

Pengaruh Variasi Arus *Resistance Spot Welding* Terhadap Kuat Tarik Material *Stainless Steel 304 Carbody* Kereta K1

Henry Widya Prasetya¹⁾, Damar Isti Pratiwi²⁾, Sello Izza Samudra³⁾

¹²³⁾ Politeknik Perkeretaapian Indonesia,

Jalan Tirta Raya, Madiun – Indonesia Telp : (0351) 474777

E-Mail: henry@ppi.ac.id

Abstrak

Dalam proses manufaktur *carbody* kereta pada bagian *side wall* saat ini banyak menggunakan material pelat *stainless steel 304* tebal 2 mm dengan metode *resistance spot welding (RSW)*. Metode *RSW* memiliki kelebihan yaitu bentuk sambungan rapi, proses cepat, tidak memerlukan logam pengisi dan biaya murah. Namun, ditemukan beberapa cacat las *RSW* pada kereta *stainless steel*. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi cacat pada permukaan las *RSW* dengan variasi arus pengelasan dan menambahkan pengujian kekuatan tarik untuk mengetahui pengaruh *weld nugget* yang terbentuk. Metode dalam penelitian ini yaitu eksperimental. Parameter pengelasan *RSW* yang digunakan adalah variasi arus pengelasan 8 kA, 9 kA, 10 kA, 11 kA, dan 12 kA, waktu lama pengelasan konstan 2 detik, serta menggunakan elektroda tembaga diameter 16 mm. Selanjutnya dilakukan proses pengelasan spesimen. Setelah proses pengelasan, dilakukan pengujian *penetrant* dan pengujian tarik spesimen. Hasil kekuatan tarik tertinggi didapatkan dari penggunaan variasi arus pengelasan 12 kA dengan kekuatan tarik sebesar 47,763 N/mm² dan pengujian tarik terendah pada penggunaan variasi 8 kA dengan pengujian tarik sebesar 22,345 N/mm². Hal ini disebabkan oleh diameter *weld nugget* yang terbentuk pada variasi 12 kA semakin besar maka semakin besar kekuatan tariknya.

Kata Kunci: Pengujian Tarik, *Resistance Spot Welding (RSW)*, *Stainless Steel 304*, Uji *Penetrant*.

Abstract

In the process of manufacturing the carbody of the train, particularly in the side wall of it, it generally uses material of plate stainless steel 304 with 2 mm thick by the method of resistance spot welding (RSW). The method of RSW has some advantages namely the shape of the connection is tidy, quick process, not requiring metal for the content, and low cost. However, some defects are found in the RSW on the stainlesssteel train. This study aims to reduce the defect on the surface of the welding of RSW by welding stream variation and add the strength of tensile in order to reveal the effect of the formed weld nugget. This study employed an experimental method. The parameter of welding RSW used was stream variation of welding 8 ka, 9 ka, 10 ka, 11 ka, and 12 ka and the constant welding took 2 seconds, along with the use of copper electrode with 16 mm of diameter. Afterward, the welding process on the specimen was carried out. The result of the highest tensile strength was obtained from the use of the variation of welding streams 12 kA with a tensile strength of 47,763 N/mm² and the lowest tensile was obtained from 8 kA with the tensile strength test of 22,345 N/mm². This value is caused by the diameter of the weld nugget which is formed in variation 12 kA. The conclusion is that the bigger, the stronger its tensile strength.

Keyword: *Tensile Test, Resistance Spot Welding (RSW), Stainless Steel 304, Penetrant Test.*

1. PENDAHULUAN

Dunia perkeretaapian saat ini banyak menggunakan material dari baja maupun jenis logam lainnya untuk pembuatan dinding luar sarana kereta api. Saat ini terdapat material baru yang sering digunakan untuk pembuatan dinding kereta yaitu material *stainless steel*. Material tersebut termasuk bagian penting dalam pembuatan komponen dinding kereta yang merupakan inovasi baru untuk meningkatkan kualitas sarana perkeretaapian. Penggunaan material *stainless steel* untuk sarana perkeretaapian khususnya sarana kereta penumpang dapat menjadikan sarana tersebut menjadi lebih kuat dan ringan.

