

## PENGARUH TEKANAN TERHADAP UMUR ELEKTRODA PADA PROSES LAS TITIK UNTUK MATERIAL *FLOW THROUGH HEATER*

Nurul Fadilah<sup>1\*</sup>  
Tian Havwini<sup>2</sup>  
Hendra Butar Butar<sup>3</sup>  
Andrew W.P Mantik<sup>1</sup>  
Ebeng Sugondo<sup>4</sup>  
Aulia Putri Siregar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Perawatan Pesawat Udara Politeknik Negeri Batam

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Batam

<sup>3</sup>Program Studi Teknologi Rekayasa Pengelasan dan Fabrikasi  
Politeknik Negeri Batam

<sup>4</sup>Program Studi Teknologi Rekayasa Metalurgi Politeknik Negeri Batam  
Jalan Ahmad Yani, Tlk.Tering Kec.Batam Kota, Kota Batam Kepulauan Riau 29461 Indonesia

### Abstract

The pressure supplied to the electrode has a direct impact on the quality of the weld joint, making it one of the aspects that significantly affects the spot-welding process. The electrode's short lifespan is a major problem in resistance spot welding for high-volume vehicle manufacturing since the electrode component is crucial to the spot-welding process. The Work Instruction specifies the electrode's parameters, which include an energy storage of 209 V and an air pressure of  $0.25 \pm 0.05$  MPa. A charge voltage of 178 V is used throughout the welding process, with a squeeze of 9–12 seconds and a compress duration of 12 seconds. The holder holds the electrode along a length of 21 mm, with the upper and lower electrodes separated by 12 mm. The relative humidity is 70% and outside temperature is 30°C. 400-grit sandpaper is used to clean the electrode surface following 500 welds. An investigation of how electrode pressure affects electrode longevity during spot welding was carried out. The study used SolidWorks software's static and fatigue simulation techniques, modified for field circumstances. The pressing force applied to the electrode and its effect on electrode longevity were examined using this program. With a damage percentage of just 0.002%, the results demonstrated that a pressure of 0.25 MPa had no discernible effect on electrode degradation within 2100 cycles. Under this pressure, the electrode may last up to 100,000,000 cycles before failing. The study's findings indicate that the pressing process has little effect on electrode longevity.

### Keywords:

Electrode., Lifetime., Spot welding., Solidworks simulation

### Abstrak

Salah satu faktor yang sangat mempengaruhi proses las titik, yaitu tekanan terhadap elektroda, karena akan secara langsung mempengaruhi kualitas sambungan pada pengelasan. Komponen elektroda sangat penting dalam metode pengelasan titik, sehingga umur pakai elektroda yang pendek menjadi masalah krusial dalam pengelasan titik resistansi pada manufaktur mobil bervolume tinggi. Parameter yang digunakan dalam menggunakan elektroda ini tercantum dalam *Work Instruction*, dengan *Energy Storage* 209 V dan *Air Pressure*  $0.25 \pm 0.05$  MPa. Pada proses pengelasan menggunakan *charge voltage* 178 *squeeze* 9-12s dan *compress* 12. Jarak antara elektroda atas dan bawah 12mm, *holder* akan menjepit elektroda sepanjang 21mm. Suhu ruangan 30°C, kelembapan udara Rh70. Jika pengelasan sudah 500 kali, elektroda diampas permukaannya menggunakan kertas pasir 400 CW. Adapun penelitian yang dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh penekanan pada elektroda terhadap masa pakai dalam proses pengelasan titik. Pada penelitian yang dilakukan pengujinya akan menggunakan metode simulasi *static* dan *fatigue* pada *software solidworks* dan telah disesuaikan dengan kondisi dilapangan, penggunaan *software* ini digunakan untuk melihat gaya tekan yang diberikan pada elektroda yang dapat mempengaruhi umur dari elektroda. Hasil penelitian sudah dilaksanakan menunjukkan bahwa tekanan sebesar 0,25 MPa tidak berdampak signifikan pada kerusakan elektroda dalam 2100 siklus karena persentase kerusakan yang didapat sebesar 0,002% serta siklus pakai yang didapatkan dengan tekanan tersebut bisa mencapai 100.000.000 untuk bisa membuat elektroda tersebut rusak. Berdasarkan hasil penelitian, disimpulkan bahwa umur pakai elektroda tidak dipengaruhi secara signifikan oleh proses penekanan.

### Kata Kunci:

Elektroda., Umur pakai., Las titik., Uji simulasi *Solidworks*

**Citation in APA Style:** Fadilah, N., Havwini, T., Butar Butar, H., Mantik,A,W,P., Sugondo, E & Siregar, A,P.(2025). Pengaruh tekanan terhadap umur elektroda pada proses las titik untuk material *flow through heater*. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, 7(2), 24-33.

