

# **Pengujian *Lifetime* Elektroda Untuk Proses Pengelasan Pada Material *Flow Through Heater* (FTH) Di Mesin *Spot Welding* Menggunakan Fitur *Solidworks Simulation***

**Aulia Putri Siregar<sup>\*1</sup> , Nurul Fadilah\* and Tian Hawwini\***

Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknik Mesin

Jl.Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

[auliaputri2677@gmail.com](mailto:auliaputri2677@gmail.com)

## **Abstrak**

Umur elektroda yang pendek merupakan salah satu masalah krusial dalam pengelasan titik resistansi aluminium pada manufaktur mobil bervolume tinggi. Di tempat pengambilan judul ini, *monitoring* jangka pemakaian elektroda memakai *form* yang diisi manual, namun belum mendapatkan penyebab elektroda yang cepat habis.. Pada proses pengelasan *spot welding* elektroda, gaya yang diberikan sangat berpengaruh untuk melihat umur elektroda, untuk mengetahui hal tersebut penulis mencoba melakukan pengujian dengan menggunakan fitur simulasi *static* dan *fatigue* pada *solidworks*. Dari pengujian elektroda ini bahwa tekanan sebesar 0,25 MPa tidak berdampak untuk kerusakan elektroda dalam 2100 siklus karena *damage percentage* yang didapat sebesar 0.002% serta *life cycle* yang didapatkan dengan tekanan tersebut bisa mencapai 100.000.000 siklus untuk membuat elektroda tersebut *damage*. Jadi dapat disimpulkan bahwasannya *lifetime* elektroda tidak berpengaruh besar pada proses penekanan dengan parameter yang ada.

Kata kunci: elektroda, *spot welding*

## **Abstract**

*Short electrode life is one of the crucial issues in aluminum resistance spot welding in high-volume automobile manufacturing. At the site where this title was taken, electrode life monitoring was done using a manually filled out form, but no cause of electrode depletion was found. In the process of spot welding electrodes, the force exerted is very influential to see the life of the electrode, to find out this the author tries to do testing using the static and fatigue simulation features in solidworks. From this electrode test, the pressure of 0.25 MPa has no impact on electrode damage in 2100 cycles because the percentage of damage obtained is 0.002% and the life cycle obtained with this pressure can reach 100,000,000 cycles to make the electrode damaged. So it can be concluded that the electrode lifetime does not have a major effect on the pressing process with the existing parameters.*

*Keywords: electrode, spot welding*

## 1. Pendahuluan

*Spot Welding* adalah metode pengelasan yang dilakukan pada permukaan pelat dengan cara penekanan antara satu sama lain pada pelat yang disambung, dan pada saat yang bersamaan dialirkan arus listrik sehingga permukaan menjadi panas dan mencair karena adanya hambatan Listrik. [2]



**Gambar 1.1** Mesin *Spot Welding*

Ukuran bongkahan dan kekuatan geser pelat dalam proses pengelasan titik dipengaruhi oleh parameter pemanasan pengelasan dan geometri elektroda pada penelitian yang dilakukan oleh Baskoro (2018), percobaan yang dilakukan menggunakan variasi ujung elektroda (Cu) dengan material pelat (Fe), sedangkan variasi ketebalan plat yaitu 0,6mm, 0,8mm, dan 1mm, serta waktu penahanan variable 8s, 9s, dan 10s, penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui kemampuan beban dan gaya geser hasil pengelasan pada pelat yang dipengaruhi oleh variasi diameter ujung elektroda.[2]



**Gambar 1.2** Elektroda pada mesin *spot welding*

Umur elektroda yang pendek telah menjadi salah satu masalah krusial untuk pengelasan titik resistansi aluminium di manufaktur mobil bervolume tinggi.[3]

Maka dari itu penulis melakukan pengujian dengan menggunakan fitur static dan fatigue pada solidworks simulation untuk mendapatkan nilai kelelahan elektroda pada siklus pengelasan spot welding yang berkala. Karena Telah diamati 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

