

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian Kekuatan Lelah

Setelah melakukan pengelasan gesek dengan variasi tanpa kerucut dan tinggi kerucut 1 mm, 2 mm dan 3 mm dengan *upset force* 35 kN, spesimen hasil las lalu dibentuk menjadi spesimen uji kekuatan tarik terlebih dahulu. Hal ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik maksimum dan tegangan *yield* pada sambungan las dengan variasi tersebut. Dari pengujian tarik didapatkan hasil yaitu pada variasi tanpa geometri kerucut, kekuatan tarik maksimum sebesar 238,962 N/mm², tinggi kerucut 1 mm sebesar 191,628 N/mm², 2 mm sebesar 206,864 N/mm², 3 mm sebesar 191,889 N/mm². Dari hasil tersebut diambil variasi tanpa geometri kerucut dan variasi tinggi kerucut dengan kekuatan tarik tertinggi yaitu 2 mm untuk dilakukan pengujian selanjutnya yaitu pengujian kekuatan lelah. Pengujian kekuatan lelah dilakukan dengan tegangan bending maksimum masing – masing sebesar 60 MPa, 45 MPa, 20 MPa. Berikut merupakan contoh perhitungan mencari pembebanan yang dipakai pada uji kekuatan lelah.

$$y = 3 \text{ mm}$$

$$d = 6 \text{ mm}$$

$$l = 83,755 \text{ mm}$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64}$$

$$\sigma_{bending} = 20 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bending} = \frac{M \cdot y}{I}$$

$$20 = \frac{M \cdot 3}{\frac{3,14(6)^4}{64}}$$

$$20 = \frac{M \cdot 3 \cdot 64}{3,14 \cdot 1296}$$

$$20 \cdot 1356,48 = 64 M$$

$$M = 423,9 \text{ Nmm}$$

$$M = F \cdot l$$

$$423,9 = F(9,805+69,95+4)$$

$$F = \frac{423,9}{83,755}$$

$$F = 5,06 \text{ N}$$

$$= 0,5159 \text{ kgf}$$

Setelah mendapatkan nilai pembebanan, lalu dilakukan pengujian kekuatan lelah. Dari hasil pengujian kekuatan lelah tersebut didapatkan data berupa waktu kemudian dari data ini dicari berapa banyak siklus yang terjadi saat spesimen patah. Berikut merupakan contoh mencari banyaknya siklus yang terjadi.

$$rpm = \frac{N}{t}$$

$$1400 = \frac{N}{46,5}$$

$$N = 65.147 \text{ siklus}$$

Hasil pengujian kekuatan lelah sambungan las gesek Aluminium 6061 dan S50C sebagai berikut.

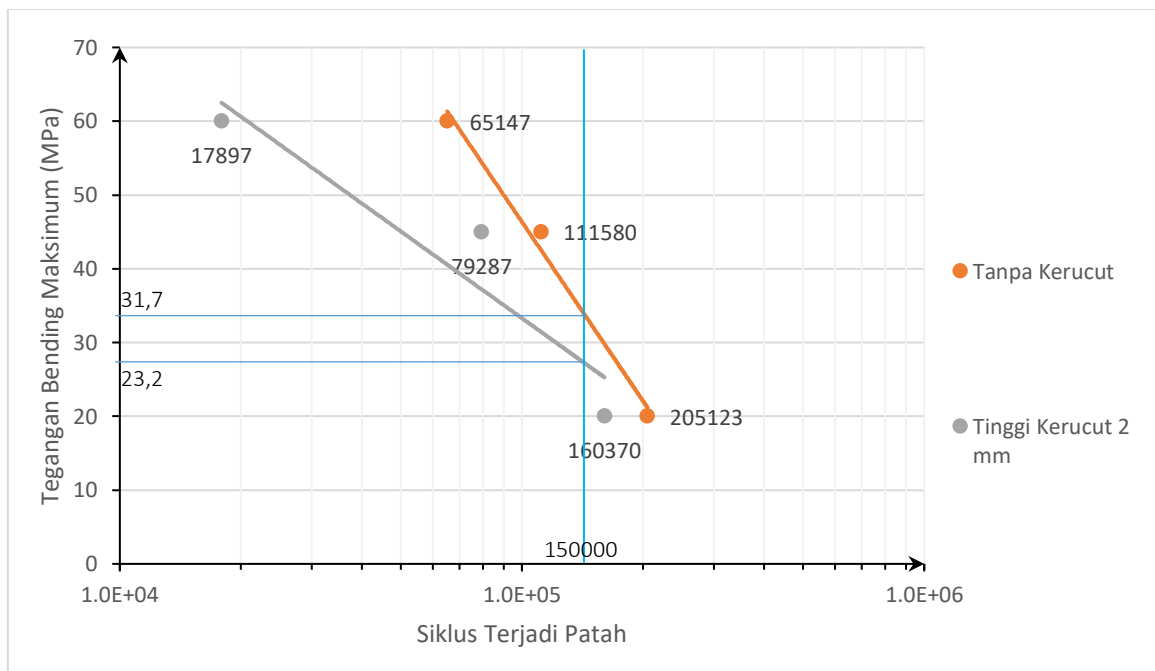
Tabel 4.1
Hasil Data Pengujian Kekuatan Lelah

