

# PENGARUH VARIASI PUTARAN PADA PROSES *FRICION WELDING* TERHADAP SIFAT MEKANIS PADA BAJA AISI 1040

Yosef Yoland Stanis Witak<sup>1</sup>, Khanif Setiyawan<sup>1</sup>, Andi Nugroho<sup>1</sup>, Binyamin<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur 1; [yosefyolands.w@gmail.com](mailto:yosefyolands.w@gmail.com)

<sup>1</sup>Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur 1; [ks366@umkt.ac.id](mailto:ks366@umkt.ac.id)

<sup>1</sup>Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur 1; [an859@umkt.ac.id](mailto:an859@umkt.ac.id)

<sup>1</sup>Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur 1; [bin279@umkt.ac.id](mailto:bin279@umkt.ac.id)

DOI: <https://doi.org/10.xxxxx/xxxxx>

\*Correspondensi: Binyamin

Email: [bin279@umkt.ac.id](mailto:bin279@umkt.ac.id)

Published: Januari, 2024



**Copyright:** © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Abstrak:** Pengelasan gesekan termasuk pengelasan *solid-state*, yaitu pengelasan tanpa melelehkan logam dasar dan tanpa menggunakan bahan tambahan. Proses pengelasan gesekan menggunakan panas yang dihasilkan oleh gesekan dua permukaan yang disambung. Metode pengelasan gesek yang digunakan adalah *direct drive friction welding*. *Direct drive welding* sering disebut sebagai konvensional *friction welding*, menggunakan motor yang memiliki kecepatan konstan untuk energi masukannya. Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan parameter proses pengelasan (kecepatan putaran) terhadap kualitas sambungan (kekuatan tarik, dan hasil patahan). Rancangan penelitian dengan variabel bebas yaitu 1600 rpm, 1800 rpm dan 2000 rpm, dengan waktu pengelasan 3 menit, benda kerja yang digunakan baja AISI 1040. Dari hasil penelitian diperoleh kuat tarik tertinggi mencapai 430,38 MPa pada kecepatan putaran 2000 rpm yaitu titik putus bahan dasar. Kekuatan tarik terendah dicapai pada kecepatan putar 1600 rpm atau 282,35 MPa. Terlihat bahwa titik patah terletak pada lasan, dan kekuatan sambungan meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan putaran.

**Keywords:** *welding*, variasi putaran, *friction welding*

## PENDAHULUAN

Salah satu pengujian yang digunakan untuk mengetahui sifat mekanik logam adalah uji tarik. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Dalam pelaksanaan pengujian tarik, diperoleh data beban dan perpanjangan yang terjadi pada material selama proses pengujian. Untuk menganalisis kekuatan material dari data hasil pengujian umumnya dilakukan dengan menggunakan alat hitung (kalkulator) sehingga terjadi banyak pengulangan kalkulasi untuk memperoleh kekuatan material. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan pengembangan suatu perangkat lunak untuk menganalisis kekuatan hasil dari pengujian tarik pada suatu material. Tujuan penelitian adalah memodelkan aplikasi dari obyek pengujian tarik, membuat/mengembangkan perangkat lunak dan melakukan simulasi kekuatan material. Sedangkan metode penelitian yang digunakan pengumpulan data, analisis data dan perancangan/implementasi (Denti Salindeho dkk., 2013).

*Friction welding* termasuk *solidstate welding* yaitu pengelasan tanpa pencairan logam dasar dan tanpa bahan tambah. Proses *friction welding* memanfaatkan panas akibat gesekan dua permukaan yang akan disambung. Panas pada gesekan akan mengubah material padat menjadi *semisolid* atau plastis. Mekanisme penyambungan terjadi oleh pencampuran logam luluh antar permukaan dan difusi. Dengan pemberian tekanan