**\*Corresponding author:**

Nurul Fadilah, Politeknik Negeri Batam, Jalan Ahmad Yani, Tlk.Tering Kec.Batam Kota, Kota Batam Kepulauan Riau 29461 Indonesia  
Email: [nurulfadilah@polibatam.ac.id](mailto:nurulfadilah@polibatam.ac.id)

## 1. PENDAHULUAN

Pengelasan titik atau dalam istilah ilmiah dikenal dengan resistance spot welding (RSW) telah menjadi metode yang sangat berguna untuk menggabungkan logam sejenis (*similar*) maupun berbeda jenis (*dissimilar*) dengan cepat dan efisien. Namun, pengelasan bahan dissimilar seperti logam dengan logam yang tidak sama, metode ini dapat menjadi lebih sulit dan kompleks. Proses pengelasan dissimilar ini dikenal sebagai pengelasan bahan yang tidak seragam atau *dissimilar material welding* (*Las Titik, n.d.*).

Proses las titik (*resistance spot welding*) atau RSW merupakan salah satu metode penyambungan logam yang paling umum digunakan dalam suatu industri manufaktur, terutama dalam sektor otomotif dan peralatan rumah tangga (*Siswadi et al., 2024; Stavropoulos & Sabatakakis, 2024a*). Meskipun RSW ini dianggap sebagai metode pengelasan konvensional, terdapat beberapa faktor keunggulan menggunakan metode ini yaitu elektroda yang tidak habis terpakai, tidak memerlukan gas pelindung atau fluks, desain yang lebih sederhana, pengoperasian pada alat yang mudah, kecepatan pengelasan yang tinggi, dan karakteristik proses pengelasan yang mudah disesuaikan di lapangan. Faktor-faktor ini yang membuat RSW sangat cocok untuk proses pengelasan secara otomatis pada produksi manufaktur untuk skala besar atau dengan kecepatan tinggi (*Stavropoulos & Sabatakakis, 2024b*).

Proses pengelasan titik ini, secara teknis akan memanfaatkan tekanan secara mekanis dan arus listrik yang tinggi untuk menggabungkan dua atau lebih lapisan logam melalui pembentukan titik las di antara elektroda tembaga. Pada pengelasan titik (*spot welding*) banyak sekali faktor-faktor yang menyebabkan baik buruknya kualitas dari sebuah lasan, diantaranya yaitu besar arus yang digunakan, waktu pengelasan, jenis elektroda yang dipakai, jenis spesimen, tekanan, jenis material dan ketebalan dari material yang akan di las. Salah satu komponen penting dalam proses ini adalah elektroda, yang secara langsung akan mempengaruhi kualitas sambungan dan efisiensi produksi. Salah satu faktor pengelasan yang mempengaruhi adalah penekanan terhadap elektroda karena tekanan yang tidak sesuai dapat menimbulkan percikan, deformasi elektroda, hingga penurunan kualitas sambungan pengelasan. Oleh karena itu, penting dilakukan studi tentang pengaruh tekanan terhadap umur pakai elektroda agar proses pengelasan lebih efektif dan efisien.

Pada Elektroda biasanya dirancang untuk membatasi penyerapan hidrogen selama proses pengelasan. Hidrogen merupakan salah satu penyebab utama keretakan dingin (*cold cracking*) pada material baja karbon sedang, terutama di daerah *Heat Affected Zone* (HAZ), karena dapat menyebabkan tekanan internal yang tinggi di dalam struktur mikro (*Yasinta et al., 2025*). Salah satu faktor utama yang memengaruhi umur pakai elektroda adalah tekanan yang diberikan selama proses pengelasan. Tekanan ini berfungsi untuk memastikan kontak yang baik antara elektroda dan material kerja, serta mendukung pembentukan inti las (*weld nugget*) yang optimal. Namun, tekanan yang terlalu rendah dapat menyebabkan percikan api dan pembentukan inti las yang tidak sempurna, sedangkan tekanan yang terlalu tinggi dapat mempercepat deformasi dan ausnya elektroda. Dalam konteks material *flow through heater*, yang biasanya terbuat dari logam paduan seperti *stainless steel* atau paduan logam lainnya, pengaruh tekanan terhadap keausan elektroda akan menjadi lebih kompleks dan membutuhkan perhatian khusus.

Oleh karena itu, penelitian yang akan dilakukan yaitu pengaruh variasi tekanan pada proses las titik terhadap umur pakai elektroda pada material *flow through heater* (FTH) dengan tujuan untuk mengidentifikasi kondisi optimal yang dapat memperpanjang masa pakai elektroda, sekaligus menjaga kualitas pada sambungan hasil dari las-lasan.