| Variasi Tinggi Kerucut | Tegangan Bending Maksimum (MPa) | Gaya Pembebanan (N) | Kecepatan Putaran (rpm) | Waktu (menit) | Siklus terjadi patah (siklus) |
|------------------------|---------------------------------|---------------------|-------------------------|---------------|-------------------------------|
| Tanpa Kerucut (0 mm) | 60 MPa | 15,18 | 1400 | 46,5 | 65.147 |
| | 45 MPa | 11,4 | 1400 | 79,7 | 111.580 |
| | 20 MPa | 5,06 | 1400 | 146,5 | 205.123 |
| 2 mm | 60 MPa | 15,18 | 1400 | 12,8 | 17.897 |
| | 45 MPa | 11,4 | 1400 | 56,6 | 79.287 |
| | 20 MPa | 5,06 | 1400 | 114,6 | 160.370 |

4.2 Pembahasan

4.2.1 Diagram S-N

Dari pengujian kekuatan lelah yang dilakukan pada penelitian ini, didapatkan hasil data berupa waktu patah spesimen. Hasil ini kemudian diolah menjadi data banyaknya siklus yang terjadi saat patah dengan cara mengkalikan jumlah putaran per menit dengan waktu patah spesimen. Pada penelitian ini, diagram S-N digunakan untuk menunjukkan hasil uji kekuatan lelah daripada pengelasan gesek variasi tanpa kerucut dan tinggi kerucut 2 mm. Diagram S-N sendiri di dapat dari tabel 4.1.



Gambar 4.1 Diagram S-N Hasil Uji Kekuatan Lelah Sambungan Las Gesek A6061 dan S50C Variasi Tanpa Kerucut dan Tinggi Kerucut 2 mm

