

Analisis Variasi Kuat Arus dan Waktu terhadap Kekuatan Tarik Material *Mild Steel* dengan *Spot Welding* 2 Trafo

Dimas Trimariyono¹, Arya Mahendra Sakti^{2,*}, Diah Wulandari³, Dyah Riandadari⁴

Teknik Mesin, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia 60231

E-mail: ²aryamahendra@unesa.ac.id

Abstrak: Seiring berkembangnya zaman di dunia industri terutama pada teknologi yang digunakan pun juga ikut mengalami perkembangan salah satunya dibidang pengelasan khususnya las titik. Kualitas las titik termasuk kedalam salah satu jenis las yang energi panasnya menggunakan arus listrik. Begitu pula dengan lama waktu pengelasan dalam proses pengelasan titik akan sangat mempengaruhi hasilnya. Oleh sebab itu kuat arus dan lama waktu pengelasan sangat berpengaruh terhadap hasil dari las titik. Oleh sebab itu tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui perbedaan variasi kuat arus listrik dan lama waktu penekanan terhadap hasil pengujian tarik pada proses pengelasan *spot welding* 2 trafo. Jenis metode penelitian tugas akhir ini adalah dengan menggunakan metode penelitian eksperimental. Pada penelitian ini mesin yang digunakan adalah mesin las titik dengan kuat arus 125 A dan 370 A dengan lama waktu pengelasan 3 detik dan 5 detik serta material benda uji yang digunakan adalah plat *mild steel* SS400. Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kuat arus dan lama waktu pengelasan mempunyai nilai tegangan yang berbeda semakin tinggi nilai kuat arus dan lama waktu pengelasan maka semakin besar pula nilai tegangan tarik. Dimana pada kuat arus 125 A dengan waktu pengelasan 3 detik dan 5 detik masing – masing memiliki nilai rata – rata tegangan tarik sebesar 17,11 Mpa dan 21,69 Mpa. Sedangkan pada kuat arus 370 A dengan waktu pengelasan 3 detik dan 5 detik masing – masing memiliki nilai rata – rata tegangan tarik sebesar 27,05 Mpa dan 33,50 Mpa.

Kata kunci: Kuat Arus, Kekuatan Tegangan Tarik, Las Titik, Waktu.

Abstract: As the times are changing in the industrial world, especially in the technology used, welding has also undergone development, one of which is in the field of spot welding. Spot welding is a type of welding that uses electric current for its heat energy. The quality of spot welding is greatly influenced by the strength of the current and the duration of the welding process. Therefore, the purpose of this final project is to determine the difference in variations of electric current strength and pressure duration on the tensile test results in the spot-welding process of 2 transformers. The research method used in this final project is experimental research. In this study, a spot-welding machine with a current strength of 125 A and 370 A was used with a welding time of 3 seconds and 5 seconds, and the test material used was mild steel SS400 plates. The results of this study can be concluded that the strength of the current and the duration of the welding process have different voltage values, the higher the value of the current strength and the welding time. Specifically, the spot welding with a current strength of 125 A and a welding time of 3 seconds and 5 seconds has an average tensile stress value of 17.11 MPa and 21.69 MPa, respectively. Meanwhile, the spot welding with a current strength of 370 A and a welding time of 3 seconds and 5 seconds has an average tensile stress value of 27.05 MPa and 33.50 MPa, respectively.

Keywords: Current Strength, Time, Tensile, Spot welding.

© 2023, JRM (Jurnal Rekayasa Mesin) dipublikasikan oleh ejournal Teknik Mesin Fakultas Vokasi UNESA.

PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya zaman, begitu pula di dunia industri pun juga ikut mengalami perkembangan. Apalagi teknologi yang berkembang sangat bermacam – macam terutama teknologi dibidang pengelasan. Pengelasan merupakan suatu proses menyambung sebuah 2 atau lebih logam menjadi satu karena adanya suatu energi panas. Pengelasan adalah metode yang sering digunakan untuk menggabungkan logam karena memiliki beberapa keunggulan, seperti kekuatan sambungan yang lebih tinggi, biaya yang terjangkau, penggunaan yang mudah, dan efisiensi yang tinggi. Penyambungan logam dapat disambung dengan beberapa tipe yaitu *lap joint*, *butt joint*, *tee joint*, *edge joint*, *corner joint*. Luasnya penggunaan teknologi pengelasan disebabkan dari bangunan dan mesin - mesin yang telah dibuat dengan menggunakan

teknik penyambungan logam dengan cara pengelasan ini menjadi lebih ringan dan membuat prosesnya juga lebih sederhana, sehingga biaya keseseluruhannya menjadi lebih terjangkau. (Wiryosumarto, H dan Okumura, T., 1981).

Teknik pengelasan juga sudah digunakan di berbagai industri dalam menyambungkan sebuah batang – batang logam baik pada konstruksi permesinan maupun pada konstruksi bangunan. Tidak hanya digunakan untuk produksi peralatan, teknologi pengelasan juga dapat digunakan untuk perbaikan atau reparasi berbagai jenis alat yang terbuat dari logam. Dengan mengikuti perkembangan teknologi pengelasan, perusahaan manufaktur perlu beradaptasi agar dapat meningkatkan mutu dan kualitas produksinya guna bersaing dengan perusahaan manufaktur lainnya. Ada banyak teknik yang

digunakan dalam proses penyambungan logam, dan salah satunya adalah *Resistance Spot Welding* (RSW), yang juga dikenal sebagai las titik, merupakan salah satu teknik yang banyak digunakan. Penggunaan *Resistance Spot Welding* (RSW) atau las titik tahanan listrik telah meluas dalam penyambungan lembaran logam pada bodi kendaraan sejak tahun 1950-an. Metode ini menjadi teknik utama dalam industri kendaraan darat. Secara umum, kendaraan modern biasanya memiliki sekitar 2000 hingga 5000 titik las. (Chao, 2003).

Las titik atau *Resistance Spot Welding* (RSW) adalah metode pengelasan yang menggunakan resistansi listrik. Dalam metode ini, dua plat logam yang akan disambung ditekan satu sama lain menggunakan dua elektroda. Arus listrik mengalir melalui elektroda, menyebabkan kedua plat menjadi panas dan meleleh karena resistansi listrik yang terjadi. Panas terutama terkonsentrasi di permukaan plat logam yang bersentuhan dengan elektroda, sedangkan plat tidak meleleh karena resistansi di permukaannya lebih rendah daripada resistansi di dalam kedua plat.

Dari pengertian *spot welding* atau las titik termasuk kedalam jenis las yang energi panasnya menggunakan arus listrik. Oleh sebab itu besar kecilnya arus listrik dapat mempengaruhi terhadap hasil pengelasan. Oleh sebab itu banyak peneliti yang menganalisis tentang kuat arus dari mesin *spot welding* dikarenakan pentingnya pengaruh kuat arus tersebut.

Pada proses pengelasan titik, saat memberikan tekanan terhadap material logam membutuhkan waktu agar logam tersebut dapat menyatu. Sehingga lama waktu saat penekanan dalam proses pengelasan titik sangat mempengaruhi terhadap hasil pengelasan. Jadi pengelasan tidak dilakukan sembarangan ada waktu yang sesuai atau yang paling efektif tergantung material yang dilas dengan menggunakan las titik.

Oleh sebab itu kuat arus dan waktu sangat berpengaruh terhadap hasil penyambungan logam dengan metode *Resistance Spot Welding*. Hal ini selaras dengan penelitian Dwi Handoko (2011) Studi Pengaruh Parameter Pengelasan pada Proses *Spot Welding* Terhadap Kualitas Produk. Dari hasil penelitian, didapatkan bahwa kuat arus, diameter ujung elektroda, dan waktu pengelasan memiliki pengaruh terhadap kualitas tegangan geser yang dihasilkan. Nilai tegangan geser tertinggi, yaitu 37,4 kg/mm², tercapai saat menggunakan spesimen baja karbon rendah (*mild steel*) dengan ketebalan 1 mm. Pada variasi kuat arus sebesar 8938 A, diameter ujung elektroda 5 mm, dan waktu pengelasan selama 3,5 detik. Dalam kondisi ini, terdapat kondisi optimal untuk mencapai tegangan geser terbaik, di mana kuat arus dan waktu pengelasan maksimum, sementara diameter ujung elektroda paling kecil.