## 2. STUDI PUSTAKA

Las titik (RSW) merupakan teknik penyambungan yang banyak digunakan dan hemat biaya untuk menggabungkan komponen baja (*A. Purkuncoro & Taufik, 2020*). Namun, penerapannya pada logam paduan menghadapi tantangan karena keausan elektroda yang terjadi dengan cepat. Selama proses RSW, partikel dari logam paduan pada permukaannya untuk lembaran logam mengakibatkan terjadinya tumpukan pada elektroda, yang kemudian membentuk senyawa intermetalik yang rapuh. Senyawa ini pada akhirnya akan pecah, menyebabkan erosi, lubang (*pitting*), dan degradasi permukaan elektroda, yang berdampak negatif terhadap kualitas sambungan pengelasan (*Nikitin et al., 2025*). Salah satu tantangan utama dalam

proses ini adalah degradasi elektroda yang dapat mempengaruhi kualitas sambungan dan efisiensi produksi. Dalam proses RSW, dua bagian yang akan disambung diposisikan saling tumpang tindih, kemudian ditekan bersama menggunakan elektroda tembaga dengan gaya elektroda secara tertentu. sambungan pada las terbentuk ketika arus listrik yang tinggi dialirkan ke dalam lembaran melalui elektroda, dan pasangan sambungan dipanaskan melalui proses pemanasan pada antarmuka sambungan. Semakin tinggi resistansi, maka semakin besar panas yang dihasilkan.

Dalam industri, sambungan antar material yang berbeda (*mixed material joints*) menjadi perhatian besar, terutama pada konstruksi desain multi-material, di mana berbagai jenis material digabungkan untuk memanfaatkan keunggulan masing-masing sesuai aplikasinya. Namun, mengelas sambungan material campuran sangat menantang karena perbedaan signifikan dalam komposisi kimia, sifat fisik dari material yang disambung, serta fenomena metalurgi yang terkait (Epperlein et al., 2025; Jagodang Harahap, 2022). Teknis penggunaannya pengelasan ini memiliki keunggulan yaitu elektroda yang tidak habis terpakai, tidak memerlukan gas pelindung atau fluks, desain yang lebih sederhana, pengoperasian pada alat yang mudah, kecepatan pengelasan yang tinggi, dan karakteristik proses pengelasan yang mudah disesuaikan di lapangan (Stavropoulos & Sabatakakis, 2024b). Faktor-faktor seperti tekanan elektroda, arus listrik, waktu pengelasan, dan suhu berperan penting dalam menentukan umur pakai elektroda. Berikut gambar mesin RSW :



**Gambar 1.** Mesin RSW

Ukuran bongkah dan kekuatan geser pada pelat dalam proses pengelasan titik dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti pemanasan pengelasan dan geometri elektroda. Proses RSW pada material yang berbeda antara baja karat dan aluminium memiliki karakter dan sifat yang unik. Kenaikan arus tidak selalu diikuti dengan kenaikan tegangan tarik geser yang terjadi. Pada saat penggunaan arus 70 A dan waktu pengelasan selama 4 detik akan menghasilkan sambungan las titik yang memiliki kuat tarik geser 190.920 kN/mm<sup>2</sup>, kondisi ini dapat terjadi karena adanya perbedaan titik leleh dan konduktivitas termal pada masing-masing bahan (Amin et al., n.d.).



**Gambar 2.** Elektroda pada Mesin *Spot Welding*

Tekanan elektroda yang diterapkan selama proses las titik memiliki pengaruh signifikan terhadap umur pakai elektroda. Penelitian yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa pada pengelasan baja karbon rendah dengan elektroda tembaga (Cu), tekanan sebesar 5 bar menghasilkan suhu sekitar 710 °C dan memungkinkan penggunaan elektroda hingga 300 titik las sebelum terjadi degradasi signifikan. Namun, suhu di atas 900 °C menyebabkan penurunan drastis pada umur elektroda karena perubahan mikrostruktur dan

komposisi permukaan elektroda . Umur elektroda yang pendek telah menjadi salah satu masalah krusial untuk pengelasan titik resistansi aluminium di manufaktur mobil bervolume tinggi ([Lubis et al., 2020](#)). Dalam konteks material *Flow Through Heater* (FTH), yang sering digunakan dalam aplikasi pemanas aliran fluida, kualitas sambungan las titik sangat kritis untuk memastikan efisiensi termal dan keandalan sistem. Namun, hingga saat ini, penelitian mengenai pengaruh tekanan terhadap umur pakai elektroda pada proses las titik untuk material FTH masih terbatas. Oleh karena itu, dilakukan pengujian dengan menggunakan *fitur static* dan *fatigue* pada *solidworks simulation* untuk mendapatkan nilai kelelahan elektroda pada siklus pengelasan *spot welding* yang berkala. Sebagaimana yang umum diketahui bahwa bongkar muat yang berulang-ulang akan melemahkan benda dari waktu ke waktu bahkan ketika tegangan yang diinduksi jauh lebih kecil daripada batas tegangan yang diijinkan. Fenomena ini dikenal sebagai kelelahan (*Fatigue*). Setiap siklus fluktuasi tegangan melemahkan objek sampai batas tertentu. Setelah beberapa siklus, objek menjadi sangat lemah sehingga gagal. Kelelahan adalah penyebab utama kegagalan banyak benda, terutama yang terbuat dari logam.

