

Analisis Variasi Tebal Plat *Mild Steel* SS400 dan Lama Waktu Pengelasan Terhadap Nilai Kekuatan Tarik pada Mesin *Spot Welding*

Zyanata Hasna Alwi¹, Arya Mahendra Sakti^{2,*}, Ferly Isnomo Abdi³
Andita Nataria Fitri Ganda⁴

^{1,2,3,4}Teknik Mesin, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia 60231

E-mail: aryamahendra@unesa.ac.id

Abstrak: Perkembangan pesat ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) dalam era globalisasi telah mendorong lahirnya berbagai inovasi dengan ide-ide pemikiran baru. Tujuan dari inovasi ini adalah untuk menghasilkan beragam produk berkualitas unggul dan berteknologi tinggi yang dapat diaplikasikan dalam kehidupan manusia. Dalam industri manufaktur, inovasi dan terobosan terbaru sangat penting guna terus meningkatkan kualitas dan efisiensi penggunaan. Penerapan ini merupakan hal yang sangat diperlukan dan menjadi bagian tak terpisahkan dari pertumbuhan industri, yang memiliki peran penting dalam rekayasa dan produksi. Salah satu teknologi yang sedang berkembang saat ini adalah proses penyambungan logam melalui pengelasan. Penelitian ini dimulai dengan menggunakan pendekatan penelitian eksperimental. Penelitian eksperimen merupakan penelitian yang dilakukan secara ilmiah dengan menggunakan dua set variabel, di mana set pertama berperan sebagai konstan yang digunakan untuk membandingkan perbedaan dengan set kedua. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi ketebalan plat 1 mm dengan variasi waktu 3 detik menghasilkan kekuatan sebesar 23,30 MPa, sedangkan waktu 6 detik menghasilkan kekuatan sebesar 28,14 MPa. Sementara itu, dalam proses pengelasan dengan ketebalan plat 1,2 mm, variasi waktu pengelasan 3 detik menghasilkan kekuatan sebesar 21,69 MPa, dan waktu 6 detik menghasilkan kekuatan sebesar 24,60 MPa.

Kata kunci: Kekuatan Tegangan Tarik, Las Titik, Lama Waktu Pengelasan, Tebal Plat.

Abstract: *he rapid development of science and technology (IPTEK) in the era of globalization has led to the emergence of various innovations with new ideas and thinking. The goal of these innovations is to produce a variety of high-quality and high-tech products that can be applied in human life. In the manufacturing industry, the latest innovations and breakthroughs are crucial for continually improving quality and efficiency of use. This implementation is necessary and an integral part of industrial growth, playing a significant role in engineering and production. One of the technologies currently advancing is the metal joining process through welding. This research begins with an experimental research approach. Experimental research is a scientific investigation that utilizes two sets of variables, where the first set acts as a constant to compare differences with the second set. The research method used is quantitative. The research findings indicate that a variation in plate thickness of 1 mm with a time variation of 3 seconds resulted in a strength of 23.30 MPa, while 6 seconds yielded a strength of 28.14 MPa. Meanwhile, in the welding process with a plate thickness of 1.2 mm, a time variation of 3 seconds resulted in a strength of 21.69 MPa, and 6 seconds yielded a strength of 24.60 Mpa*

Key words: *Length of Welding Time, Spot Welding, Thickness of Plate, Tensile Strength.*

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

PENDAHULUAN

Perkembangan pesat ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) dalam era globalisasi telah mendorong lahirnya berbagai inovasi dengan ide-ide pemikiran baru. Tujuan dari inovasi ini adalah untuk menghasilkan beragam produk berkualitas unggul dan berteknologi tinggi yang dapat diaplikasikan dalam kehidupan manusia. Dalam industri manufaktur, inovasi dan terobosan terbaru sangat penting guna terus meningkatkan kualitas dan efisiensi penggunaan. Penerapan ini merupakan hal yang sangat diperlukan dan menjadi bagian tak terpisahkan dari pertumbuhan industri, yang memiliki peran penting dalam rekayasa dan produksi. Salah satu teknologi yang sedang

berkembang saat ini adalah proses penyambungan logam melalui pengelasan.