DASAR TEORI

Menurut standar *Deutsche Industrie Norman* (DIN), pengelasan adalah proses ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilakukan dalam keadaan lumer atau cair. Sementara itu, menurut Daryanto (2013), pengelasan adalah penyatuan dua atau lebih bagian logam dengan membentuk ikatan metalurgi

di bawah pengaruh panas. Dengan kata lain, pengelasan adalah teknik penyambungan material logam dengan cara melarutkan sebagian logam induk dan logam pengisi (*filler*) menggunakan energi panas, baik dengan atau tanpa tekanan, serta dengan atau tanpa penggunaan logam tambahan. Hasilnya adalah sambungan yang kontinu.

Las titik atau *spot welding* adalah salah satu cara penyambungan logam dengan pengelasan pada permukaan plat yang disambung satu sama lain. Pengelasan ini tergolong pengelasan yang cepat, lebih cepat dibandingkan pengelasan asetilin dan las busur listrik karena las ini tidak menghasilkan terak las. Selain itu pengelasan ini tidak terlalu membutuhkan skill *welder* atau keahlian saat pengelasan. (Anrinal & Hendri, 2012).

Pengelasan titik memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode pengelasan lainnya. Pertama, prosesnya cepat, sehingga sangat cocok untuk produksi massal. Selain itu, pengelasan titik memberikan suplai panas yang akurat dan teratur. Hasil lasannya memiliki sifat mekanik yang kompetitif dengan logam induk, sehingga kekuatan dan kualitas sambungan tetap terjaga. Yang terakhir, pengelasan titik tidak memerlukan penggunaan kawat las sebagai bahan tambahan dalam proses penyambungannya. (Anis M, Irsyadi A, & Ferdian D, 2009).

Mild Steel

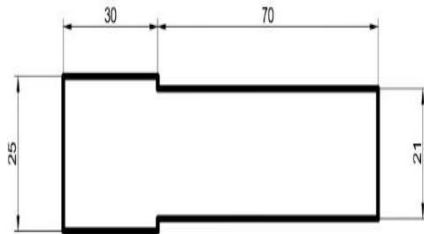
Jenis plat *mild steel* mempunyai beberapa tipe salah satunya adalah *SS400*. Dalam industri “SS” merupakan singkatan dari baja struktural (*structural steel*). *SS400* umumnya disebut dengan plat *mild steel* (*MS*) atau juga bisa disebut dengan plat kapal karena sering digunakan untuk industri perkapalan. Plat *SS400* banyak digunakan karena memiliki harga yang terjangkau, sangat cocok untuk proses pengelasan, mudah di-*machining*, dan dapat mengalami berbagai jenis perlakuan panas. *Mild steel* memiliki beberapa karakteristik, antara lain mudah dibentuk baik melalui proses pengerolan maupun pengepresan, rentan terhadap korosi, dan memiliki kepekaan retak yang rendah saat dilakukan proses pengelasan jika dibandingkan dengan baja karbon lainnya. (Suwanto, Suparno, & Arie Ashwin, 2019).

Spesimen Uji

Saat melakukan pengujian pastinya kita harus menguji spesimen dengan prosedur yang sesuai dengan standar uji. Ada beberapa standar uji salah satu standar pengujian yaitu *ASME* (*American Society of Mechanical Engineers*). *ASME* adalah sebuah organisasi standar yang berfungsi sebagai referensi bagi insinyur mesin di Amerika, dengan cakupan yang mencakup berbagai disiplin dan aspek global.