Dalam beberapa tahun terakhir, pengelasan bahan yang tidak seragam telah menjadi lebih penting karena penggunaan material yang berbeda dalam pembuatan struktur kendaraan, pesawat terbang, dan aplikasi industri lainnya ([A. Purkuncoro & Taufik, 2020](#)). Namun, pengelasan bahan yang tidak seragam memerlukan pemahaman yang lebih mendalam tentang sifat material dan teknik pengelasan yang tepat (Las Titik, n.d.). Penelitian yang telah dilaksanakan menyatakan bahwa penggunaan resistance spot welding untuk menggabungkan logam tiga lapis memiliki pengaruh dari beberapa parameter pengelasan seperti tegangan listrik dan waktu pengelasan terhadap sifat fisik dan mekanik sambungan las logam dengan gaya penekanan elektroda dalam penelitian ini dibuat seragam, dengan hasil bahwa tegangan dan waktu pengelasan sangat berpengaruh terhadap sifat fisik material dan tidak berpengaruh terhadap penekanan pada elektroda ([Haikal, 2021](#); [Harahap et al., 2025](#)). Penelitian lain yang sudah dilakukan menggunakan proses RSW pada paduan aluminium dengan menggunakan mesin las konvensional memiliki kemampuan kinerja yang terbatas (yaitu gaya elektroda dan arus pada las yang rendah) menyebabkan umur elektroda yang kurang baik dan menghasilkan kualitas las yang buruk.

Elektroda standar pada tipe R100 menunjukkan adanya gejala degradasi setelah siklus las dilakukan ([Brechelt et al., 2023](#)). Selain itu penelitian yang pernah dilakukan menunjukkan bahwa tantangan utama dalam proses RSW ini adalah umur elektroda yang singkat karena erosi dan pembentukan lelehan pada permukaan elektroda, terutama anoda. Penelitian yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa monitoring resistansi selama proses pengelasan dapat menjadi indikator efektif untuk mendeteksi awal mula kerusakan pada elektroda. Pengontrolan pada proses ini berujung pada pembentukan daerah HAZ yang memperburuk kualitas sambungan dan mempercepat keausan elektroda. Oleh karena itu, diperlukan strategi pemantauan dan perawatan elektroda yang tepat waktu, salah satunya dengan membersihkan elektroda setelah proses pengelasan ke-40 hingga ke-60 untuk mencegah kerusakan lebih lanjut ([Nikitin et al., 2025](#)). Penelitian lainnya yang melakukan uji simulasi, menyatakan bahwa proses RSW pada lembaran baja tiga lapis dengan ketebalan yang tidak sama akan menghadirkan tantangan besar dalam mensimulasikan pembentukan lelehan las dan perilaku sinyal proses secara akurat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa simulasi yang telah dioptimasi memiliki kecocokan yang sangat baik dengan data pengukuran.walaupun secara simulasi, penelitian yang terintegrasi ini menawarkan solusi yang sangat praktis dan efisien secara data untuk meningkatkan simulasi RSW dalam skenario pengelasan multi-lapis([Sifa et al., 2019](#)). Penelitian lainnya tentang proses RSW yaitu waktu penekanan dengan variasi tekan 10 detik, 15 detik, dan 20 detik dengan hasil kekuatan tarik/geser terbesar terjadi pada waktu penekanan 20 detik yaitu 45,073 Kgf/mm<sup>2</sup>. Dari hasil pengujian uji struktur mikro menunjukkan bahwa variasi waktu penekanan pengelasan menyebabkan terjadinya rekristalisasi pada daerah las dan daerah pengaruh panas yang mengakibatkan cepat ausnya pada elektroda ([A. E. Purkuncoro & Taufik, 2020](#)).

Dengan beberapa rujukan sumber yang telah ada maka, penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis pengaruh pemberian tekanan elektroda terhadap umur pakai elektroda dalam proses las titik pada material *Flow Through Heater* (FTH)([Sifa et al., 2019](#)). Dengan memahami hubungan ini, diharapkan dapat dikembangkan parameter pengelasan yang optimal untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan sambungan pada aplikasi FTH. Penelitian ini dibatasi pada uji simulasi yang berfokus pada proses penekanan tanpa ada pengaruh thermal yang dilakukan elektroda bagian atas serta material elektroda yang digunakan terbuat dari *Tungsten-Copper*.