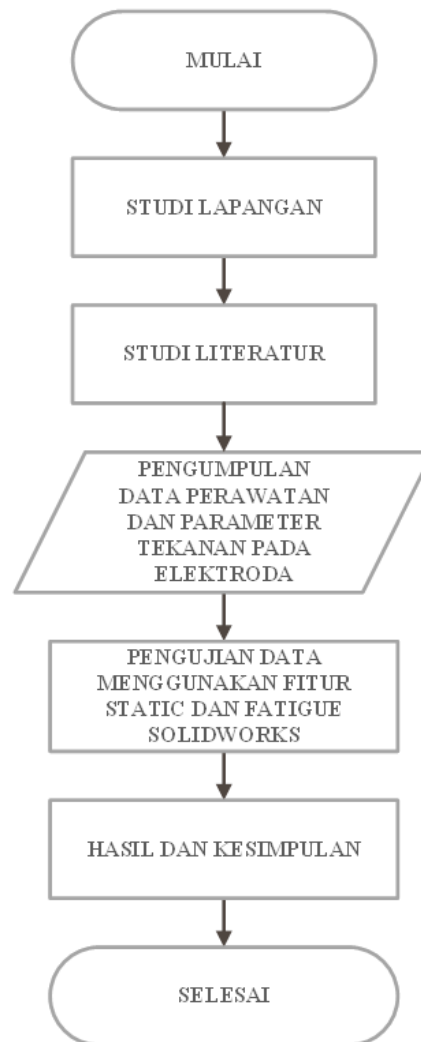
menjadi sangat lemah sehingga gagal. Kelelahan adalah penyebab utama kegagalan banyak benda, terutama yang terbuat dari logam. [4]

Alasan penulis mengambil pengujian ini dikarenakan di tempat penulis mengambil judul ini sedang melakukan *monitoring* jangka pemakaian elektroda memakai form yang diisi manual, namun belum mendapatkan penyebab elektroda yang cepat habis.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penekanan elektroda pada proses pengelasan terhadap *lifetime* elektroda tersebut. Batasan masalah pada penelitian kali ini adalah simulasi yang dilakukan berfokus pada proses penekanan tanpa ada pengaruh thermal yang dilakukan elektroda bagian atas serta material elektroda yang digunakan terbuat dari Tungsten-Copper.

## 2. Metodologi Penelitian

Dalam mencapai hasil perbandingan penulis kali ini, ada beberapa tahap yang dilaksanakan yaitu:



**Gambar 2.1** *Flowchart*

### 2.1 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 di-record dengan menggunakan form yang dinamakan form monitoring elektroda.

## **2.2 Studi Literatur**

Pada tahap ini mencari referensi di jurnal untuk penjelasan mengenai pengujian yang dilakukan, serta tutor dari youtube untuk menggunakan fitur static dan fatigue pada solidwork simulation. Pada pengujian kali ini melihat *lifetime elektroda* menggunakan hasil akhir dari simulasi fatigue berupa *life plot* dan *damage percentagenya* yang Dimana *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.[6]

## **2.3 Pengumpulan Data Perawatan dan Tekanan Pada Elektroda**

Untuk perawatan Elektroda akan *disurface* kedua permukaannya setiap pergantian shift sebanyak 0.5mm 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.