yang cukup proses penyambungan akan lebih baik. *Friction welding* dapat melakukan penyambungan benda pejal dengan kontak secara keseluruhan, karena prosesnya melalui gesekan interface. Sedangkan parameter yang penting adalah waktu gesekan (*friction time*), *kecepatan putaran (rotational speed)*, dan tekanan gesekan (*friction pressure*). Pada proses penyambungan kecepatan putaran merupakan variabel yang sensitive dalam menentukan lamanya waktu *friction* dan besarnya gaya axial penekanan. Saat penekanan lanjut dilakukan seketika dimana tekanan tinggi dikenakan pada saat penyambungan. Jadi penekanan berlangsung pada saat putaran mulai berhenti, di samping itu gaya tekan diperlukan untuk mendapatkan hasil penyambungan yang rapat dan kuat (Setyawan & Dwilaksana, 2014). Sedangkan durasi pengelasan adalah variabel terkontrol dalam pengelasan gesek, karena waktu menunjukkan fungsi hubungan kecepatan putaran dan penekanan saat pengelasan (Prabowo dkk., 2017). Sambungan lasan material AISI 1045 memiliki kekuatan impak yang semakin meningkat seiring dengan penambahan tekanan gesek dan tekanan tempa, sehingga dapat membuat ikatan sambungan lebih baik, (Prasetyono & Ir. Hari Subiyanto., 2012).

Melakukan penelitian pengaruh durasi gesek, tekanan gesek dan tekanan tempa terhadap *impact strength* sambungan lasan gesek langsung pada baja karbon aisi 1045. Dalam penelitian ini dilakukan pengelasan gesek langsung agar mempunyai sifat mekanik yang diinginkan. Proses yang dilakukan adalah dengan memvariasikan tekanan gesek sebesar 5.98 Mpa, 11.96 Mpa, dan 17.94 Mpa dalam waktu gesekan 70 detik dan 90 detik sampai mencapai temperatur tertentu, kemudian diberikan variasi tekanan tempa sebesar 23.93 Mpa, 33.5 Mpa, 52.64 Mpa dan menggunakan baja AISI 1045 sebagai benda kerja, kecepatan putar yang digunakan 4124 Rpm (Mesin & Industri, 2012)

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan tarik hasil pengelasan gesek (*friction welding*) dengan variasi kecepatan putar, durasi gesek dan tekanan serta mengetahui bagaimana struktur mikro hasil pengelasan gesek (*friction welding*). Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan model one-shot case study dan analisis deskriptif. Analisis deskriptif meliputi hasil uji tarik dan struktur mikro hasil pengelasan gesek. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, nilai kekuatan tarik yang paling tinggi dihasilkan pada variasi kecepatan putar 2850 Rpm, durasi gesek 60 detik pada tekanan 8 Mpa. Sedangkan untuk hasil kekuatan tarik yang paling rendah yaitu dihasilkan pada variasi kecepatan putar 2850 Rpm, durasi gesek 80 detik pada tekanan 8 Mpa. Hasil foto mikro menunjukkan bahwa tidak ada perubahan fase pada hasil pengelasan gesek hanya terjadi penghalusan partikel Mg<sub>2</sub>Si pada daerah Z<sub>pd</sub> dan Z<sub>pl</sub>, sedangkan pada daerah Z<sub>ud</sub> memiliki bentuk partikel Mg<sub>2</sub>Si yang sama dengan spesimen tanpa perlakuan (Gita Firmansyah dkk., 2019).

Dalam penelitian ini bahan yang digunakan adalah Aluminium 4017 dengan parameter pengelasan yaitu kecepatan putar spindle mesin bubut yaitu 1170 RPM dan jarak penekanan yaitu 10mm (7mm pada saat kecepatan putar konstan +3mm pada saat putaran di berhentikan). Variasi bentuk profil sambungan dalam penelitian ini juga diberikan agar mendapatkan hasil yang terbaik, yang mana variasi nya adalah bentuk profil sambungan chamfer, bentuk profil sambungan rata, dan bentuk profil sambungan penutup. Hasil pengelasan dilakukan pengujian untuk dapat dianalisis sifat fisik dan mekanik. Dari hasil pengamatan metallografi makro hasil sambungan terlihat sudah tersambung dengan baik yang dilakukan berbagai variasi bentuk profil sambungan. Pengujian metallografi mikro menunjukkan perubahan struktur dari variasi bentuk profil sambungan yang diberikan, struktur yang sangat terlihat perubahannya adalah profil sambungan chamfer. Dari struktur yang diperlihatkan akan mempengaruhi kekerasan materialnya yang terbukti bahwa kekerasan dari bentuk chamfer ini meningkat dari 55 VHN pada logam induk sampai 91 VHN pada daerah las. Kemudian dari hasil pengujian tarik, nilai rata – rata tegangan maksimum & nilai rata – rata regangan tertinggi yaitu dengan

