mesin projection welding manual, dan dari setiap 4 kali percobaan pengelasan, akan dilakukan uji kekuatan pada seat assy untuk mengetahui hasil dari pengelasan tersebut

Tabel 2. Rekap Hasil Uji Kekuatan Hasil Pengelasan

No	Uji Kekuatan Hasil Pengelasan	Satuan	Ni Be Cu	Cu Cr Zr
1	Welding Current	kA	30.00	30.00
2	Jumlah Pengambilan Sampel	Sampel	100.00	100.00
3	Nilai Ampere Minimum	kA	29.50	30.90
4	Nilai Ampere Maksimum	kA	30.10	31.10
5	Nilai Ampere Rata-rata	kA	29.90	30.96
6	Deviasi Ampere	%	14.87	6.24

Pada table 2 dapat dilihat bahwa *output current* dari mesin *projection welding manual* saat melakukan uji pengelasan komponen seat assy menggunakan elektroda dari material *NiBeCu* dan *CuCrZr* elektroda dari material *CuCrZr* memiliki tingkat penyimpangan arus yang rendah dan cukup stabil dengan nilai deviasi sebesar 6,24%. Hal ini membuktikan bahwa konduktivitas listrik dari suatu material elektroda memiliki peranan penting dalam proses pengelasan, khususnya untuk pengelasan jenis *resistance spot welding*.

Tabel 3. Hasil Destructive Test Kualitas Pengelasan

No	Uji Kekuatan Hasil Pengelasan	Satuan	Ni Be Cu	Cu Cr Zr
1	Target	kg/cm ²	30	30
2	Toleransi	%	20	20
3	Jumlah Sampel	Sampel	25	25
4	Nilai Minimum	kg/cm ²	29.57	33.52
5	Nilai Maksimum	kg/cm ²	30.98	33.95
6	Nilai Rata-rata	kg/cm ²	30.3	33.74
7	Standar Deviasi Proses (σ)	(σ)	0.53	0.13

Dari data uji kekuatan hasil pengelasan seat assy menggunakan elektroda Ni Be Cu dan Cu Cr Zr sebagai berikut:

Perhitungan indeks kapabilitas Cp dan Cpk elektroda Ni Be Cu sebagai berikut:

$$USL = Target + Toleransi = 30 + (30 * 0,2) = 36$$

$$LSL = Target - Toleransi = 30 - (30 * 0,2) = 24$$

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{36 - 24}{6 * 0,53} = 3,77$$

$$C_{pk} = \min\left(\frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma}, \frac{USL - \bar{x}}{3\sigma}\right)$$

Dari perhitungan diatas, hasil uji kekuatan dari pengelasan menggunakan elektroda Ni Be Cu hasil Cpk sebesar 3,58. Nilai tersebut melampaui batas standar minimal Cpk yaitu 1,33. Hal ini menandakan bahwa elektroda tersebut mampu untuk menangani.

Perhitungan indeks kapabilitas Cp dan Cpk elektroda *Cu Cr Zr* sebagai berikut:

$$USL = Target + Toleransi = 30 + (30 * 0,2) = 36$$

$$LSL = Target - Toleransi = 30 - (30 * 0,2) = 24$$

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{36 - 24}{6 * 0,13} = 15,38$$

$$C_{pk} = \min\left(\frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma}, \frac{USL - \bar{x}}{3\sigma}\right)$$

$$C_{pk} = \min\left(\frac{9,74 - 2,26}{0,39}, \frac{2,26 - 0,39}{0,39}\right) = 5,79$$

Dari perhitungan diatas, hasil kekuatan dari pengelasan menggunakan elektroda *Cu Cr Zr* memperoleh hasil Cpk sebesar 5,79. Nilai tersebut melampaui batas standar minimal Cpk yaitu 1,33. Hal ini menandakan bahwa elektroda tersebut mampu untuk menangani proses.

Hasil Improvisasi Elektroda Pada Mesin *Projection Welding*

Tabel 4. Perbandingan Jenis Produk Reject

No	Jenis Reject	Sebelum Improvisasi		Reject	Produk si 2 bulan	PP M	Sesudah Improvisasi		Reject	Produk si 2 bulan	PP M
		Jan	Feb				Mar	Apr			
1	Spot Lepas	2	4	6	29793	201	0	1	1	29612	34
2	Las Lumer	13	9	22		735	2	0	2		236
3	Spot Terbakar	31	26	57		1913	4	7	11		203
4	Las Miring	5	7	12		403	3	1	4		135
Total		51	46	97	29793	608	9	9	18	29612	608

Perbandingan jenis produk reject beserta jumlahnya antara sebelum dilakukan improvisasi dan sesudah dilakukan improvisasi material elektroda pada mesin projection welding. Perbandingan tersebut dimaksudkan untuk menilai tingkat keberhasilan improvisasi yang telah dilakukan.