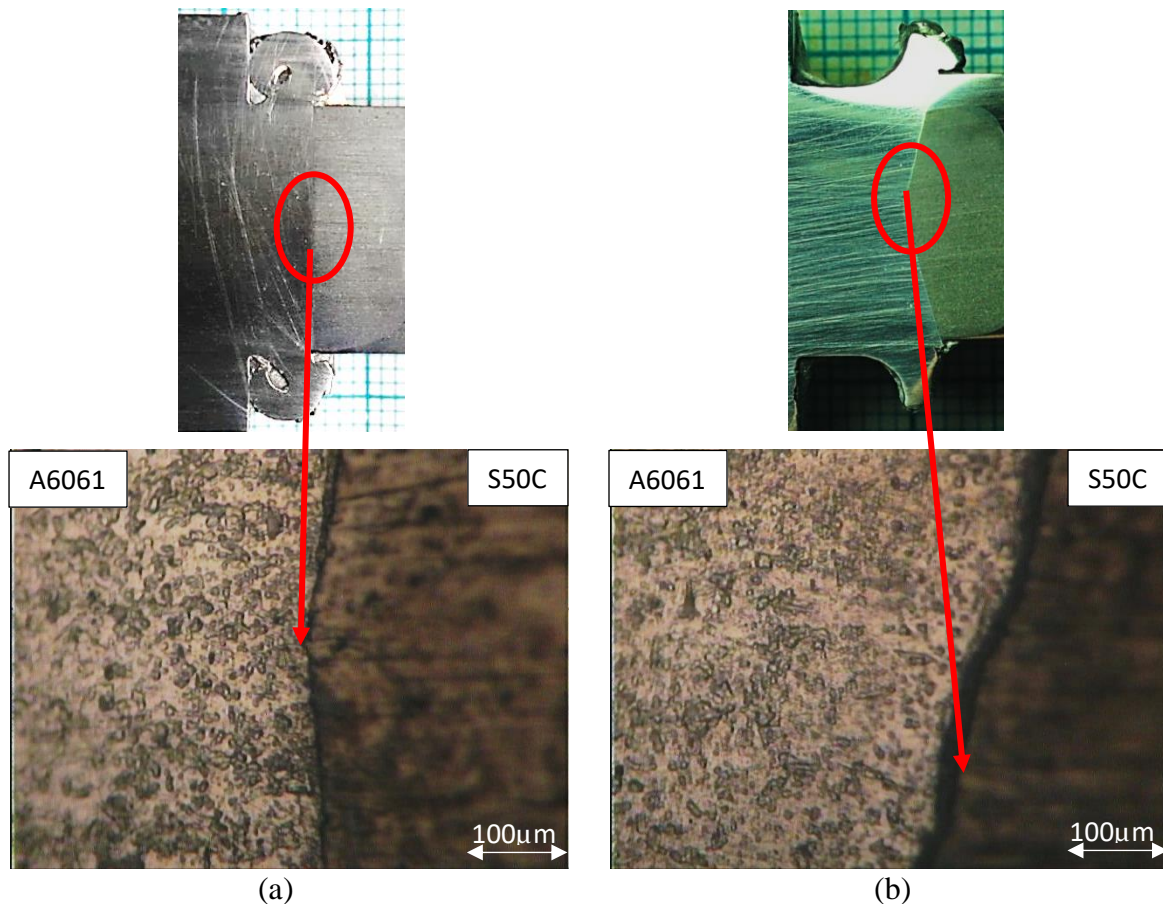
Gambar 4.1 di atas menunjukkan diagram S-N kekuatan lelah sambungan las gesek dengan variasi geometri tanpa kerucut dan tinggi kerucut 2 mm. Terlihat adanya hubungan pengaruh variasi geometri tinggi kerucut baja satu sisi terhadap kekuatan lelah sambungan las gesek A6061 dengan baja karbon S50C.

Dapat dilihat pada grafik dengan tegangan bending maksimum 60 MPa, nilai siklus tertinggi terdapat pada variabel tanpa kerucut dengan siklus sebesar 65.147 siklus. Sedangkan pada variabel tinggi kerucut 2 mm memiliki nilai siklus yang lebih rendah dengan siklus sebesar 17.897 siklus. Pada tegangan bending maksimum 45 MPa, nilai siklus tertinggi terdapat pada variabel tanpa kerucut dengan siklus sebesar 111.580 siklus. Sedangkan pada variabel tinggi kerucut 2 mm memiliki nilai siklus yang lebih rendah

dengan siklus sebesar 79.287 siklus. Pada tegangan bending maksimum 20 MPa, nilai siklus tertinggi terdapat pada variabel tanpa kerucut dengan siklus sebesar 205.123 siklus. Sedangkan pada variabel tinggi kerucut 2 mm memiliki nilai siklus yang lebih rendah dengan siklus sebesar 160.370 siklus.

Pada penelitian ini, dicari kekuatan lelah sambungan las gesek pada 150.000 siklus. Diketahui apabila untuk siklus sebesar 150.000 siklus maka spesimen variasi geometri tanpa kerucut memiliki kekuatan lelah sebesar 31,7 MPa, sedangkan spesimen dengan variasi geometri tinggi kerucut 2 mm memiliki kekuatan lelah sebesar 23,2 MPa.