Dalam pembuatan dinding luar kereta penumpang atau biasa disebut (*side wall*) diperlukan penyambungan beberapa material *stainless steel* dengan berbagai metode pengelasan. PT INKA telah mengeluarkan produk kereta penumpang kelas ekonomi premium (K3), kelas eksekutif (K1), kereta *sleeper* (T), kereta pembangkit (P), dan kereta makan (M) dengan material terbaru yaitu *stainless steel*. Produk kereta terbaru ini pada bagian *carbody* atau bagian luar kereta seluruhnya dominan menggunakan material *stainless steel*.

Saat ini dalam proses manufaktur dinding luar kereta api banyak dikembangkan metode pengelasan tanpa menggunakan bahan tambahan atau logam pengisi, salah satunya yaitu metode pengelasan titik (*resistance spot welding*) atau *RSW*. [1] *Resistance spot welding* atau biasa disebut las titik adalah metode pengelasan yang masih sering diterapkan dalam industri dan manufaktur terutama dalam penyambungan *body* mobil dan metode pengelasan ini merupakan metode yang tepat untuk diterapkan dalam industri perkeretaapian. Las *RSW* memiliki kelebihan yaitu sambungan memiliki bentuk yang rapi, waktu pengelasan cepat, tidak memerlukan material tambahan atau logam pengisi, hasil sambungan yang rapat, dan murah biaya. Selain itu, pengelasan metode ini bisa digunakan untuk

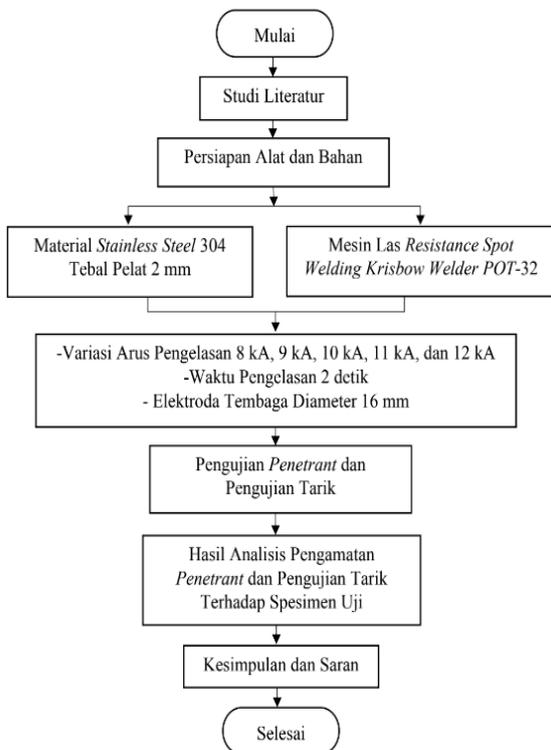
menyambungkan material beda jenis dengan ketebalan tertentu. Perusahaan dibidang manufaktur, industri perkeretaapian, dan otomotif telah banyak menggunakan metode ini. Contoh penerapan metode *RSW* yaitu pada proses *assembly* struktur dinding luar kereta, atap kereta, dan pintu kereta dengan material *stainless steel*.

Meskipun metode *RSW* banyak digunakan dalam industri manufaktur kereta api, tetapi terdapat penemuan cacat pada hasil pengelasan dengan metode *RSW* pada bagian *side wall* kereta penumpang K1 rangkaian kereta api Sawunggalih relasi Kutoarjo - Pasar Senen PP. Ditemukan hasil pengelasan tidak sempurna pada permukaannya, yang mana jika dibiarkan akan mempengaruhi kuat tarik pada material pelat *side wall* kereta penumpang. Untuk itu penulis akan melakukan penelitian untuk mengurangi cacat las *RSW* dengan melakukan eksperimental variasi arus pengelasan yang digunakan untuk meminimalisir cacat pada daerah pengelasan *RSW*. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas kekuatan tarik sambungan las material serta permukaan hasil pengelasan dinding luar kereta penumpang.