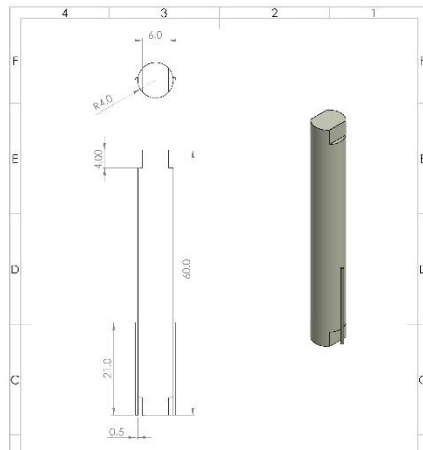
Parameter yang digunakan dalam menggunakan elektroda ini tercantum dalam *Work Instruction*. Dengan *Energy storage* 209V dan *Air Pressure*  $0.25 \pm 0.05$  Mpa. Pada proses pengelasan menggunakan *charge voltage* 178, *squeeze( hold time)* 9-12s dan *compress* 12.

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

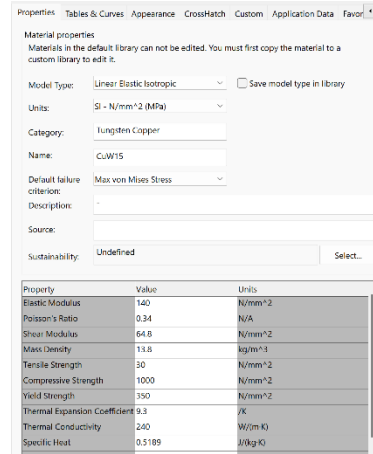
## **3. Analisa Data dan Pembahasan**

### **3.1 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. Dapat dilihat pada gambar 3.1 dan 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.1. Elektroda atas



Gambar 3.2 Katalog material CuW15

### 3.2 Analisa menggunakan Static dan Fatigue

#### 3.2.1 Hasil Analisa static pada elektroda

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

A. *Stress* elektroda:

Luas penampang dengan lingkaran diameter 8mm:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi \times 8mm^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi \times 64}{4}$$

$$A = 50.27mm^2$$

Tegangan adalah gaya per luas penampang

$$Tegangan(\sigma) = \frac{Gaya (F)}{Luas Penampang (A)}$$

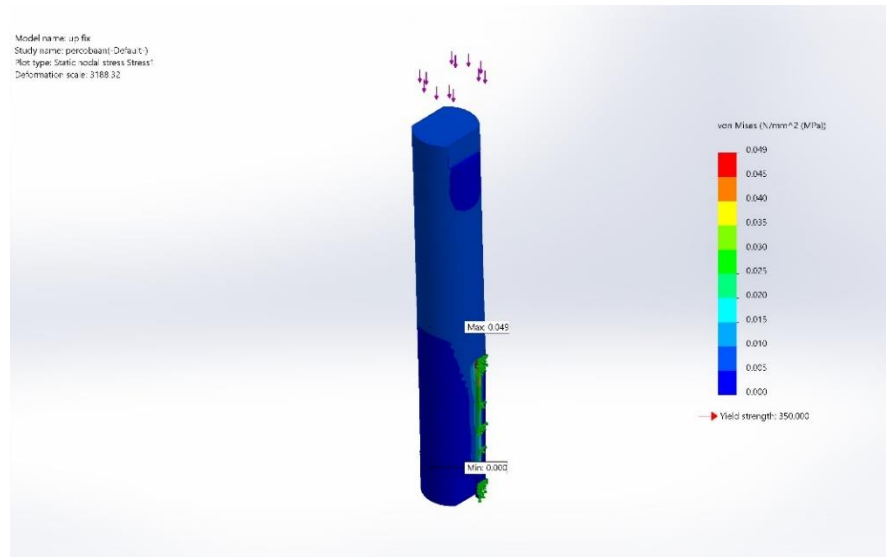
$$(\sigma) = \frac{F}{A} = \frac{0.25N}{50.27mm^2}$$

$$(\sigma) = \frac{F}{A} = \frac{0.25}{50.27 \times 10^{-6}} Pa \approx 4.97 kPa = 0.00497 MPa$$

$$(\sigma) = \frac{F}{A} = 0.00497 N/mm^2$$

Jadi, tegangan yang dihasilkan pada barang tersebut adalah sekitar 0.00497 N/mm<sup>2</sup>.