### 3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh tekanan terhadap umur pakai elektroda pada proses las titik untuk material *Flow Through Heater* (FTH). Adapun

penjelasan masing-masing tahapan dijelaskan pada paparan berikut.

### 3.1. Studi Lapangan

Pergantian elektroda dilakukan oleh teknisi yang bertugas mendampingi line produksi dengan mencatat form yang dinamakan *adjustment record*, dalam pergantian ini dilakukan dengan membalikkan posisi elektroda, sementara untuk pergantian elektroda yang baru di control tim *sparepart* dan di record dengan menggunakan form monitoring elektroda.

### 3.2. Studi Literatur

Studi literatur merupakan penelitian yang dilakukan dengan cara menelaah berbagai kajian perpustakaan yang diperlukan dalam penelitian. Pada tahap ini, kegiatan yang dilakukan adalah mencari referensi jurnal untuk penjelasan mengenai pengujian yang dilakukan serta tutor penggunaan fitur *static* dan *fatigue* pada *solidwork simulation*. Pada pengujian ini melihat *lifetime elektroda* menggunakan hasil akhir dari simulasi *fatigue* berupa *life plot* dan *damage percentage*. *Life plot* menggambarkan jumlah siklus yang menyebabkan kegagalan pada suatu lokasi model (yaitu titik simpul mesh). Sebagai contoh, *life plot* dapat menunjukkan titik simpul tertentu dengan nilai 150.000. Ini berarti titik tersebut dapat menahan 150.000 siklus sebelum mengalami kegagalan. *Life plot* hanya tersedia ketika satu kejadian didefinisikan untuk analisis. *Damage percentage* menggambarkan persentase kerusakan di lokasi model. Nilai satu menunjukkan bahwa kejadian kelelahan yang ditentukan menghabiskan 100 persen umur model dan akan mengalami keretakan di lokasi tersebut setelah jumlah siklus tertentu.

### 3.3. Pengumpulan Data Perawatan dan Tekanan pada Elektroda

Elektroda adalah benda yang digunakan untuk melakukan pekerjaan pengelasan listrik. Fungsi dari elektroda itu sedniri adalah sebagai pembakar yang menimbulkan busur menyala dan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu elektroda polos dan elektroda berselaput. Untuk perawatan elektroda akan di *surface* kedua permukaannya setiap pergantian *shift* sebanyak 0,5 mm jika elektroda tidak ada mengalami perubahan bentuk atau kemiringan yang begitu jauh dari dimensi awalnya. Namun jika dalam 1 *shift* didapatkan permukaan elektroda mengalami kemiringan yang sangat jauh akan dilakukan pembuatan ulang dimensi seperti awal yang dimana akan membuang 1-2mm Panjang elektroda.

Parameter yang digunakan dalam menggunakan elektroda ini tercantum dalam *Work Instruction*, dengan *Energy Storage* 209 V dan *Air Pressure*  $0.25 \pm 0.05$  Mpa. Pada proses pengelasan menggunakan *charge voltage* 178 *squeeze (hold time)* 9-12s dan *compress* 12.

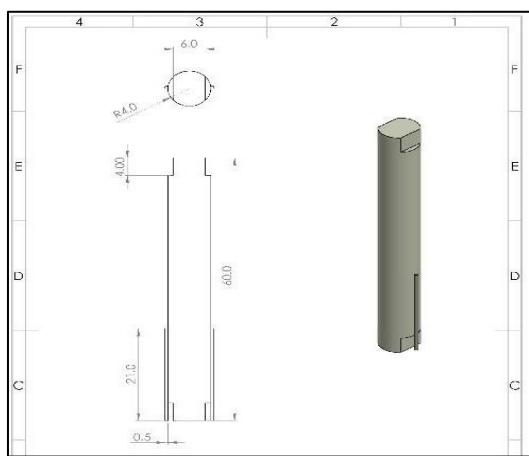
Jarak antara elektroda atas dan bawah 12mm, *holder* elektroda menjepit elektroda sepanjang 21mm. Suhu ruangan 30°C kelembaban udara Rh70. Jika pengelasan sudah 500 kali, elektroda diamplas permukaannya menggunakan kertas pasir 400 CW.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

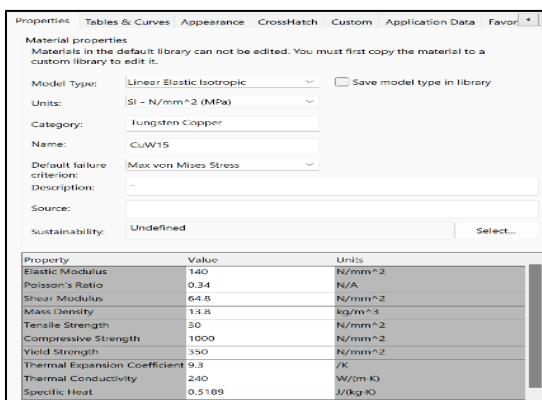
Penelitian ini menggunakan uji simulasi *static* dan *fatigue* pada software Solidworks untuk melihat apakah penekanan yang diberikan mempengaruhi umur pakai elektroda pada proses pengelasan titik.