Pada penelitian ini dilakukan beberapa modifikasi untuk melihat beberapa karakter material *stainless steel* dengan perlakuan proses pengelasan *spot welding* dimana digunakan variabel variasi arus pengelasan yaitu 8 kA, 9 kA, 10 kA, 11 kA, dan 12 kA. Sedangkan variabel tetap yaitu waktu pengelasan konstan 2 detik, elektroda yang digunakan adalah tembaga dengan diameter 16 mm, dan material *stainless steel* tipe 304 tebal 2 mm.

2. METODE PENELITIAN

Tahapan dalam penelitian tentang pengelasan metode *Resistance Spot Welding (RSW)* mulai pembuatan specimen sampai pengujian dijelaskan pada Gambar 1.

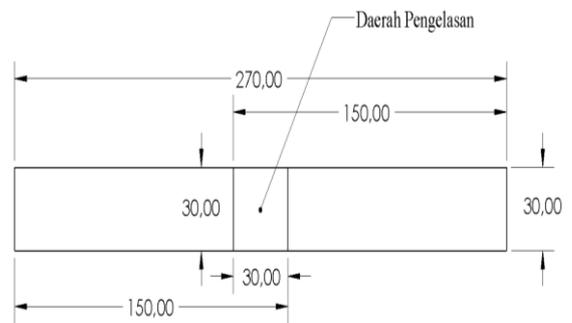


Gambar 1. Diagram alir penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Tahapan awal dalam penelitian ini dilakukan pembuatan spesimen uji. Setelah pembuatan spesimen dilakukan proses pengelasan dengan metode *resistance spot welding* menggunakan variasi arus pengelasan 8 kA, 9 kA, 10 kA, 11 kA, dan 12 kA, waktu pengelasan 2 detik serta diameter elektroda tembaga 16 mm. Tahap terakhir yaitu dilakukan sebuah pengujian *penetrant* dan pengujian tarik. Hasil dari uji penetrant berupa pengamatan visual dan hasil uji tarik diolah menggunakan rumus dengan aplikasi *microsoft excel* guna membuat kesimpulan dari hasil pengujian.

2.1 Proses Pembuatan Spesimen

Bahan yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu pelat *stainless steel* 304 dengan tebal 2 mm. Dalam proses ini dibutuhkan 15 pasang spesimen yang terbagi dalam 5 variasi (8 kA, 9 kA, 10 kA, 11 kA, dan 12 kA) dan 3 pengulangan di setiap variasinya.



Gambar 2. Spesimen RSW standar JIS Z 3139

Ukuran spesimen penelitian dengan panjang 270 mm, lebar 30 mm dan tebal 2 mm.

2.2 Proses Pengelasan RSW

Proses pengelasan metode *Resistance Spot Welding* (RSW) dilakukan dengan menggunakan mesin *spot welder*. Langkah pertama yaitu dengan menyalakan mesin *spot welder* pastikan mesin bekerja dengan baik. Selanjutnya melakukan setting parameter pada mesin *spot welder* berupa arus yang akan digunakan dengan variasi 8 kA, 9 kA, 10 kA, 11 kA, dan 12 kA secara bergantian, pengaturan *welding time* dengan waktu konstan 2 detik, pemasangan elektroda tembaga dengan diameter 16 mm, dan mengatur saklar tipe material yang akan dilakukan pengelasan sesuai dengan variasi yang ditentukan. Setelah parameter sesuai, selanjutnya dilakukan pengelasan dengan meletakkan posisi batang pelat spesimen saling bertindih (*lap joint*) dengan jarak 30 mm lalu cekam spesimen menggunakan tang agar tidak bergeser dan posisikan ujung elektroda di tengah-tengah area las yang ditentukan (*central* dari persegi ukuran 30×30 mm). Setelah posisi las sesuai injak bagian pijakan pegas mesin *spot welder* untuk menggerakkan kedua elektroda agar saling menjepit bagian spesimen pelat, kemudian terjadi proses pengelasan. Panas resistansi yang dihasilkan oleh mesin *spot welder* akan membuat daerah pelat yang terkena bagian elektroda mesin *spot welder* menjadi panas dan meleleh. Pada saat kondisi meleleh akibat panas ini kedua spesimen menyatu dengan yang lain.