bentuk chamfer, dengan nilai rata – rata tegangan tarik maksimum nya adalah 106.31 Mpa dan nilai rata – rata regangan nya adalah 18.46 %. Sedangkan dari hasil pengujian bending di peroleh tegangan rata – rata tertinggi adalah bentuk rata yang nilainya adalah 114.33 Mpa(Fatha, 2019).

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa variasi pengujian waktu gesekan pengelasan, yaitu pengujian dengan rpm 2300 dan 3100. Sedangkan bahan yang digunakan adalah adalah baja aisi 1045.Pada pengujian dengan rpm 2300 mendapatkan hasil kekuatan tarik yang rendah sebesar 230,02 Psi.dan yang tertinggi sebesar 606,62 Psi.Sedangkan pengujian dengan rpm 3100 mempunyai nilai kekuatan tarik yang rendah sebesar 329,73 Psi. dan yang tertinggi sebesar 864,73 Psi. waktu yang sesuai adalah 30 detik karena ditinjau dari hasil pengujian tarik yang diperoleh. Perubahan kecepatan gesek, durasi gesek dan tekanan gesek mempengaruhi hasil pengelasan gesek yang berbeda dan mempengaruhi kekuatan uji tarik yang berbeda(Samsudin1, Ahmad Faoji2, 2021).

Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan variasi Rpm 800 dan 1120, kemudian diberikan tekanan tempa 60 Mpa pengelasan gesek friction *welding* pada baja S45C. Efek dari tekanan gesek terhadap kualitas sambungan las dianalisa melalui uji tarik dan bentuk patahan material. Hasil dari penelitian ini pada variasi kecepatan putaran 800 Rpm dan 1120 Rpm yang memiliki hasil kekuatan tarik paling tinggi terdapat pada 1120 Rpm dengan kekuatan tarik tertinggi rata – rata sebesar 38,16 Mpa. Hasil dari pengujian juga menunjukkan bahwa dengan memvariasikan RPM mempengaruhi kekuatan Tarik dan bentuk patahan baja S45C, pada 1120 RPM hasil uji Tarik yang dihasilkan lebih besar dibanding pada putaran 800 RPM(Sc dkk., 2015).

Pada kali ini penelitian yang akan dilakukan yaitu pengelasan gesek untuk penggunaan spring pin pada mobil. Pada penelitian kali ini yaitu menggunakan mesin las gesek prototype dengan variasi penekanan yaitu sebesar 5 Bar, 6 Bar, 7 Bar. Menggunakan putaran spindel sebesar 4953 rpm, pemanasan awal 30 detik, waktu pengelasan 60 detik, dan menggunakan material baja ST 42, adanya pengujian yang akan dilakukan yaitu pengujian tarik dan struktur mikro. Analisa yang akan dilakukan untuk melihat perubahan struktur pada material hasil pengelasan gesek untuk penerapan pada spring pin mobil. Akibat perlakuan panas pengelasan gesek yaitu berubahnya sifat mekanik pada material baja ST 42. Nilai tertinggi dari hasil pengujian tarik adalah 29,87 kgf/mm<sup>2</sup>. Maka pengelasan gesek dengan menggunakan material baja ST 42 ini bisa sebagai alternatif pengganti dari proses yang selama ini dan dapat digunakan sebagai bahan spring pin untuk mobil(Putra dkk., 2022).