Dapat dilihat pada gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.3 Stress pada elektroda atas

B. *Factor Of Safety* (FOS) elektroda:

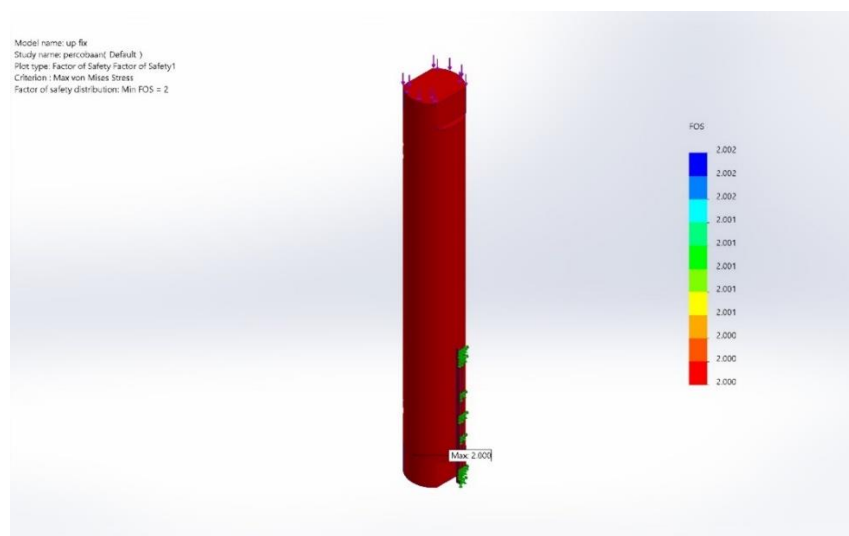
*Factor Of Safety* pada elektroda untuk FTH ini masih sangat aman dengan hasil Fos 2, karena Faktor Keamanan Beban Berulang (*Safety Factor for Repeated Loads*): 2 hingga 3. Nilai FOS yang sangat tinggi menunjukkan bahwa tegangan yang diterapkan sangat kecil dibandingkan dengan kemampuan material menahan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

$P = \sigma \times A$  yang Dimana  $\sigma$  adalah tegangan yang diizinkan( kekuatan tarik material).

$$P = 400 \text{ N/mm}^2 \times 50.27\text{mm}^2$$

$$P = 20108 \text{ N}$$

Nilai ini mengindikasikan bahwa material CuW15 jauh dari batas kegagalannya pada tegangan yang diberikan. Dapat dilihat pada gambar 3.4 dibawah ini.