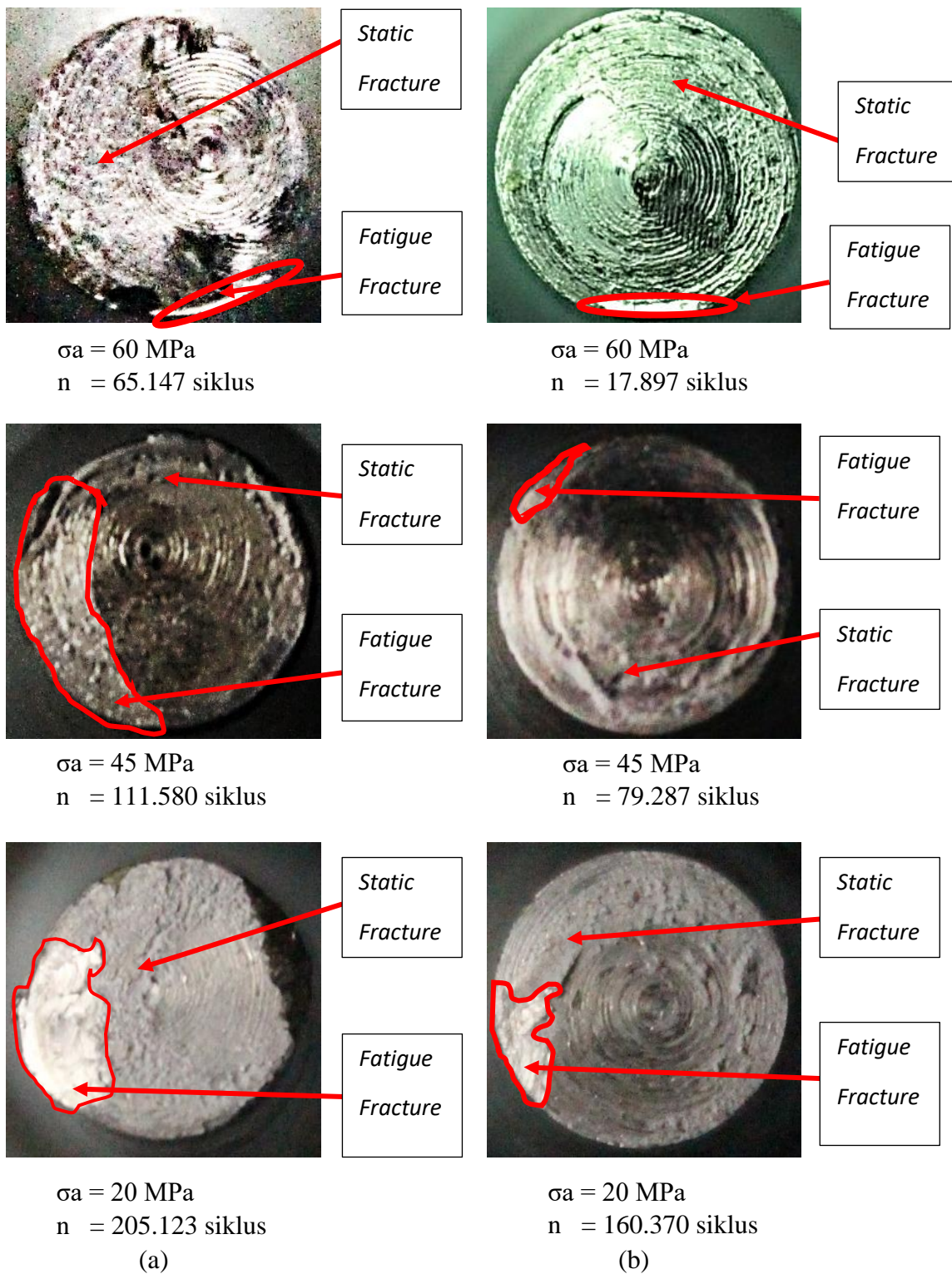
Dari hasil tersebut didapatkan kesimpulan bahwa variasi geometri tanpa kerucut memiliki kekuatan yang lebih besar dari variasi geometri tinggi kerucut 2 mm dikarenakan pada variasi geometri tanpa kerucut terjadi deformasi plastis yang lebih besar yang disebabkan karena pada saat proses pengelasan, gesekan yang terjadi lebih besar sehingga menyebabkan terjadinya dislokasi antar atom logam dan membentuk sambungan las. Dengan adanya pemberian gaya tekan akhir membuat bentuk butir semakin kecil. Bentuk butir yang lebih kecil mengakibatkan kekuatan lelahnya meningkat.