Pengelasan secara umum dapat dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan cara kerja dan energi yang digunakan. Klasifikasi pertama membagi pengelasan menjadi pengelasan cair, pengelasan tekanan, dan pengelasan pukulan. Sementara itu, klasifikasi kedua membedakan kelompok-kelompok seperti pengelasan listrik, pengelasan kimia, pengelasan mekanik, dan sebagainya. Saat ini, teknik pengelasan yang paling populer adalah teknik pengelasan dengan menggunakan busur nyala listrik (*Shielded metal arc welding/ SMAW*) dan pengelasan karbit (*Oxy acetylene welding/OAW*) (Achmadi, 2020).

Salah satu teknik penyambungan pengelasan yang sering digunakan adalah las titik tahanan listrik (*Resistance Spot Welding*). Menurut M. Arief Sahrevy, M.D. (2021), las resistensi listrik merupakan metode pengelasan yang paling umum digunakan untuk menyambungkan plat logam (*sheet metal*). Pada proses ini, material logam yang akan disambungkan ditekan secara bersamaan sambil arus listrik yang tinggi mengalir melalui dua elektroda dan melewati permukaan material. Hal ini menghasilkan panas dan membuat permukaan material mencair karena adanya resistansi pada permukaan tersebut. Las titik (*Spot Welding*) merupakan metode pengelasan yang digunakan khususnya dalam penyambungan lembaran plat dengan diameter dan ketebalan tertentu. Pengelasan ini sering digunakan dalam industri otomotif karena memiliki keunggulan, seperti proses yang cepat, cocok untuk produksi massal, pemberian panas yang akurat dan konsisten, sifat mekanik hasil las yang kompetitif dengan logam induk, serta tidak memerlukan logam pengisi (*filler*).

Sebuah penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Riandito Auki (2022) menggunakan variasi ketebalan plat baja tahan karat (*stainless steel*) dengan ketebalan 0,6 mm dan 1 mm. Proses penyambungan dilakukan dengan menjepit dan menekan dua elektroda pada saat yang sama, lalu arus listrik dialirkan melalui elektroda dan melalui plat yang terjepit. Akibat resistansi listrik, permukaan plat menjadi panas dan mencair di titik jepitan kedua elektroda. Dengan memilih variasi plat yang tepat, kekuatan maksimal dapat dihasilkan antara kedua jenis plat tersebut.

Untuk mengetahui kekuatan tarik dan waktu tekanan yang optimal untuk pembebanan tarik, pengelasan ini menggunakan baja karbon rendah ST 41 dengan variasi ketebalan plat 0,6 mm, 0,8 mm, dan 1 mm, serta waktu tekanan selama 1 detik, 2 detik, dan 3 detik (Eko Nugroho, 2018). Dalam proses *spot welding*, umumnya digunakan plat dengan ketebalan tertentu dan waktu tekanan yang dipengaruhi oleh elektroda yang digunakan. Semua ini saling terkait dengan masukan panas. Oleh karena itu, parameter yang sering diubah adalah besarnya arus dan waktu tekanan yang dipengaruhi oleh elektroda. Dengan demikian, kualitas penyambungan yang optimal dapat dihasilkan. Pemilihan waktu tekanan yang tepat terhadap elektroda perlu dilakukan untuk jenis plat dengan ketebalan tertentu agar hasil yang baik dapat diperoleh.

Oleh sebab peneliti tertarik untuk menguji pengaruh variasi ketebalan plat dan waktu tekanan elektroda terhadap parameter pengelasan dalam proses las titik (*Spot Welding*) pada plat *mild steel*. Dalam pengujian ini, kekuatan hasil penyambungan pengelasan akan diuji menggunakan metode uji tarik (*Tensile Test*). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi ketebalan plat *mild steel* SS400 dan waktu pengelasan terhadap nilai kekuatan tarik yang dihasilkan oleh mesin *spot welding*.

DASAR TEORI

Proses pengelasan merupakan metode untuk menyatukan dua buah logam menjadi satu sambungan

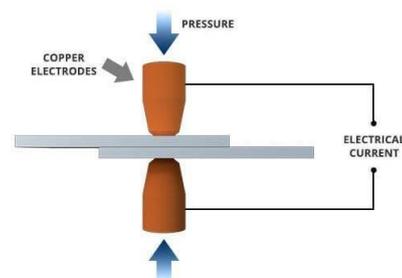
dengan melelehkan logam menggunakan pemanasan. Saat ini, terdapat banyak teknik dan inovasi dalam proses pengelasan yang sedang berkembang. Namun, masih terdapat beberapa masalah dan faktor yang mempengaruhi hasil pengelasan, baik dalam industri kecil maupun industri besar. Hal ini mendorong pengembangan efisiensi dalam industri tersebut.