ASME dikenal sebagai pengembang kode dan standar yang terkait dengan ilmu pengetahuan, seni, dan aplikasi dalam bidang teknik mesin. Salah satu bidang standarisasi terbesar dalam *ASME*, baik dari segi ukuran maupun partisipasinya, adalah *ASME Boiler and Pressure Vessel Code* (*BPVC*). Di dalamnya terdapat standar untuk material, prosedur dan kualifikasi pengelasan, penggabungan, pemeriksaan tidak merusak, dan inspeksi

layanan nuklir. Standar uji tarik yang digunakan dalam konteks ini adalah *ASME IX Welding and Brazing Qualifications*. Menurut standar uji *ASME IX Welding and Brazing Qualifications* menjelaskan bahwa ukuran dimensi spesimen untuk pengujian tarik yaitu panjang 100 mm dan lebar 25 mm dengan tebal plat 1,2 mm. Bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Dimensi Spesimen Uji

Pengujian Tarik

Kekuatan tarik merupakan sifat mekanik yang memiliki signifikansi besar dalam perancangan konstruksi dan proses manufaktur. Pengujian tarik memiliki tujuan untuk mengevaluasi tingkat kekuatan suatu material serta mengidentifikasi karakteristik material tersebut. Uji Tarik (*Tensile Test*) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan tarik (*tensile strength*) suatu material dengan cara menarik material sepanjang sumbu secara perlahan atau cepat hingga terjadi putus atau kerusakan pada material tersebut. Dengan menarik spesimen uji kita dapat mengetahui reaksi benda terhadap tarikan dan sampai sejauh mana spesimen uji bertambah panjang.

Di dalam pengujian ini, yang menjadi pusat perhatian yaitu seberapa besar kemampuan maksimum spesimen uji dalam menahan beban tarik atau biasa disebut tegangan tarik maksimum atau "*Ultimate Tensile Strength*" (UTS). Untuk menentukan *Ultimate Tensile Strength* (UTS) atau tegangan tarik menggunakan rumus (Sumber: Buku *Mechanics of Materials*, 2017):

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Dimana,

σ : tegangan Tarik (N/mm²)

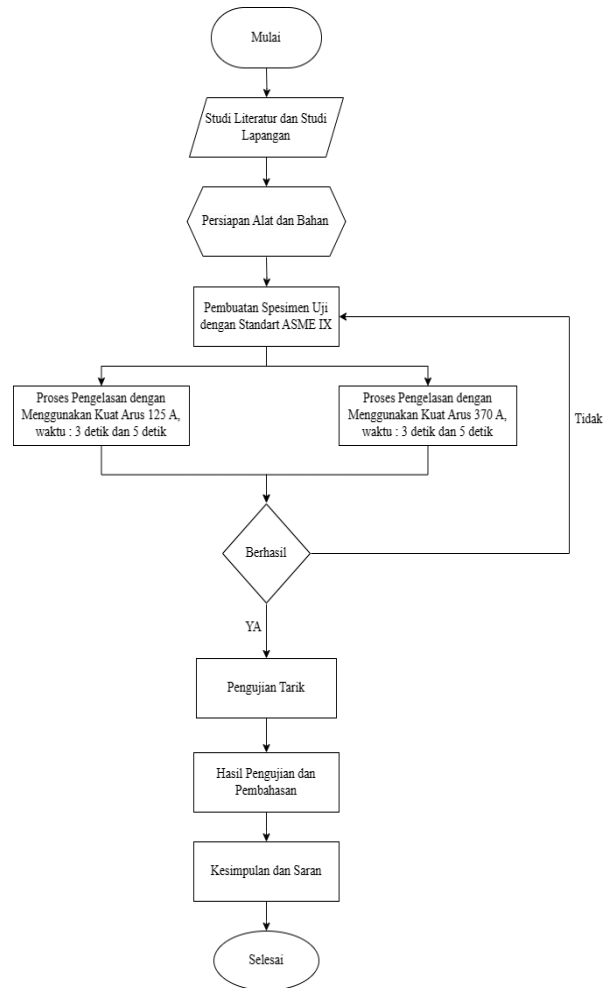
A : luas (mm)

F : gaya/beban (N)

METODE

Diagram Alir

Diagram alir pada analisis kuat arus dan lama waktu pengelasan terhadap uji tarik dengan menggunakan mesin *spot welding* dimulai dengan mencari topik dengan menggunakan jurnal, buku dan observasi langsung, dilanjutkan dengan mempersiapkan alat dan bahan, pembuatan spesimen, proses pengelasan, pengujian tarik dan selesai.