Gambar 4.2 Foto Makrostruktur dan Mikrostruktur Pada Sambungan Las Gesek variasi (a) tanpa kerucut dan (b) tinggi kerucut 2 mm dengan pembesaran x400

Kekuatan pada sambungan las gesek dapat dilihat juga secara mikrostruktur untuk membuktikan bahwa kedua material tersambung. Pada gambar foto mikrostruktur terlihat bahwa butiran pada sambungan las variasi tanpa kerucut lebih kecil daripada 2 mm. Karena ukuran butir yang kecil menyebabkan kekerasan permukaan semakin tinggi, sehingga kekuatan lelehnya meningkat.

4.2.2 Bentuk patahan



Gambar 4.3 Foto Patahan Spesimen Hasil Pengujian Lelah Sambungan Las Gesek A6061 dan Baja Karbon S50C dengan Variasi Tinggi Kerucut (a) tanpa geometri kerucut, (b) tinggi kerucut 2 mm.

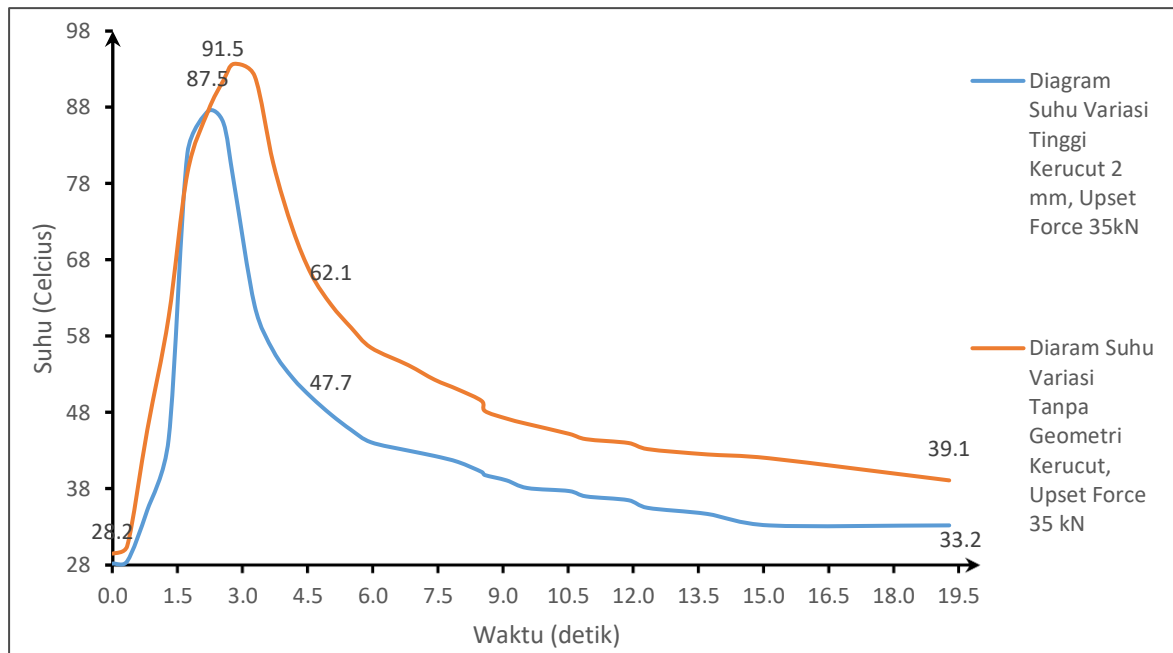
Gambar 4.3 merupakan foto perbandingan bentuk patahan antara spesimen dengan variasi tanpa geometri kerucut dan tinggi kerucut 2 mm, terlihat bahwa semua patahan terjadi di daerah permukaan sambungan las, hal ini ditunjukkan dengan adanya *spinning mark* pada daerah patahan. *Fatigue fracture* merupakan daerah patahan dimana terjadi perambatan retakan. Retakan merambat semakin dalam sehingga penampang yang tersisa tidak mampu lagi menahan tegangan yang bekerja dan akhirnya terjadi patah akhir yang disebut *static fracture*. Semakin besar tegangan yang bekerja, maka daerah perambatan patahan yang dihasilkan semakin kecil juga begitu pula sebaliknya.