### 4.1. Desain dan Edit Material

Karena material composite CuW15 tidak terdapat dalam *library* solidworks maka dilakukan input properti secara manual pada menu edit material. Pada tahap ini, diperlukan data dimensi elektroda secara akurat dan detail sesuai dengan desain dari PT penulis melakukan penelitian. Proses pemodelan geometri dapat dilakukan menggunakan *software* Solidworks 2024, yang dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4 di bawah ini.



**Gambar 3.** Elektroda Atas



**Gambar 4.** Katalog Material CuW15

#### 4.2. Analisa Static pada Elektroda

Pada simulasi *Static* ini berdasarkan penempatan elektroda pada mesin dengan dijepit *holder* sepanjang 21 mm dan diberikan gaya 0.25 MPa merupakan tekanan yang diberikan kepada elektroda yang memiliki ukuran diameter 8 mm. Berikut merupakan perhitungan tegangan yang dihasilkan pada elektroda.

Luas penampang elektroda dengan diameter 8 mm:

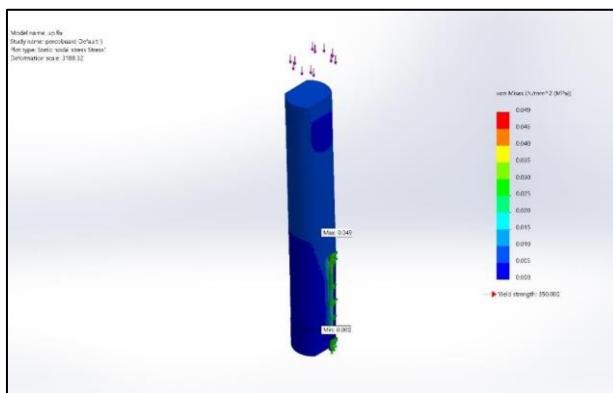
$$A = \frac{\pi x D^2}{4} \dots \dots \dots \quad (1)$$

$$A = \frac{\pi x^4}{64 mm^2} \dots \dots \dots (3)$$

Tegangan yang dihasilkan pada elektroda:

$$Tegangan (\sigma) = \frac{Gaya (f)}{Luas Penampang (A)} \dots \dots \dots (5)$$

$$Tegangan (\sigma) = \frac{f}{A} = \frac{0,25 N}{50,27 \times 10^{-6}} Pa \Rightarrow 0,00497 MPa = 0,00497 N/mm^2 \dots\dots (7)$$



**Gambar 5.** Stress pada Elektroda Atas

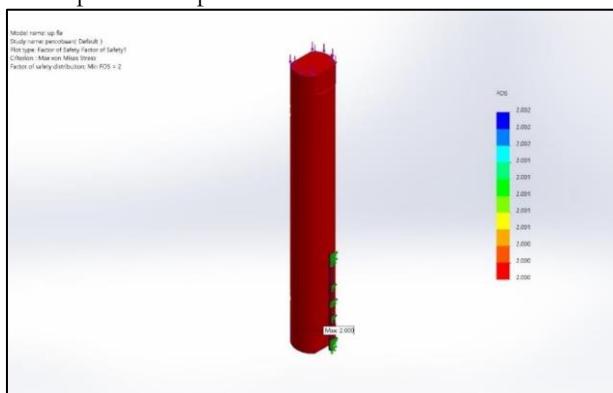
Nilai *Factor of Safety* (FoS) pada elektroda untuk FTH ini masih sangat aman dengan hasil FoS 2, karena Faktor Keamanan Beban Berulang (*Safety Factor for Repeated Loads*) adalah 2 hingga 3. Nilai FOS yang sangat tinggi menunjukkan bahwa tegangan yang diterapkan sangat kecil dibandingkan dengan kemampuan material menahan beban. Faktor keamanan yang praktis biasanya jauh lebih rendah, berkisar antara 1.5 hingga 3 untuk desain rekayasa yang umum. Dengan luas penampang  $50.27 \text{ mm}^2$  (1) maka beban maksimum yang dapat diberikan adalah sebesar:

$$P = \sigma x A \dots \quad (8)$$

$$P = 400 \frac{N}{mm^2} x 50.27 mm^2 \dots \dots \dots \quad (9)$$

$$P = 20108 \frac{nm}{N} \dots \quad (10)$$

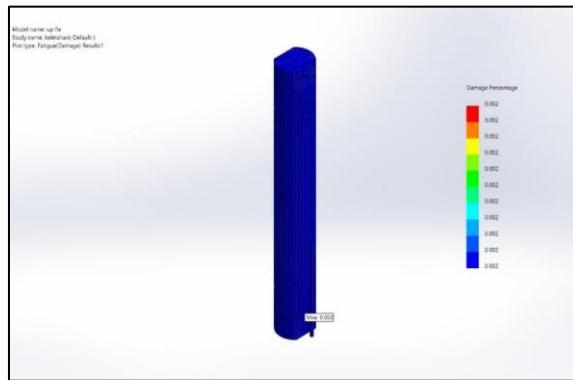
Nilai ini mengindikasikan bahwa material CuW15 jauh dari batas kegagalannya pada tegangan yang diberikan. Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini:



**Gambar 6.** FoS pada Elektroda Atas

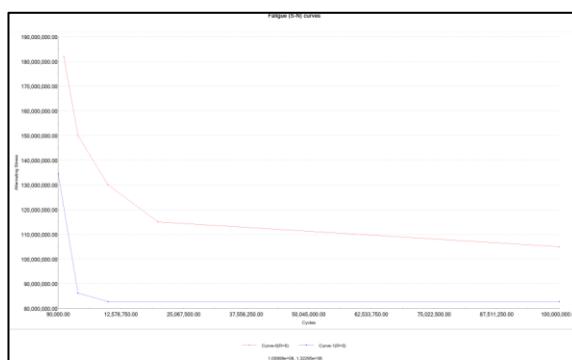
#### 4.3. Analisa *Fatigue* pada Elektroda

Dari hasil analisa simulasi *Fatigue* didapatkan bahwa persentase kerusakan sebesar 0.02% dan umur pakai pada 1000.000.000 siklus, di mana hasil ini didapatkan dari proses pengelasan sebanyak 2100 siklus (dihitung dari jumlah pengelasan 1 shift). Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 7 dan Kurva S-N dapat dilihat pada Gambar 8 di bawah ini:



Gambar 7. *Damage Percentage* pada Elektroda Atas

Kurva S-N mendefinisikan nilai tegangan bolak-balik versus jumlah siklus menuju kegagalan pada rasio tegangan tertentu :

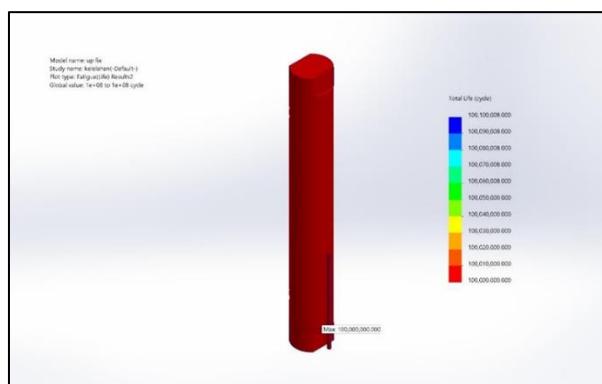


Gambar 8. Kurva S-N CuW15

Dengan asumsi  $N_f = 10^7$  siklus (karena tegangan sangat rendah, jumlah siklus hingga kegagalan akan sangat tinggi,

$$D = \frac{n}{N_f} = \frac{2100}{10^7} = 2.1 \times 10^{-4}$$

Ini menunjukkan bahwa material mengalami sekitar 0.0021% dari total *life cycle* sebelum mengalami kegagalan. Tegangan yang sangat rendah seperti ini menyebabkan kerusakan yang sangat kecil, sehingga material masih jauh dari kegagalan. Hasil simulasi *life cycle* dapat dilihat pada Gambar di bawah ini:



Gambar 9. *Life Cycle* pada Elektroda Atas

Dengan tegangan sangat rendah, siklus hingga kegagalan pada CuW15 diperkirakan sangat besar, misalnya  $\approx 10^7$  siklus. Untuk tegangan 0.0497 dengan 2100 siklus: *Life cycle* hingga kegagalan diperkirakan sangat tinggi, sekitar 107 siklus Material CuW15 pada tegangan ini jauh dari kegagalan setelah 2100 siklus.