Gambar 2. Diagram Alir

- Penelitian dimulai dengan mencari topik tentang pengelasan titik.
- Studi literature dengan menggunakan jurnal penelitian dan buku, sedangkan studi lapangan dengan mengobservasi langsung proses pengelasan dan standart uji pengelasannya.
- Mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan supaya saat melaksanakan penelitian bisa berjalan dengan baik.
- Pembuatan spesimen uji pada plat *mild steel SS 400* dengan menggunakan standart *ASME IX*.
- Pada proses pengelasan terdapat proses pengelasan titik yaitu pengelasan menggunakan kuat arus listrik 125 A dan 370 A yang masing – masing proses pengelasan menggunakan, variasi waktu 3 detik dan 5 detik.
- Setelah pada proses pengelasan berhasil maka bisa dilanjutkan ke pengujian tarik tetapi kalau mengalami kegagalan maka kembali lagi pada pembuatan spesimen.
- Spesimen yang telah mengalami proses pengelasan tadi akan diuji tarik agar dapat diperoleh data guna menjawab hipotesa.
- Setelah spesimen dilakukan pengujian tarik maka akan didapat hasil, yang hasil tersebut akan dianalisis dengan teknik analisis data sehingga bisa menjawab hipotesa dari pengujian.

- Setelah mendapat hasil pengujian maka tahap akhir penelitian yakni membuat kesimpulan dan saran atas penelitian yang telah dilaksanakan.
- Selesai melakukan penelitian tentang *spot welding*.

Jenis Penelitian

Metode yang digunakan dalam studi ini adalah penelitian eksperimental. Penelitian eksperimental adalah jenis penelitian yang melibatkan perubahan atau manipulasi satu atau lebih variabel yang berpotensi mempengaruhi hasil penelitian. Tujuan dari penelitian eksperimental adalah untuk memahami hubungan sebab-akibat dari perlakuan yang diberikan pada objek yang sedang diteliti. Penelitian eksperimental dianggap sebagai metode penelitian yang paling dapat diandalkan secara ilmiah, karena variabel-variabel pengganggu di luar eksperimen dapat dikendalikan dengan ketat. (Borg & Gall, 1993). Metode penelitian eksperimental dianggap sangat tepat untuk penelitian ini dan yang paling baik pada pengelasan *spot welding* terhadap kekuatan uji tarik. Data yang telah diperoleh dari pengujian tarik dianalisa agar memperoleh kesimpulan dari hipotesa yang diuji.

Tempat dan Waktu Penelitian

1. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu mulai pada tanggal 25 Januari 2023 sampai dengan 8 Mei 2023.

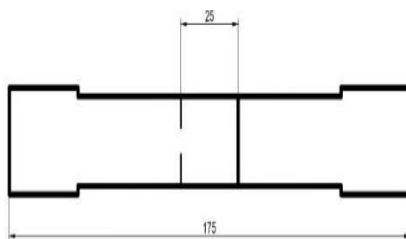
2. Tempat

Tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di beberapa tempat yaitu:

- Bengkel pengelasan
- Program Studi D4 Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya.
- Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang.

Benda Uji

Benda uji penelitian ini adalah dengan menggunakan plat *mild steel SS400* yang mempunyai ketebalan 1,2 mm. Pembentukan benda uji menggunakan standart *ASME IX*, lebih detail ukuran spesimen ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Ukuran Spesimen Uji

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pengelasan Titik

Proses pengelasan menggunakan las titik (*spot welding*). Pengelasan dimulai dengan menggunakan kuat arus 125 A dengan variasi waktu lama penekanan 3 detik dan 5 detik yang masing – masing proses menggunakan 3 spesimen uji. Lalu dengan menggunakan kuat arus 370 A dengan variasi waktu lama penekanan 3 detik dan 5 detik

yang juga masing – masing proses menggunakan 3 spesimen.