Penelitian dilakukan untuk mengamati pengaruh parameter proses, diantaranya kecepatan putar, gaya gesek, dan waktu gesek terhadap struktur mikro dan laju korosi pada material yang dilas dengan menggunakan las gesek. Material yang digunakan merupakan material yang mempunyai komposisi kimia yang berbeda, yaitu baja SUH 3 dan SUH 35. Pengelasan dilakukan dengan mesin las gesek tipe FW10NC(Sai'in & Muzaki, 2020)

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa pengujian sifat mekanik. Sifat mekaniknya meliputi uji kekuatan tarik, dengan variasi putaran spindle pada mesin bubut menggunakan material aluminium 6061.Berdasarkan hasil pengujian tarik pada 1500 rpm dimana tegangan maksimum pada sampel A1 sebesar 8,88 Kgf/mm<sup>2</sup>, sampel A2 8.83 Kgf/mm<sup>2</sup> dan sampel A3 10,83 Kgf/mm<sup>2</sup>. Dan pada putaran 2500 rpm dimana kekuatan tarik pada sampel B1 sebesar 10,73Kgf/mm<sup>2</sup>, sampel B2 11,26 Kgf/mm<sup>2</sup> dan sampel B3 11,20Kgf/mm<sup>2</sup>. Dari hasil pengujian tarik diperoleh kekuatan sambungan aluminium 6061 yang di sambungkan dengan metode friction *welding* yaitu dengan kekuatan luluh tertinggi 5,8 kg/mm<sup>2</sup> dan kekuatan tarik maximal 11,26 kg/mm<sup>2</sup>, dan kekuatan tarik raw material nya 12,6 kgf/mm<sup>2</sup>, kekuatan tarik raw material

dan material setelah friction *welding* hanya berbeda tipis. Kata Kunci: Friction *Welding*, Aluminium 6061, variasi putaran, Pengujian Tarik (Derniawan dkk., 2021).

Dari permasalahan yang dihadapi pada penelitian–penelitian sebelumnya maka penulis akan melakukan penelitian analisa pengaruh variasi putaran pada sambungan AISI 1040 setelah dilakukan friction *welding*. Tujuan penelitian ini Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variasi rpm dan hasil patahan menggunakan foto makro pada proses *friction welding* terhadap kuat tarik penyambung BAJA AISI 1040. Dalam penelitian ini hanya memvariasikan putaran waktu yaitu 1600 rpm, 1800 rpm dan 2000 rpm, waktu gesekan 3 menit setiap spesimennya.

## METODE

Tabel 1. Variabel Penelitian

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Variabel bebas   | Variabel bebas merupakan variabel yang diduga sebagai penyebab timbulnya variabel lain. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa variabel bebas sengaja dimanipulasi untuk dipelajari pengaruhnya terhadap variasi lain (variabel terikat). Adapun variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi putaran, dimana variasi putaran yang digunakan ialah 1600 rpm, 1800 rpm, dan 2000 rpm.                                                  |
| Variabel Terikat | Variabel terikat disebut juga variabel respon. Variabel ini merupakan gejala yang muncul akibat adanya manipulasi/perlakuan tertentu. Dalam hal ini adalah kualitas kekuatan tarik tertinggi dan foto makro dari hasil variasi rpm.                                                                                                                                                                                                      |
| Variabel Kontrol | Variabel kontrol merupakan sejumlah gejala yang diatur untuk menetralkan pengaruhnya terhadap variabel terikat. Dengan demikian dapat dipastikan bahwa gejala yang muncul pada variabel terikat murni sebagai bentuk respon terhadap adanya variabel bebas. Dalam penelitian ini, Penekanan pada proses pengelasan gesek tidak ditentukan, Waktu pengelasan gesek 3 menit, Penggunaan peralatan yang sama pada setiap proses pengelasan. |

### Waktu dan Tempat Penelitian

Mengenai Waktu dan tempat penelitian serta pengujian spesimen dan pengambilan data adalah Waktu dilakukannya penelitian serta pengujian spesimen dan pengambilan data dilakukan dari bulan Januari 2023 sampai bulan Juni 2023. Proses tempat penelitian serta pengujian spesimen dan pengambilan data dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur.

### Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain mesin bubut, Stopwatch, jangka sorong, gergaji besi, mistar baja, alat uji tarik, alat uji foto makro. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah.

### Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian antara lain, Material yang digunakan menggunakan baja karbon rendah Proses *friction welding* dengan variasi waktu menggunakan mesin bubut. Proses pembuatan spesimen uji tarik dengan standar jiz 2201. Spesimen yang telah di buat dengan standar jiz 2201 akan di uji tarik menggunakan alat uji tarik, Setelah itu proses pengambilan gambar permukaan spesimen setelah di uji tarik.