Dalam beberapa penelitian sebelumnya yang dijadikan referensi, terdapat kesamaan dalam cara kerja, desain gambar, dan kelebihan-kelebihan yang berbeda-beda pada proses pengelasan. Pengelasan adalah teknik penyambungan logam dengan cara melelehkan dua bagian logam, yaitu logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa penggunaan logam penambah. Hasil dari proses pengelasan ini menghasilkan logam yang bersambungan secara kontinu (Siswanto, 2011). Menurut *Dutche Industrial Normen* (DIN), pengelasan adalah proses penyambungan dua atau lebih logam dengan melelehkan logam pengisi atau yang dikenal dengan istilah *brazing* atau *brazze welding* menurut standar AWS (*American Welding Society*). Dalam pengelasan, energi panas yang tinggi dibutuhkan untuk melelehkan logam pengisi pada sambungan. Jika diperlukan logam tambahan pada sambungan, logam tambahan juga harus meleleh, seperti pada penggunaan elektroda, agar logam induk membentuk tumpukan las. Panas yang dihasilkan pada saat pelelehan logam induk dan tambahan dapat mempengaruhi sifat dan struktur mikro pada logam. Sifat daerah sambungan las akan mengalami perubahan karena terpengaruh oleh panas, terutama pada daerah HAZ (Habibi et al., 2012).

Pengelasan merupakan ikatan logam paduan yang dilakukan dalam keadaan cair melalui proses metalurgi pada dua sisi sambungan logam. Definisi tersebut menunjukkan bahwa proses pengelasan melibatkan pengolahan logam pada beberapa batang logam menggunakan energi panas, baik dari aliran listrik maupun api dari pembakaran gas (Mizhar & Pandiangan, 2014).

Las Resistansi Listrik

Penyambungan resistansi listrik (*Resistance spot welding*) adalah teknik welding yang menggunakan sambungan *lap joint* (sambungan tumpang) dengan jenis las berupa titik. Untuk menghubungkan dua buah elektrodada yang berdekatan dengan mengalirkan arus listrik yang menyebabkan permukaan panas dan cair karena resistansi listrik sehingga kombinasi dua buah elektroda yang berlawanan menghasilkan titik las.



Gambar 1. Penyambungan resistansi listrik pada dua tumpukan logam (Eko, 2018).

Pengelasan tahanan titik atau *spot welding* adalah teknik pengelasan di mana suatu las diproduksi pada titik kontak antara elektroda-elektroda yang mengalirkan arus. Las yang dihasilkan memiliki luas yang sama dengan ujung elektroda dengan ukuran yang bervariasi. Gaya yang diberikan pada titik, biasanya melalui elektroda, diterapkan dalam proses pengelasan.

Pada pengelasan *resistance spot welding* terdapat empat tahapan waktu yang berlangsung, yaitu *squeeze time*, *weld time*, *hold time*, dan *off time*. Tahapan *squeeze time* adalah di mana elektroda menekan dan arus listrik dimulai. *Weld time* merupakan waktu dimana arus listrik mengalir. *Hold time* adalah waktu dimana penekanan masih terjadi, namun arus listrik sudah berhenti. *Off time* adalah waktu saat penekanan berakhir dan tidak ada arus listrik.

Las Titik

Las titik adalah suatu cara pengelasan yang menggunakan metode resistensi listrik dimana permukaan plat yang disambung ditekan satu sama lain dan pada saat yang sama arus listrik dialirkan sehingga permukaannya yang bersentuhan langsung menjadi panas dan mencair karena adanya resistensi listrik, waktu penekanan merupakan parameter yang penting untuk menentukan kualitas hasil las titik (Aji Santoso, 2021).



Gambar 2. Mesin las titik (*spot welding*) (Auki, 2022).