Gambar 4. Benda uji

Hasil Pengambilan Data

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kekuatan tarik maksimum dari pengelasan *SS400* dengan menggunakan kuat arus 125 A, 370 A, dan lama waktu penekanan selama 3 detik dan 5 detik. Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tarik yang tersedia di Politeknik Negeri Malang pada tanggal 8 Juni 2023.



Gambar 5. Mesin Uji Tarik

Hasil tegangan tarik dari masing – masing spesimen dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel II dibawah.

TABEL I

Data Perhitungan Tegangan Tarik dengan Arus 125 A

Waktu	Spesimen	m (kg)	F (N)	σ (MPa)	Rata – Rata σ
3 detik	1	30,00	294,00	23,41	17,11
	2	19,20	188,16	14,98	
	3	16,60	162,68	12,95	
5 detik	1	23,60	231,28	18,41	21,69
	2	39,80	390,04	31,05	
	3	20,00	196,00	15,61	

TABEL II

Data Perhitungan Tegangan Tarik dengan Arus 370 A

Waktu	Spesimen	m (kg)	F (N)	σ (MPa)	Rata – Rata σ
3 detik	1	48,40	474,32	37,76	27,05
	2	30,40	297,92	23,72	
	3	25,20	246,96	19,66	
5 detik	1	39,20	384,16	30,59	33,50
	2	36,80	360,64	28,71	
	3	52,80	517,44	41,20	

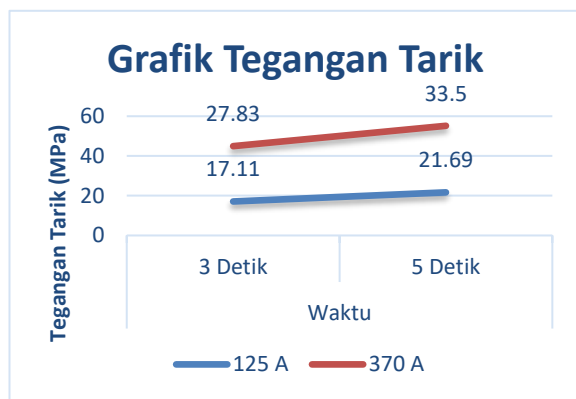
Dilihat dari Tabel I bahwa pengelasan menggunakan kuat arus 125 A dengan lama waktu pengelasan 3 detik dan 5 detik mempunyai nilai tegangan yang berbeda. Pengelasan dengan menggunakan lama waktu 3 detik

mendapatkan nilai tegangan rata – rata 17,11 Mpa sedangkan dengan lama waktu 5 detik mendapatkan nilai tegangan rata – rata 21,69 Mpa.

Dilihat dari Tabel II bahwa pengelasan menggunakan kuat arus 370 A dengan lama waktu pengelasan 3 detik dan 5 detik mempunyai nilai tegangan yang berbeda. Pengelasan dengan menggunakan lama waktu 3 detik mendapatkan nilai tegangan rata – rata 27,05 Mpa sedangkan dengan lama waktu 5 detik mendapatkan nilai tegangan rata – rata 33,50 Mpa.

Pembahasan

Dari hasil data percobaan uji tarik di laboratorium Politeknik Negeri Malang tegangan tarik sambungan las (MPa) dapat disajikan pada tabel III. Hasil rata – rata percobaan dari masing – masing spesimen yang selanjutnya membuat grafik dari tabel tersebut.



Gambar 6. Grafik tegangan tarik

TABEL III
Data Nilai Kekuatan Tarik

Arus	Waktu	
	3 Detik	5 Detik
125 A	17,11	21,69
370 A	27,05	33,50

Dari Gambar 6 menunjukkan kuat arus 125 A dan kuat arus 370 A mempunyai nilai kekuatan tegangan tarik yang berbeda. Pada kuat arus 125 A nilai tegangan tarik tertinggi dengan rata – rata senilai 21,69 MPa dan tegangan tarik terendah dengan rata – rata senilai 17,11 MPa. Sedangkan pada kuat arus 370 A nilai tegangan tarik tertinggi dengan rata – rata senilai 33,50 Mpa dan tegangan tarik terendah dengan rata – rata senilai 27,05 Mpa. Jika dilihat dari nilai tegangan tarik maka pengelasan dengan kuat arus 370 A lebih baik dari 125 A. Hal ini disebabkan karena adanya arus listrik yang membuat permukaan plat logam yang menempel dengan 2 buah elektroda menjadi panas dan membuat plat mencair dan menyatu satu sama lain. Oleh karena itu, besarnya arus dalam pengelasan memiliki pengaruh terhadap kekuatan tarik hasilnya. Semakin besar arus yang digunakan, semakin tinggi nilai tegangan tarik yang akan dihasilkan.