### Teknik Analisa Data

Hasil pengelasan gesek tersebut kemudian di bentuk menjadi spesimen untuk dilakukan pengujian mekanis yaitu, spesimen uji tarik. Pengujian sifat mekanis menggunakan mesin uji tarik untuk memperoleh data kekuatan tarik maksimumnya. Data yang diperoleh dari hasil pengujian tarik adalah gaya maksimum yang kemudian digunakan untuk mengetahui kekuatan tarik maksimum dari bahan yang dilas.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan penelitian yang diperlukan, hasil uji tarik dikumpulkan; hasil ini mewakili data yang diperoleh; mereka adalah nilai numerik yang mewakili biaya atau nilai dari setiap perlakuan; dan mereka berasal dari beban tarik maksimum dan tegangan tarik maksimum. Untuk mempercepat atau memudahkan pengujian/penelitian, informasi ini sangat penting. Setelah dilakukan pengujian tarik dari spesimen yang ada dengan menggunakan mesin uji tarik, maka didapat data-data pengujian diantaranya adalah beban maksimal. Data dari hasil uji tarik pada pengelasan dengan metode *friction welding* dengan menggunakan material baja karbon rendah dengan variasi rpm 4 menit didapatkan data-data seperti pada Tabel 2. Data Hasil Uji Tarik

Tabel 2. Data Hasil Uji Tarik

| Spesimen               | Lo<br>(mm)  | L1<br>(mm)     | Gaya<br>maksimum<br>(Fmax) | Tegangan<br>maksimum<br>(Mpa) | Regangan                   |                |
|------------------------|-------------|----------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------|
| Variasi<br>1600<br>rpm | 1<br>2<br>3 | 50<br>50<br>50 | 51<br>52<br>52             | 33,45<br>34,70<br>35,75       | 272,71<br>282,90<br>291,46 | 2<br>4<br>4    |
| <b>Rata – rata</b>     |             |                | <b>51,66</b>               | <b>34,63</b>                  | <b>282,35</b>              | <b>3,33</b>    |
| Variasi<br>1800<br>rpm | 4<br>5<br>6 | 50<br>50<br>50 | 53<br>54<br>54             | 46,16<br>48,84<br>49,42       | 376,33<br>398,18<br>402,91 | 6<br>8<br>8    |
| <b>Rata – rata</b>     |             |                | <b>53,66</b>               | <b>48,14</b>                  | <b>392,41</b>              | <b>7,33</b>    |
| Variasi<br>2000<br>rpm | 7<br>8<br>9 | 50<br>50<br>50 | 55<br>55<br>56             | 51,35<br>52,42<br>54,60       | 418,65<br>427,37<br>445,14 | 10<br>10<br>12 |
| <b>Rata – rata</b>     |             |                | <b>55,33</b>               | <b>52,79</b>                  | <b>430,38</b>              | <b>10,66</b>   |

Dari Tabel 2. Data Hasil Uji Tarik, pengujian tarik di atas terlihat pada hasil pengujian tarik mendapatkan nilai tegangan tertinggi adalah pada variasi 2000 rpm, dengan waktu pengelasan 3 menit dan menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 430,38 N/mm<sup>2</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa pada teknik pengelasan dengan kecepatan putar 2000 rpm akan menghasilkan bahan sambungan yang paling kuat diantara kecepatan lainnya, dengan tegangan maksimal terhadap kekuatan tarik sebesar 230,38 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk hasil tegangan pengujian tarik terendah pada kecepatan 1600 rpm yaitu sebesar 282,35 N/mm<sup>2</sup> dilihat dari hasil tegangan maksimum berarti kecepatan putar memiliki pengaruh terhadap hasil pengelasan.

### SIMPULAN

Proses penyambungan baja AISI 1040 dapat dilakukan dengan proses *friction welding*, serta menunjukkan adanya perbedaan kekuatan tarik dari fraksi variasi kecepatan putaran 1600 rpm yang menghasilkan tegangan tarik rata-rata sebesar 282,35 Mpa, kecepatan putaran 1800 yang menghasilkan tegangan tarik rata-rata sebesar 392,41 Mpa, dan kecepatan putaran 2000 yang menghasilkan tegangan tarik rata-rata sebesar 430,38 Mpa dengan waktu pengelasan 3 menit.