Standart Uji

Salah satu tolak ukur dalam melihat kualitas hasil pengelasan adalah ASME (*American Society of Mechanical Engineers*). ASME merupakan suatu organisasi standar bagi para insinyur mesin di Amerika yang meliputi multidisiplin dengan mencakup secara *global*. Penelitian bertujuan untuk mengetahui bagaimana kualitas pengelasan dari suatu *Welding Procedure Specification* (WPS) yang telah ditentukan. Proses kualifikasi WPS dan *Procedure Qualification Record* (PQR) dilakukan dengan membuat spesimen, melakukan pengelasan, pengujian, dan pemeriksaan hasil pengujian spesimen. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik untuk mengetahui tingkat kerusakan yang terjadi. Jenis pengujian dan jumlah spesimen mengacu pada standar ASME BPVC (*Boiler Pressure Vessel*) Section IX (Amelia Rahmatika, 2021).

Ukuran dimensi spesimen untuk pengujian tarik sesuai dengan standar uji *ASME IX Welding and Brazing Qualifications* adalah panjang 100 mm, lebar 25 mm, dan tebal plat 1,2 mm.

Pengujian Tarik

Kekuatan tarik merupakan sifat mekanik yang sangat penting dalam perancangan konstruksi dan proses manufaktur. Pengujian tarik memiliki fungsi untuk

mengetahui tingkat kekuatan suatu material dan karakteristik pada material. Uji Tarik (*Tensile Test*) adalah salah satu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan (*tensile strength*) material dengan menarik material yang sesumbu dan diberikan secara cepat atau lambat sampai material putus atau mengalami kerusakan. 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 "*Ultimate Tensile Strength*" (*UTS*) ataupun lebih sering disebut dengan tegangan tarik maksimum. 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 (mm²)

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 dengan menggunakan Plat *Mild Steel SS 400* dengan tebal 1 mm dan 1,2 mm yang masing – masing menggunakan variasi waktu tekan 3 detik dan 6 detik, pengujian tarik dan selesai.

- 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..
- Pembuatan spesimen uji pada plat *mild steel SS 400* ketebalan 1 mm dan 1,2 mm dengan menggunakan standart ASME IX.
- Pada proses pengelasan terdapat proses pengelasan titik titik (*spot welding*) dengan menggunakan spesimen plat *mild steel SS400* yang masing – masing proses pengelasan menggunakan, variasi waktu 3 detik dan 6 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*.



Gambar 3. Diagram Alir

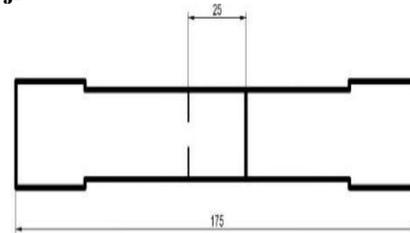
Jenis Penelitian

Menurut Sugiyono (2019, hal. 2), metode penelitian adalah suatu pendekatan ilmiah yang digunakan untuk memperoleh data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Oleh karena itu, dalam melakukan penelitian, penting untuk menggunakan metode penelitian yang sesuai guna memperoleh data yang akan diteliti. Metode penelitian ini mencakup aspek waktu penelitian, jenis penelitian, pengumpulan data, dan teknik analisis data.

Pada awal penelitian ini, digunakan metode penelitian eksperimental. Penelitian eksperimental merupakan penelitian yang dilakukan dengan pendekatan saintifik dan melibatkan dua set variabel. Set pertama bertindak sebagai konstanta yang digunakan untuk membandingkan perbedaan dengan set kedua. Metode penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian kuantitatif.

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah statistik kuantitatif. Sugiyono (2019, hal. 17) mendefinisikan penelitian kuantitatif sebagai metode penelitian yang didasarkan pada filsafat positivisme, digunakan untuk mengkaji populasi atau sampel tertentu, menggunakan instrumen penelitian untuk pengumpulan data, dan menganalisis data secara kuantitatif/statistik dengan tujuan menguji hipotesis yang telah ditetapkan. Dalam statistik kuantitatif, digunakan untuk memberikan jawaban sementara terhadap rumusan masalah dengan membandingkan komparasi antara dua atau lebih variabel penelitian. Data yang terkumpul dianalisis dengan menghitung rata-rata dan persentase, sehingga dapat memberikan gambaran tentang hasil pengujian secara statistik. Hasil analisis tersebut kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik yang menggambarkan hasilnya. Selanjutnya, data yang telah dikumpulkan dijelaskan dalam kalimat-kalimat yang mudah dimengerti dan dapat mewakili jawaban terhadap permasalahan yang sedang diteliti.