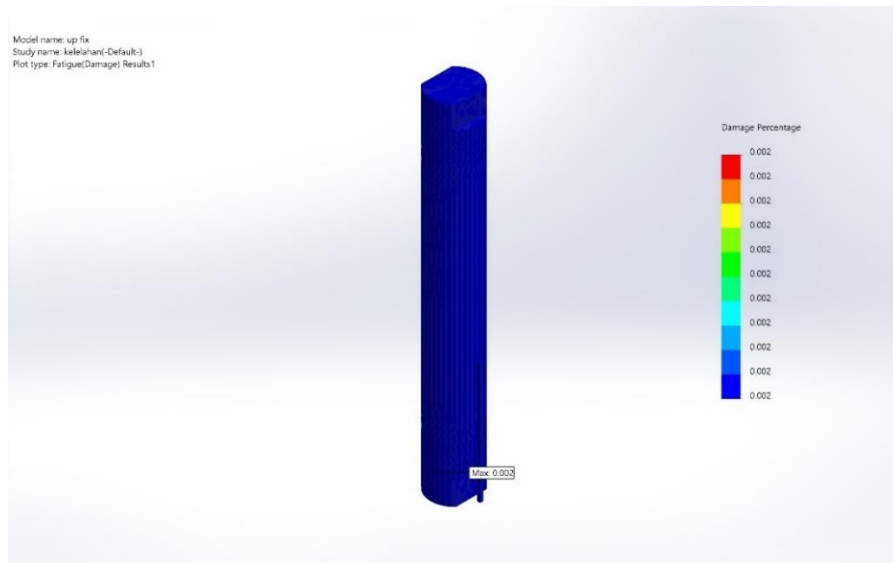


Gambar 3.4 FoS pada elektroda atas

### 3.22 Hasil Analisa fatigue pada elektroda

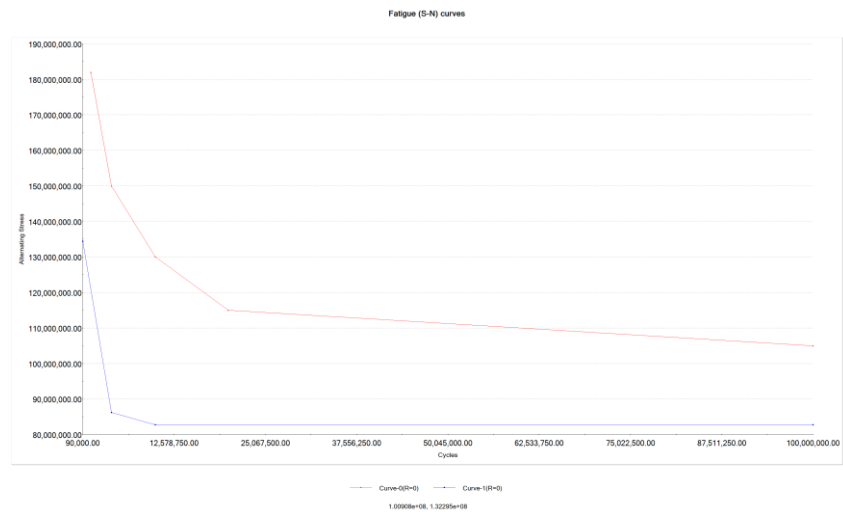
Presentasi *damage* sebesar 0.02% dan *life* nya 1000.000.000 *cycle* hasil ini didapatkan dari proses pengelasan sebanyak 2100 *cycle* (dihitung dari jumlah pengelasan 1 shift). Dapat dilihat pada gambar 3.5 dan curva dapat dilihat pada gambar 3.6 dibawah ini.

#### A. *Damage plot* pada elektroda atas sebesar 0.02%



Gambar 3.5 *damage percentage* elektroda atas

Kurva S-N mendefinisikan nilai tegangan bolak-balik versus jumlah siklus menuju kegagalan pada rasio tegangan tertentu. [6]