PT. Selamat Sempurna Tbk memiliki standar minimal penurunan *reject* ppm (*part-per-million*) sebesar 10% setelah dilakukan improvisasi.

Nilai penurunan *reject* ppm (*part-per-million*) sesudah dan sebelum improvisasi sebesar : $(608 / 3256) * 100 = 18,7\%$. Dengan hasil ini maka improvisasi dinyatakan sukses, melihat penurunan persentasi *reject* ppm (*part-per-million*) melebihi standar sebesar 10%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, material elektroda tembaga jenis Cu Cr Zr menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan dengan material elektroda tembaga jenis Ni Be Cu dalam berbagai aspek pengujian. Pengujian konduktivitas menggunakan DC resistance meter menunjukkan bahwa Cu Cr Zr memiliki nilai resistansi lebih rendah, yaitu 0,016 mΩ, dibandingkan dengan Ni Be Cu yang memiliki nilai resistansi 0,023 mΩ, sehingga menghasilkan konduktivitas yang lebih baik. Pengujian output arus aktual menggunakan welding checker saat proses pengelasan dengan arus 30 kA menunjukkan bahwa material Cu Cr Zr memiliki kestabilan arus lebih tinggi dengan rata-rata kuat arus 30,96 kA dan penyimpangan arus sebesar 6,24%, lebih baik dibandingkan dengan Ni Be Cu yang memiliki rata-rata kuat arus 29,90 kA dan penyimpangan arus 14,87%. Pengujian kualitas pengelasan pada komponen seat assy menggunakan mesin destructive test menunjukkan bahwa material elektroda Cu Cr Zr memiliki kekuatan hasil pengelasan lebih tinggi dengan rata-rata 33,74 kg/cm² dibandingkan dengan Ni Be Cu yang memiliki rata-rata 30,30 kg/cm², melebihi standar minimal SOP mesin sebesar 18 kg/cm². Selain itu, pengujian kekuatan hasil pengelasan menunjukkan bahwa Cu Cr Zr memiliki nilai Cpk sebesar 5,66 yang lebih besar dibandingkan Ni Be Cu yang hanya mencapai 3,43. Setelah dilakukan improvisasi pada material elektroda, terjadi penurunan tingkat reject akibat kegagalan proses pengelasan sebesar 18,7%, yang melampaui standar minimal penurunan reject sebesar 10% yang ditetapkan oleh PT. Selamat Sempurna Tbk. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan material elektroda tembaga jenis Cu Cr Zr lebih unggul dalam meningkatkan kualitas dan efisiensi proses pengelasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Eko Pramono, M., Putri Riadi, N., & Anggoro, D. (2020). *PENGUJIAN KONDUKTIVITAS LISTRIK MATERIAL DENGAN METODE FOUR POINT PROBE (FPP). LAPORAN PRAKTIKUM FISIKA LABORATORIUM.*
- Ismail, N. I., Teknik, F., Giri, U. S., & Sidoarjo, K. (2024). *Madani : Jurnal Ilmiah Multidisiplin Analisis Parameter Mesin Spot Welding Terhadap Kekuatan Sambungan Las Pada Komponen Grill Diffuser Madani : Jurnal Ilmiah Multidisiplin.* 2(1).
- Kurnia, H., & Purba, H. H. (2021). *A Systematic Literature Review of Lean Six Sigma in Various Industries.* 9(2), 19–30. <https://doi.org/10.21776/ub.jemis.2021.009.002.3>
- Raman, R. S., & Basavaraj, Y. (2019). *Quality Improvement of Capacitors through Fishbone and Pareto Techniques.* 3878(2), 2248–2252. <https://doi.org/10.3940/ijrte.B2444.078219>
- Riset, P., Daya, S., & Nasional, B. S. (2020). *Pengaruh Tegangan Uji Terhadap Nilai Resistansi Dari Resistor Standar Dalam Order Giga Ohm.* 48–54.
- Sifa, A. (2016). *Penuaan Elektrode CuCr1Zr Spot Welding dengan Pendekatan Numerical.* 7(08), 42–45.
- Sitepu. (2020). *"Analisis Reject Dominan Pada Mesin Las Resistance Spot Welding Auto Rotary".* (1), 11–20. <https://doi.org/10.32493/epic.v7i1.38199>
- Sumarno, E., Setiawan, R. A., Elektro, T., Pamulang, U., & Tangerang, K. (2023). *MODIFIKASI SISTEM KONTROL MESIN CURING GUNA MENGURANGI DEFECT LEAKY BLADDER DI PT XYZ.* 11(3), 614–619.