Benda Uji



Gambar 4. Ukuran Spesimen Uji

Benda uji pada penelitian ini adalah dengan menggunakan plat *mild steel* SS 400 yang mempunyai ketebalan 1 mm dan 1,2 mm. Pembentukan benda uji menggunakan standart *ASME IX*, lebih detail ukuran spesimen ditunjukkan pada Gambar 4.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pembentukan Spesimen

Proses pembuatan spesimen dengan pemotongan berupa plat menjadi benda uji (spesimen) yang akan di gunakan dalam pengujian tarik oleh peneliti yaitu dengan standar *ASME IX*. Untuk hasil yang presisi proses pemotongan plat yaitu dengan menggunakan mesin CNC plasma.



Gambar 5. Pemotongan Plat Spesimen dengan CNC

Proses Pengelasan

Pengelasan dilakukan dengan menggunakan mesin las titik (*spot welding*). Proses pengelasan dimulai dengan metode *lap joint*, di mana plat ditempatkan secara

bertumpuk. Tahap pertama pengelasan dilakukan menggunakan plat dengan ketebalan 1 mm, dengan penekanan las *spot welding* selama 3 detik dan 6 detik. Tahap kedua pengelasan menggunakan plat dengan ketebalan 1,2 mm, dengan lama waktu penekanan las *spot welding* selama 3 detik dan 6 detik. Dalam proses ini, terdapat 3 spesimen yang digunakan untuk setiap ukuran plat dan lama waktu penekanan yang berbeda.



Gambar 6. Proses pengelasan dengan las titik (*spot welding*)

Hasil Pengambilan Data

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bahwa pengaruh variasi tebal plat 1 mm dengan variasi waktu 3 detik memperoleh hasil nilai yaitu sebesar 23,30 MPa dan waktu 6 detik memperoleh hasil nilai yaitu sebesar 28,14 MPa. Kemudian, hasil tegangan tarik dari masing – masing spesimen dapat dilihat pada Tabel I dan Tabel II.



Gambar 7. Mesin Uji Tarik

TABEL I

Data Perhitungan Beban Maksimum dengan tebal plat 1 mm

Waktu	Spesimen	m (kg)	F (N)	σ (MPa)	Rata – Rata σ
3 detik	1	38,00	372,40	29,65	23,30
	2	27,00	264,60	21,07	
	3	24,60	241,08	19,19	
6 detik	1	43,40	425,32	33,86	28,14
	2	35,80	350,80	27,93	
	3	29,00	284,20	22,63	

TABEL II

Data Perhitungan Beban Maksimum dengan tebal plat 1,2 mm

Waktu	Spesimen	m (kg)	F (N)	σ (MPa)	Rata – Rata σ
3 detik	1	23,60	231,28	18,41	21,69
	2	39,60	390,04	31,05	
	3	20,00	196,00	15,61	
6 detik	1	30,00	294,00	23,41	24,60
	2	28,80	282,24	22,47	
	3	35,80	350,84	27,93	

Pada keterangan perhitungan tegangan tarik dari tabel 1 diatas tersaji bahwa hasil tegangan tarik dari uji spesimen plat *mild steel* SS400 tebal 1 mm dengan proses lama penekanan pengelasan 3 detik di dapat hasil rata-rata sebesar 23,30 N/mm², dan tebal plat 1 mm dengan proses pengelasan 6 detik didapatkan hasil rata-rata sebesar 28,14 N/mm².

Pada keterangan perhitungan tegangan tarik dari tabel II diatas tersaji bahwa hasil tegangan tarik dari uji spesimen plat *mild steel* SS400 tebal 1,2 mm dengan proses lama penekanan pengelasan 3 detik di dapat hasil rata-rata sebesar 21,96 N/mm², dan tebal plat 1,2 mm dengan proses pengelasan 6 detik didapatkan hasil rata-rata sebesar 24,60 N/mm².

Pembahasan



Gambar 8. Grafik rata-rata tegangan plat

Berdasarkan hasil rata-rata tegangan variasi tebal plat dan variasi waktu pada tabel I dan II dapat di buat grafik sesuai pada Gambar 8. Dari grafik rata-rata tegangan variasi tebal plat 1 mm dan 1,2 mm dengan lama waktu penekanan 3 detik dan 6 detik, menggunakan mesin las *spot welding* dapat diketahui tegangan paling tinggi nilainya yaitu tebal plat 1 mm dengan lama waktu penekanan 6 detik dengan nilai tegangan sebesar 28,14 N/mm², dan nilai yang paling rendah terdapat pada tebal plat 1,2 mm dengan lama waktu penekanan 3 detik yaitu dengan nilai tegangan sebesar 21,69 N/mm².

SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan berdasarkan perhitungan dan analisa data uji spesimen plat *mild steel* SS400 dengan tebal 1 mm dan 1,2 mm dengan variasi waktu pengelasan 3 detik dan 6 detik menggunakan mesin las titik (*spot welding*), maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil menunjukkan bahwa pengaruh tebal plat mempengaruhi tegangan tarik. Pada tebal plat 1 mm lebih baik dari pada tebal plat 1,2 mm dengan masing masing nilai tegangan tarik 28,14 MPa dan 24,60 MPa.
2. Waktu penekanan pengelasan sangatlah berpengaruh terhadap kekuatan hasil las terhadap spesimen pada proses pengelasan menggunakan mesin spot welding, Pada proses penekanan dengan waktu 6 detik lebih baik dari pada waktu penekanan 3 detik dengan masing masing nilai tegangan tarik 28,14 MPa dan 23,30 MPa.

REFERENSI

1. Achmadi. Pengertian Pengelasan *OAW Oksigen Asetilen Welding* Adalah Beserta Gambar dan Peralatannya. 2020.
2. Aji, S. Diagram Uji Tarik (Tugas Mata Kuliah Mekanika Teknik II). 2016; 1.
3. Auki, R. Analisa Hasil Pengelasan Las Titik Pada Mesin *Spotwelder And Soldering Iron Semi Portable*. 2022; viii-ix.
4. Eko Nugroho, U. S. Analisis Pengaruh Ketebalan Plat Baja Karbon Rendah Dan Lama Penekanan Pada Pengelasan Titik (*Spot Welding*) Terhadap Nilai Kekuatan Tarik. 2018.
5. Fitrah1, M. A. Analisis Cacat Las Hasil Pengelasan Kombinasi. 2021; 1.
6. Ghany Heryanal, A. S. Analisa Kegagalan Pembacaan Jumlah Titik Pada *Spot Welding* Dan Solusinya Secara Otomasi Di PT. Summit Adyawinsa Indonesia. 2008; 48-53.
7. Heryana, G. Analisa Kegagalan Pembacaan Jumlah Titik Pada *Spot Welding* Dan Solusinya. 2018; 49.
8. Ir. Imam Pujo M, I. S. Analisis Kekuatan Sambungan Las *SMAW (Shielded Metal Arc)*. 2012; 104.
9. Kurniawan, W. T. Pengaruh Rasio Tebal Plat Dan Tegangan Listrik. 2011; 19-20.
10. Kusnu Sutedy, S. Prinsip Kerja Las Busur Listrik Manual. 2020; 3.
11. M.Arief Sahrevy, M. D. Analisa Pengaruh Kuat Arus Dan Waktu Las Pada Proses Las Titik (*Resitansi Spot Welding*) Terhadap Kekuatan Tarik Pada Hasil Sambungan Las Pelat SS400. 2021.
12. Masyrukan. Penelitian Sifat Fisis Dan Mekanis Baja Karbon Rendah Akibat Pengaruh Proses Pengarbonan Dari Arang Kayu Jati. 2006.
13. Prastiwi, A. R. Analisa Pengaruh Variasi Ketebalan Plat Terhadap Kekuatan Tarik Pada Sambungan *Las Butt Joint Mild Steel SS400*. 2019; 39.
14. Rahmatika, A. Pengujian Merusak Pada Kualifikasi Prosedur Las Plat Baja Karbon SA-36. 2021; 24.
15. Santoso, A. Pengaruh Variasi Waktu Tekan Terhadap Kekuatan Geser. iv. 2021; 44.
16. Sugiyono. Pengaruh kepemimpinan kepala sekolah dan biaya pendidikan terhadap kualitas proses belajar mengajar dan dampaknya dengan kompetensi lulusan SMK di Kabupaten Gunungkidul. 2019.
17. Surdia, T. Pengetahuan Bahan Teknik. Edisi 2. PT. Pradaya Pramata. Jakarta. 1995.
18. Swanto. Konsep Dasar Teknik Las (Teori Dan Praktik). Jakarta: PT. Prestasi Pustakarya. 2011.