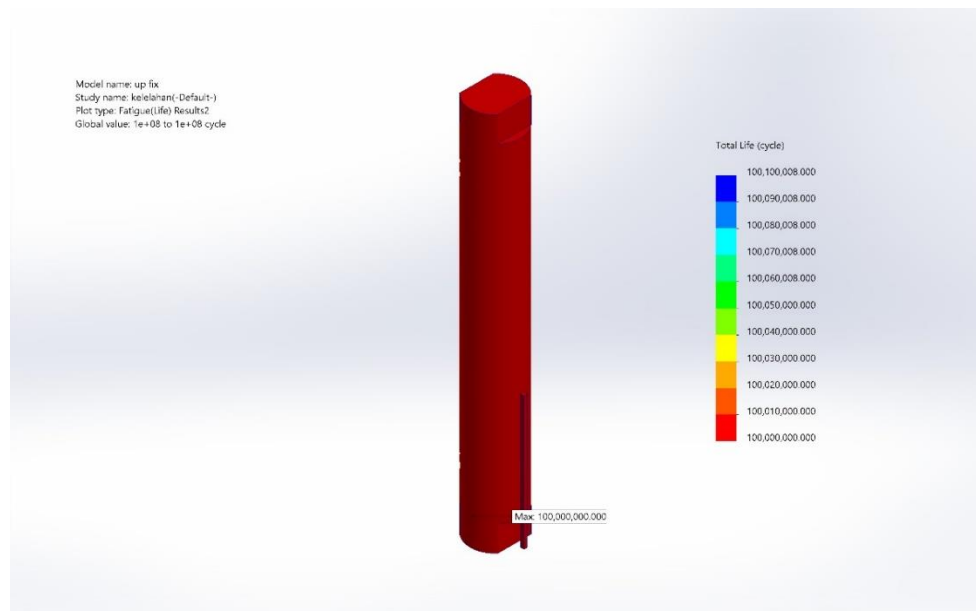
Gambar 3.6 Curva CuW15

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 *damage* yang sangat kecil, sehingga material masih jauh dari kegagalan.

B. *Life Cycle* pada elektroda atas sebesar 100.000.000 siklus dengan stress yang sama.

Dengan tegangan sangat rendah, siklus hingga kegagalan pada CuW15 diperkirakan sangat besar, misalnya  $\frac{N}{f} \approx 10^7$  siklus. Untuk tegangan 0.0497 dengan 2100 siklus: *Life cycle* hingga kegagalan diperkirakan sangat tinggi, sekitar  $10^7$  siklus Material CuW15 pada tegangan ini jauh dari kegagalan setelah 2100 siklus. Dapat dilihat pada gambar 3.7 dibawah ini.



Gambar 3.7 *Life Cycle* pada elektroda atas

#### 4. Kesimpulan

Dari pengujian elektroda ini bahwa tekanan sebesar 0,25 MPa tidak berdampak untuk kerusakan elektroda dalam 2100 siklus karena *damage percentage* yang didapat sebesar 0.002% serta life cycle yang didapatkan dengan tekanan tersebut bisa mencapai 100.000.000 siklus untuk membuat elektroda tersebut damage. Jadi dapat disimpulkan bahwasannya *lifetime* elektroda tidak berpengaruh besar pada proses penekanan dengan parameter yang ada. Berdasarkan hasil studi lapangan juga didapatkan bahwasannya pemakaian elektroda bisa sangat boros, dikarenakan proses pemakanan 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 tidak rata). Hal ini harus dilakukan proses *frais* di *workshop* dengan cara membuat kembali dimensi seperti awal, sehingga akan membuang sisi sedalam 1-2mm hal ini yang menyebabkan elektroda akan cepat habis.

## 5. Daftar Pustaka

1. Zhang WJ, Cross I, Feldman P, Rama S, Norman S, del Duca M. Elektroda *life of aluminium resistance spot welding in automotive applications: a survey*. *Science and Technology of Welding and Joining*. 2017;22(1):22-40. doi:10.1080/13621718.2016.1180844
2. Baskoro AS, Sugeng S, Sifa A, Badruzzaman, Endramawan T. *Variations the diameter tip of elektroda on the resistance spot welding using elektroda Cu on worksheet Fe*. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol 348. Institute of Physics Publishing; 2018. doi:10.1088/1757-899X/348/1/012020
3. Lubis SM, Rosehan, Erlely S. *Analysis of welding strength S45C material in spot welding process with variations in welding press time and elektroda diameter*. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol 1007. IOP Publishing Ltd; 2020. doi:10.1088/1757-899X/1007/1/012061
4. [Definitions for Fatigue - 2019 - SOLIDWORKS Help](#). Diakses pada tanggal 15 Juni 2024
5. [Stress- Life Cycle \(S-N\) Curve - 2019 - SOLIDWORKS Help](#). Diakses pada tanggal 15 Juni 2024
6. <https://www.goengineer.com/blog/7-steps-to-perform-a-fatigue-analysis-in-solidworks-simulation>. Diakses pada tanggal 27 Juni 2024