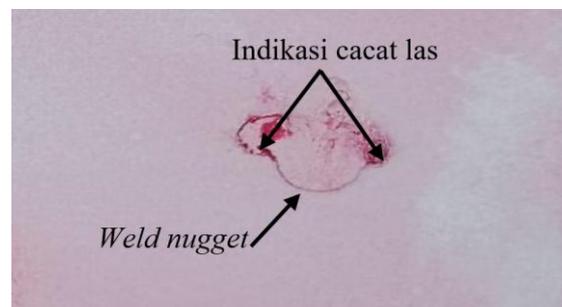
Gambar 3. Proses Pengelasan RSW

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian *penetrant* untuk mengetahui kondisi permukaan pada spesimen setelah melalui proses pengelasan. Pengujian dimulai dengan membersihkan daerah pengelasan dengan majun dan cairan *cleaner*, kemudian di semprotkan cairan *red penetrant* tunggu selama 5 menit kemudian bersihkan dengan majun yang telah diberi cairan *cleaner*. Langkah terakhir semprotkan cairan *developer* dan amati bercak-bercak merah yang keluar pada spesimen. Warna merah yang keluar menandakan spesimen tersebut mengalami cacat pada area pengelasan. Pengujian penetran yang tujuannya digunakan untuk mengetahui letak cacat pada permukaan [15].

Hasil tampak depan dan belakang spesimen dengan variasi arus pengelasan 8 kA, 9 kA, 10 kA, 11 kA, dan 12 kA, waktu konstan 2 detik, dan menggunakan elektroda tembaga diameter 16 mm menunjukkan hasil yang berbeda pada tiap spesimennya. Dihasilkan pengujian *penetrant* pada spesimen A, B, dan E dengan variasi arus pengelasan 8 kA, 9 kA, dan 12 kA menghasilkan cacat permukaan yang kecil pada sebagian kecil spesimen. Cacat pengelasan mulai terlihat pada sebagian besar spesimen C dan D dengan variasi arus pengelasan 10 kA dan 11 kA. Tampak jelas cacat tersebut merupakan cacat *undercut* berbentuk cerukan yang biasa terjadi pada permukaan atau akar logam induk [11]. Penyebab dari cacat

permukaan tersebut adalah bentuk *weld nugget* yang tidak rata karena panas yang diberikan (*heat input*) sangat tinggi sehingga mengakibatkan logam mengalami peristiwa peleburan [12].



Gambar 5. Hasil Pengamatan Uji Penetrant

Hasil pengamatan uji *penetrant* spesimen las *resistance spot welding* menunjukkan banyak terjadi cacat atau retakan. Hal tersebut disebabkan oleh penekanan elektroda dan panas yang masuk dari elektroda saat proses pengelasan berlangsung. Daerah *HAZ* terlihat jelas berwarna merah yang disebabkan oleh cacat permukaan yang tidak rata. Cacat tersebut terjadi saat proses pengelasan material mengalami peleburan kemudian menghasilkan sisa leburan material yang tidak sempurna. Sisa leburan material tersebut membentuk *weld nugget* yang tidak rata dengan berbagai diameter tertentu. Diameter *weld nugget* yang dihasilkan tergantung dari variasi arus pengelasan yang digunakan saat pengelasan *resistance spot welding*. Semakin besar arus yang digunakan maka area lebur material semakin besar sehingga *weld nugget* yang terbentuk akibat panas semakin lebar diameternya [13].