Untuk data hasil pengujian tarik dengan lama waktu pengelasan 3 detik dan waktu pengelasan 5 detik memiliki nilai kekuatan tegangan tarik yang berbeda. Pada waktu

pengelasan 3 detik nilai tegangan tarik tertinggi dengan rata – rata senilai 27,83 MPa dan tegangan tarik terendah dengan rata – rata senilai 17,11 MPa. Sedangkan pada waktu pengelasan 5 detik nilai tegangan tarik tertinggi dengan rata – rata senilai 33,50 Mpa dan tegangan tarik terendah dengan rata – rata senilai 21,69 Mpa. Jika dilihat dari nilai tegangan tarik maka pengelasan dengan waktu 5 detik lebih baik dari 3 detik. Hal ini disebabkan karena pada saat pengelasan membutuhkan waktu agar panas yang timbul bisa membuat plat bisa mencair dan menyatu dengan lebih kuat. Oleh karena itu, durasi waktu pengelasan memiliki pengaruh terhadap hasil pengelasan. Semakin lama waktu yang digunakan, semakin tinggi nilai tegangan tarik yang akan dihasilkan.

SIMPULAN

Simpulan dari penelitian sebagai berikut:

1. Pengaruh perbedaan variasi kuat arus listrik terhadap hasil pengujian tarik pada proses pengelasan *spot welding* 2 trafo dilihat dari nilai tegangan tarik, kuat arus 370 A lebih baik dari 125 A dengan masing – masing nilai tegangan tarik 33,50 MPa dan 21,69 MPa.
2. Pengaruh perbedaan variasi lama waktu pengelasan terhadap hasil pengujian tarik pada proses pengelasan *spot welding* 2 trafo dilihat dari nilai tegangan tarik, lama waktu pengelasan 5 detik lebih baik dari 3 detik dengan masing – masing nilai tegangan tarik 33,50 MPa dan 27,05 MPa.

REFERENSI

1. Anis M, Irsyady A, & Ferdian D. Studi Lapisan Intermetalik Cu Sn pada Ujung Elektroda dalam Pengelasan Titik Baja Galvanis. Jurnal Teknologi. 2009; 13.
2. Anrinal, & Hendri. Analisa Kekuatan Tarik Hasil *Spot Welding* Baja Karbon Rendah. Jurnal Teknik Mesin, 2012; 6-9.
3. Borg, W.R., & Gall, M.D. Educational Research: An Introduction (6th ed.). New York: Longman. 1993.
4. Handoyo, Dwi. Studi Pengaruh Parameter Pengelasan pada Proses *Spot Welding* terhadap Kualitas Produk. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta. 2011.
5. Sugiyono. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Bandung: Alfabeta. 2010.
6. Suwanto, Suparno, & Arie Ashwin. Pengaruh Variasi Kuat Arus dan Waktu Pengelasan pada Proses Spotwelding terhadap Kekuatan Tarik dari Plat *Mild Steel* Tebal 1 Milimeter. Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri 2019. 2019; 276 - 284.
7. Wiryosumarto H, & Okumura T. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta: Pradya Paramita. 2000.

8. Kurniawan, W. T. Pengaruh Rasio Tebal Plat Dan Tegangan Listrik. 2011; 19-20.
9. Prastiwi, A. R. Analisa Pengaruh Variasi Ketebalan Plat Terhadap Kekuatan Tarik Pada Sambungan Las Butt Joint Mild Steel SS400. 2019; 39.
10. Surdia, T. Pengetahuan Bahan Teknik. Edisi 2. PT. Pradaya Pramata. Jakarta. 1995.