## 5. SIMPULAN

Dari pengujian elektroda ini ditemukan bahwa tekanan sebesar 0,25 MPa tidak berdampak secara signifikan terhadap kerusakan elektroda dalam 2100 siklus karena persentase kerusakan yang didapat hanya sebesar 0.002%, serta *life cycle* yang didapatkan dengan tekanan tersebut bisa mencapai 100.000.000 siklus untuk membuat elektroda tersebut mengalami kerusakan. Hal ini menunjukkan bahwa proses penekanan terhadap elektroda tidak berpengaruh besar pada umur pakai elektroda dengan parameter yang ada. Berdasarkan hasil studi lapangan juga didapatkan bahwasannya pemakaian elektroda bisa sangat boros, dikarenakan proses penggunaan pada permukaan menggunakan mesin milling setiap pergantian *shift* yang terjadi. Jika operator tidak melakukan pengamplasan dengan baik dan benar, maka elektroda akan mengalami perubahan bentuk (permukaan menjadi tidak rata). Hal ini harus dilakukan proses *frais* di *workshop* dengan cara membuat kembali dimensi seperti awal, sehingga akan membuang sisi sedalam 1-2 mm hal ini yang menyebabkan elektroda akan cepat habis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amin, A., Arsyad Al-Banjari Banjarmasin Jl Adhyaksa No, M., Tangi -Banjarmasin, K., & Korespondensi, P. (n.d.). Effect of Electric Current Variations on Spot Welding of Stainless Steel and Aluminum Microstructures. *JMIO*, 2021(2), 42–46.
- Brechelt, S., Wiche, H., Junge, J., Gustus, R., Schmidt, H., & Wesling, V. (2023). Increase of electrode life in resistance spot welding of aluminum alloys by the combination of surface patterning and thin-film diffusion barriers. *Welding in the World*, 67(12), 2703–2714. <https://doi.org/10.1007/s40194-023-01614-3>
- Epperlein, M., Schiebahn, A., & Reisgen, U. (2025). Resistance spot welding of die-cast and wrought aluminum alloys: Improving weld spot quality through parameter optimization. *Welding in the World*, 69(2), 531–553. <https://doi.org/10.1007/s40194-024-01901-7>
- Haikal, H. (2021). Pengaruh Parameter Pengelasan Resistance Spot Welding Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Multi-Layer Logam Tak Sejenis Berbeda Ketebalan. *Machine : Jurnal Teknik Mesin*, 7(1), 16–24. <https://doi.org/10.33019/jm.v7i1.1661>
- Harahap, J., Putra, T. E., & Nasution, A. R. (2025). Analisis Mesh Size Untuk Konvergensi Coil Spring Roda Depan Minibus Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Mekanika, Inovasi Dan Teknologi*, 11(1).
- Jagodang Harahap, W. H. L. (2022). Analisis Eksperimental Dan Numerik Uji Tarik Hasil Pengelasan Smaw Pada Baja Karbon Rendah Dengan Variasi Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanis. *Vocatech: Vocational Education and Technology*, 4(1), 8–17. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.38038/vocatech.v4i1.00>
- Las Titik, J. (n.d.). *Teknik Review*.
- Lubis, S. M., Rosehan, & Erlely, S. (2020). Analysis of welding strength S45C material in spot welding process with variations in welding press time and electrode diameter. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1007(1), 0–7. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1007/1/012061>
- Nikitin, A., Turabov, D., Ermilova, E., Evdokimov, A., Ossenbrink, R., & Seidlitz, H. (2025). Using dynamic resistance to predict electrode surface degradation in resistance spot welding of 5182 aluminum alloy. *Welding in the World*, 69(2), 449–458. <https://doi.org/10.1007/s40194-024-01872-9>
- 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(1), 27–32. <https://doi.org/10.36040/flywheel.v11i1.2510>
- Purkuncoro, A., & 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, 27–32. <https://doi.org/10.36040/flywheel.v11i1.2510>
- Sifa, A., Baskoro, A. S., Supriadi, S., Endramawan, T., Badruzzaman, & Dionisius, F. (2019). Aging and degradation of electrode Cu spot welding. *AIP Conference Proceedings*, 2187. <https://doi.org/10.1063/1.5138324>
- Siswadi, S., Kholili, N., Miftach, R., Ritonga, A., & Hariyanto, K. (2024). Analisa Perbandingan Tegangan Pengelasan SMAW dan GTAW dengan Menggunakan Baja Ringan ST 37. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, 5(2), 94–104. <https://doi.org/10.38038/vocatech.v5i2.172>

- Stavropoulos, P., & Sabatakakis, K. (2024a). Quality Assurance in Resistance Spot Welding: State of Practice, State of the Art, and Prospects. In *Metals* (Vol. 14, Issue 2). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/met14020185>
- Stavropoulos, P., & Sabatakakis, K. (2024b). Quality Assurance in Resistance Spot Welding: State of Practice, State of the Art, and Prospects. In *Metals* (Vol. 14, Issue 2). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/met14020185>
- Yasinta, S., Wibowo, T. N., & Saputro, R. D. W. (2025). Analisa Pengaruh Variasi Elektroda dan Kuat Arus terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Sambungan Las SMAW Baja ST 60. *Creative Research in Engineering (CERIE)*, 5(2), 21–29. <https://doi.org/10.30595/cerie.v5i2.27129>