Spesimen yang telah dilakukan proses pengelasan menggunakan metode *resistance spot welding* sesuai dengan variasi arus pengelasan (8 kA, 9 kA, 10 kA, 11 kA, dan 12 kA) kemudian akan dilakukan sebuah pengujian tarik untuk mengetahui sifat mekanik dari spesimen tersebut. Pengujian tarik dilakukan menggunakan *universal tensile testing machine* Tarno Grocki kapasitas 10 ton. Spesimen yang akan dilakukan pengujian tarik diletakkan pada *plate* kemudian akan dikunci atau dicekam (*grip*) agar spesimen

tersebut tidak bergerak pada saat dilakukan pengujian tarik. Setelah spesimen dicekam dengan kuat, nyalakan mesin uji tarik sehingga membuat mesin itu menarik spesimen hingga patah (*fracture*). Dari proses pengujian tarik yang telah dilakukan, didapatkan nilai tegangan dan regangan sebagai berikut:

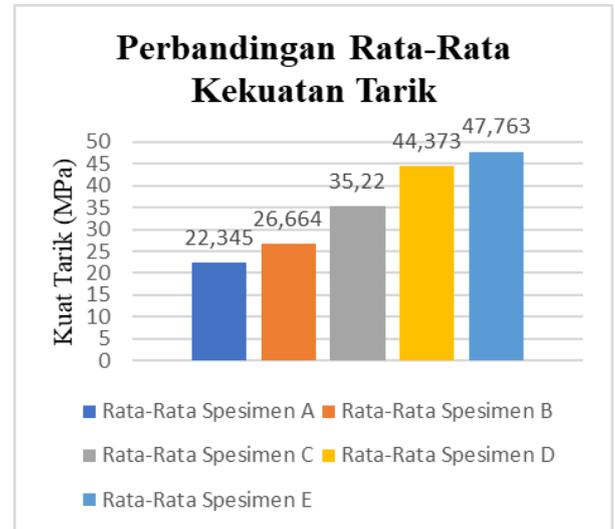
Tabel 2. Data hasil pengujian tarik

Spesimen	ΔL	Regangan (mm)	Kuat Tarik (Mpa)	Rata-Rata (Mpa)
A1	1,76	0,19	24,411	22,345
A2	1,76	0,16	22,759	
A3	1,20	0,07	19,865	
B1	2,42	0,29	24,966	26,664
B2	1,97	0,19	29,316	
B3	1,51	0,15	25,710	
C1	3,26	0,41	32,218	35,220
C2	1,31	0,10	34,073	
C3	1,54	0,15	39,371	
D1	2,20	0,11	42,804	44,373
D2	1,76	0,19	45,829	
D3	1,75	0,10	44,488	
E1	1,98	0,12	47,080	47,763
E2	1,97	0,21	50,979	
E3	1,54	0,07	45,232	

Keterangan:

- A1 = variasi arus pengelasan sebesar 8 kA pengulangan pertama.
- A2 = variasi arus pengelasan sebesar 8 kA pengulangan kedua.
- A3 = variasi arus pengelasan sebesar 8 kA pengulangan ketiga.
- B1 = variasi arus pengelasan sebesar 9 kA pengulangan pertama.
- B2 = variasi arus pengelasan sebesar 9 kA pengulangan kedua.
- B3 = variasi arus pengelasan sebesar 9 kA pengulangan ketiga.
- C1 = variasi arus pengelasan sebesar 10 kA pengulangan pertama.
- C2 = variasi arus pengelasan sebesar 10 kA pengulangan kedua.
- C3 = variasi arus pengelasan sebesar 10 kA pengulangan ketiga.
- D1 = variasi arus pengelasan sebesar 11 kA pengulangan pertama.
- D2 = variasi arus pengelasan sebesar 11 kA pengulangan kedua.
- D3 = variasi arus pengelasan sebesar 11 kA pengulangan ketiga.
- E1 = variasi arus pengelasan sebesar 12 kA pengulangan pertama.