Sifat mekanis penyambungan AISI 1040 mengalami perubahan tegangan dengan kekuatan tarik terbesar terjadi pada kecepatan putaran 2000 rpm yaitu sebesar 430,38 Mpa.

Dari hasil analisa patahan uji tarik sebagian besar terjadi pada bagian daerah las. Bentuk patahan yang terjadi dari pengujian tarik kecepatan putaran 1600 rpm menghasilkan bentuk patahan getas karena permukaannya yang terlihat berkilat dan memantulkan cahaya dan tempo terjadinya patah lebih cepat, lalu untuk kecepatan putaran 1800 rpm menghasilkan patahan ulet, dan bentuk patahan yang terjadi pada kecepatan putaran 2000 rpm menghasilkan bentuk patahan ulet karena penampang dari spesimen mengecil dan muka patahannya berwarna keabu-abuan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad Fauzi. (2021). *Uji Tarik Kekuatan Sambungan Pengelasan Las Gesek Baja St 41 Laporan Tugas Akhir*.
- Assiddiq S, H. (2021). Analisis Pengaruh Variasi Beban Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Friction Welding pada Baja Karbon Sedang. *Jurnal Teknik Mesin ITI*, 5(1), 9. <https://doi.org/10.31543/jtm.v5i1.570>
- Carol, J., Pah, A., Irawan, Y. S., Suprpto, W., Mesin, T., Teknik, F., Brawijaya, U., Mt, J., Malang, H., & Timur-indonesia, J. (2018). *Sambungan Paduan Aluminium Dan Baja Karbon Pada Pengelasan Gesek Continuous Drive*. 9(1), 51–59.
- Denti Salindeho, R., Soukota, J., Poeng, R., Teknik, J., Universitas, M., & Ratulangi, S. (2013). Pemodelan Pengujian Tarik Untuk Menganalisis Sifat Mekanik Material. *Poros Teknik Mesin Unsrat*, 2, 1–11.
- Derniawan, T. H., Nurdin, N., Fakhriza, F., & Mawardi, M. (2021). Analisa Pengaruh Putaran Spindel Pada Friction Welding Terhadap Tensile Strength Aluminium 6061. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 5(1), 46. <https://doi.org/10.30811/jmst.v5i1.2143>