Perbandingan pada patahan variasi tanpa geometri kerucut dan tinggi kerucut 2 mm dengan tegangan bending maksimum 20 MPa terlihat bahwa daerah perambatan patahan (*fatigue fracture*) pada variasi tanpa geometri kerucut lebih besar daripada patahan variasi tinggi kerucut 2 mm. Artinya spesimen dengan variasi geometri tanpa kerucut lebih kuat menahan beban walaupun sudah mengalami penjalaran retakan. Hal ini membuktikan bahwa kekuatan lelah sambungan las gesek variasi tanpa geometri kerucut lebih besar daripada variasi tinggi kerucut 2 mm. Karena pada spesimen tanpa geometri kerucut terjadi deformasi plastis yang lebih besar daripada variasi tinggi kerucut 2 mm.

Deformasi plastis yang besar ditambah pemberian gaya tempa akhir menyebabkan ikatan antar logam semakin kuat. Sifat ulet pada material menyebabkan material lebih tahan terhadap penjalaran retakan sedangkan sifat getas tahan terhadap pembentukan awal retak tetapi tidak pada penjalaran retakan.

4.2.3 Diagram Suhu Pengelasan Gesek A6061 dengan S50C

Gambar 4.4 menjelaskan tentang suhu yang terjadi saat pengelasan gesek A6061 dan S50C pada permukaan daerah yang bergesekan (*Contact Zone*). Data suhu didapat dari pengamatan menggunakan alat bantu *thermogun*.



Gambar 4.4 Grafik Diagram Suhu Hasil Sambungan Las Gesek A6061 dan S50C dengan Variasi Tanpa Geometri Kerucut dan Tinggi Kerucut 2 mm, *Upset Force* 35 kN

Pada gambar 4.4 dijelaskan temperatur yang terjadi saat pengelasan gesek aluminium 6061 dan baja karbon S50C. Awal mula sebelum kedua permukaan material bergesekan temperatur yang terjadi sebesar 28,2°C. Kemudian saat bergesekan, temperatur berangsur – angsur naik lalu turun. Hal ini disebabkan karena mesin telah dimatikan dan juga saat dimana pemberian *upset force* terjadi sehingga kedua material tidak lagi bergesekan menyebabkan temperatur perlahan turun hingga mendekati temperatur ruangan. Pada grafik terlihat juga panas yang dihasilkan saat pengelasan gesek variasi tanpa geometri kerucut lebih besar daripada variasi tinggi kerucut 2 mm. Pada saat 2,5 detik, pengelasan gesek variasi tanpa geometri kerucut, temperatur yang dihasilkan sebesar 91.5°C sedangkan pada pengelasan gesek variasi tinggi kerucut 2 mm, temperatur yang dihasilkan sebesar 87.5°C.

Hal ini disebabkan karena pada saat pengelasan variasi tanpa geometri kerucut, permukaan kontak pada spesimen baja sama dengan permukaan spesimen aluminium sehingga gesekan yang ditimbulkan semakin besar sehingga menimbulkan panas yang besar juga. Sedangkan pada tinggi kerucut 2 mm memiliki geometri permukaan yang berbeda dengan logam aluminium sehingga gesekan yang timbul lebih kecil daripada tanpa geometri kerucut. Karena gesekan yang besar menyebabkan deformasi plastis yang besar pula sehingga diduga butiran logam pada daerah sambungan semakin kecil dan mempengaruhi nilai kekuatan lelah yang lebih besar.