- E2 = variasi arus pengelasan sebesar 12 kA pengulangan kedua.
- E3 = variasi arus pengelasan sebesar 12 kA pengulangan ketiga.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Rata-Rata

Hasil akhir dari perbandingan tiap-tiap spesimen dapat dilihat pada Gambar 6 yang menunjukkan perbandingan grafik rata-rata kekuatan tarik pada setiap spesimen dengan variasi arus pengelasan yang digunakan dalam proses pengelasan *resistance spot welding*. Dari gambaran grafik perbandingan rata-rata setiap spesimen, ditemukan adanya peningkatan kekuatan tarik spesimen seiring dengan peningkatan kuat arus yang digunakan dalam proses pengelasan *resistance spot welding*. Sebaliknya jika kuat arus yang digunakan dalam pengelasan *resistance spot welding* semakin kecil maka kekuatan tarik spesimen juga akan mengalami penurunan. Grafik perbandingan rata-rata diatas menunjukkan penggunaan variasi arus pengelasan 12 kA menghasilkan rata-rata kekuatan tarik tertinggi dibandingkan dengan penggunaan variasi arus pengelasan sebesar 9 kA, 8 kA, 10 kA, dan 11 kA.

Hasil dari analisis uji tarik setiap spesimen mendapatkan perbedaan pada kekuatan tarik. Variasi arus pengelasan yang digunakan dalam proses pengelesan *resistance spot welding* memiliki pengaruh terhadap sifat mekanik dari sambungan las tersebut. Semakin besar tegangan yang digunakan maka akan semakin kuat sambungan las tersebut. Sebaliknya jika

arus pengelasan yang digunakan semakin kecil maka kekuatan sambungan las tersebut semakin rendah. Hal ini dikarenakan panas yang dihasilkan semakin tinggi sehingga membuat *HAZ* logam semakin luas dan terbentuk *weld nugget* saling merekatkan material satu dengan material lainnya. Panas tersebut mempengaruhi tingkat kekuatan tarik sambungan las berdasarkan variasi arus pengelasan pada spesimen [14].

4. KESIMPULAN DAN KETERBATASAN

Berdasarkan pada analisis dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diperoleh kesimpulan yaitu spesimen yang memiliki cacat permukaan paling sedikit berada pada variasi arus pengelasan 8 kA, 9 kA, dan 12 kA (Spesimen A, B, dan E), sedangkan pada variasi pengelasan di atasnya semakin banyak cacat permukaan yang terjadi (Spesimen C dan D). Analisa kekuatan uji tarik menunjukkan spesimen E dengan penggunaan variasi arus pengelasan 12 kA memiliki rata-rata uji tarik sebesar 47,763 MPa. Sedangkan kekuatan uji tarik terendah terdapat pada spesimen A dengan penggunaan variasi arus pengelasan 8 kA memiliki rata-rata uji tarik sebesar 22,345 MPa.

Berdasarkan kesimpulan yang telah didapat dari hasil pembahasan, maka ada beberapa saran yang perlu diperhatikan untuk dapat memberikan masukan guna memperbaiki analisis ini antara lain yaitu penelitian selanjutnya dapat menggunakan mesin *spot welder* yang berbeda jenis yaitu *portable spot welding*. Perlu penelitian lebih lanjut dengan material yang berbeda menggunakan pengujian struktur mikro guna mengamati paduan dari susunan struktur logam. Perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi parameter yang lain dari metode *resistance spot welding*.

REFERENSI

[1] Latief, M. G., Nugroho, A. W., & Rahman, B. N. (2020). Pengaruh variasi tegangan listrik terhadap kuat tarik geser sambungan disimilar spot

welding stainless steel aisi 430 dan baja karbon rendah. *Jurnal Material dan Proses Manufaktur*.

- [2] Mujtaba, A. (2019). Pengaruh variasi diameter elektroda pengelasan titik (*resistance spot welding*) terhadap sifat fisik dan mekanik pada sambungan dissimilar metal stainless steel aisi 304 dengan baja karbon rendah spbc jis g3131. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [3] Purkuncoro, A. E., & Taufik, A. (2020). Analisa pengaruh variasi *pressing welding time* terhadap karakteristik sifat mekanik dan sifat fisis pada proses *resistance spot welding* (rsw) material plat galvanis. *Jurnal Flywheel*, 11(Februari).
- [4] Handra, N. (2014). Pengaruh waktu tekan dan hasil gumpalan terhadap kekuatan geser pada las titik. *Jurnal Teknik Mesin*, 4(1).
- [5] Siswanto, R. (2018). Buku ajar teknologi pengelasan (HMKB791). In *Buku Ajar Teknologi Pengelasan (HMKB791)*. Universitas Lambung Mangkurat.
- [6] Ritonga, D. A. A., & Idris, M. (2017). Karakteristik bahan steel 304 terhadap kekuatan impak benda jatuh bebas. *Wahana Inovasi*, 6(2).
- [7] Surya Logam. (2010). *Surya logam*. <https://www.suryalogam.com/stainless-steel-304/>
- [8] Mohamad, F., & Syahrul, U. (2018). Analisis kekuatan dan kualitas sambungan las dengan variasi pendinginan oli dan udara pada material astm A36 dengan pengujian ndt (*nondestructive test*). *Bina Teknika*, 14(2), 131–138. <https://ejournal.upnvj.ac.id/index.php/BinaTeknika/article/download/1414/pdf>
- [9] Pramudyo, S. A., Rachmansyah, A., & Suhendar. (2014). Visualisasi hasil mesin uji tarik gotech gt-7010-d2e

dalam bentuk grafik secara real time.
Jurnal Nasional Teknik Elektro, 3(1).
<https://doi.org/10.25077/jnte.v3n1.58>.
2014

- [10] Wahyudi, T. C., Handono, S. D., Sanjaya, H. A., & Sulaiman Azis, A. B. (2021). Analisa pengaruh media pendingin dan arus listrik pada proses pengelasan titik (*spot welding*) *stainlees steel* terhadap nilai kekuatan tarik. *Artikel Teknik Mesin dan Manufaktur*, 2(2), 94–99. <https://doi.org/10.24127/armatur.v2i2.1448>
- [11] Achmadi. (2022). *Macam cacat las*. Teknologi Pengelasan. <https://www.pengelasan.net/cacat-las/>
- [12] Haikal, Chamim, M., Suryono, E., Hidayah, F. N., & Triyono. (2021). Pengaruh parameter pengelasan resistance spot welding terhadap sifat fisik dan mekanik multi-layer logam tak sejenis berbeda ketebalan. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(1).
- [13] Amin, A., & Anwar, S. (2020). Pengaruh variasi arus listrik terhadap kekuatan tarik geser las titik beda material stainless steel dan aluminium. *Al Ulum Jurnal Sains dan Teknologi*, 5(2), 44. <https://doi.org/10.31602/ajst.v5i2.2800>
- [14] Agustriyana, L., Irawan, Y. S., & Sugiarto. (2014). Pengaruh kuat arus dan waktu pengelasan pada proses las titik (*spot welding*) terhadap kekuatan tarik dan mikrostruktur hasil las. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 2(3), 175–181.
- [15] Prasetya, H.W, Apriliani, N.F., & Saifulloh, M.R. (2014). Analisa cacat permukaan akibat proses permesinan *friction drilling* dengan pahat *tungsten*. *Jurnal V-Mac*, Vol. 9 No. 1, 35-41.