- 
- Fatha, F. (2019). *Optimasi Sambungan Rotary Friction Welding (Rfw) Pada Alumunium Dengan Variasi Bentuk Profil Sambungan*. 5–16.
- Frayudi, A. D. Y. (2013). *TARIK DAN KEKERASAN MIKRO LASAN PADA PENGELASAN GESEK ( FRICTION WELDING ) BAHAN BAJA*.
- Gita Firmansyah, M. R., Solichin, S., & Poppy Puspitasari, R. (2019). Analisis Kecepatan Putar, Durasi Gesek dan Tekanan Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Gesek (Friction Welding). *Jurnal Teknik Mesin Dan Pembelajaran*, 1(2), 1. <https://doi.org/10.17977/um054v1i2p1-5>
- Handoko, D., Prihantono, T., Setiawan, A., Teknik Mesin, J., & Politeknik Negeri Pontianak Kampus Sanggau, P. (2022). Analisa Variasi Putaran Friction Welding Terhadap Kekerasan Logam Aluminium Paduan Seri 1100-H18. *Accurate: Journal of Mechanical Engineering and Science*, 3(2), 15–20. <https://doi.org/10.35970/accurate>.
- Husodo, N., Sanyoto, B. L., Setyawati, S. B., & Mursid, M. (2013). Penerapan Teknologi Las Gesek (Friction Welding) dalam Rangka Penyambungan Dua Buah Logam Baja Karbon St41 pada Produk Back Spring Pin. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 6(1), 43–52.
- Iqbal, M., Tarkono, & Ibrahim, G. A. (2014). Pengaruh Putaran Dan Kecepatan Tool Terhadap Sifat Mekanik Pada Pengelasan Friction Stir Welding Aluminium 5052. *JURNAL FEMA*.
- Kurniawan, A. S. (2014). Analisis Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Pada Baja. *Jurnal Teknik Mesin*, 2, 1–12.
- Mamgain, A., Pratap Singh, A., & Singh, V. (2023). Welding Investigation on AA6063-T6 Aluminium alloy during Friction Stir Welding process. *Jurnal Kejuruteraan*, 35(2), 411–419. [https://doi.org/10.17576/jkukm-2023-35\(2\)-12](https://doi.org/10.17576/jkukm-2023-35(2)-12)
- Mesin, J. T., & Industri, F. T. (2012). Pengaruh durasi gesek, tekanan gesek dan tekanan tempa terhadap impact strength sambungan lasan gesek langsung pada baja karbon aisi 1045. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 1(1), 1–5.
- Nur, Y. M., & Nurdin, H. (2021). *ANALISIS KEKUATAN TARIK HASIL SAMBUNGAN PENGELASAN GESEK PADA BAJA ST42 ANALYSIS OF TENSILE STRENGTH RESULTS OF FRICTION WELDING JOINTS Untuk mengatasi persoalan tersebut diatas, maka teknik las gesek dapat dijadikan solusi alternatif*. 3(2), 41–46.
- Okky, M., & Brata, D. (2022). *Pengelasan gesek dengan variasi kecepatan putar pada material baja aisi 1010, dilanjutkan proses quenching dengan aquadest terhadap perubahan sifat fisis dan mekanis*.
- Poniman Kosasih, D., Din Nugraha, H., & Susanto, H. (2020). Analisis Kekuatan Tarik dan Cacat Porositas

---

pada Friction Welding Logam (FE, AL & FE-AL). *Jurnal METTEK*, 6(2), 93.  
<https://doi.org/10.24843/mettek.2020.v06.i02.p03>

Prabowo, A., Sukmana, I., & Burhanuddin, Y. (2017). Las Gesek (Friction Welding) Logam Tidak Sejenis (Dissimilar Metals) Magnesium AZ-31 Terhadap Aluminium AL-13. *Industrial Research Workshop and National Seminar*, 8–11.

Prasetyono, S., & Ir. Hari Subiyanto. (2012). Pengaruh durasi gesek, tekanan gesek dan tekanan tempa terhadap. *JURNAL SAINS DAN SENI POMITS Vol. 1, No. 1, (2012) 1-5, 1(1)*, 1–5.

Putra, D. R., Widi, I. K. A., Supriyanto, N. S. W., & Malang, K. (2022). *PENGGUNAAN LAS GESEK ( FRICTION WELDING ) GUNA PENYAMBUNGAN DUA BUAH LOGAM BAJA KARBON ST 42 PADA PENGUJIAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO UNTUK*. 12(1).

Rizkhi, M. (2020). Pengaruh kecepatan putar terhadap kualitas sambungan las friction welding magnesium AZ-31. *Jurnal Teknologi Dan Inovasi Industri (JTII)*, 1(1). <https://doi.org/10.23960/jtii.v1i1.12>

Sai'in, A., & Muzaki, M. (2020). Pengaruh kecepatan putar, gaya gesek dan waktu gesek terhadap struktur mikro dan laju korosi hasil pengelasan proses las gesek material berbeda baja SUH 3 dan SUH 35. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 15(1), 10. <https://doi.org/10.32497/jrm.v15i1.1804>

Samsudin1, Ahmad Faoji2, N. A. A. (2021). Uji Kekuatan Sambungan Las Gesek Dengan Bahan Baja St 60. *Samsudin1, Ahmad Faoji2, Nur Aidi Ariyanto3*, 71, 1–7.

Sc, K. K. B., Welding, F., Tarik, K., & Material, B. P. (2015). *PENGARUH VARIASI RPM PADA PENGELASAN FRICTION WELDING BAJA S45C* Werda Erfiansyah Novi Sukma Drastiawati.

Septian, R., Jatisukamto, G., & Junus, S. (2016). *PENGARUH WAKTU GESEK FRICTION WELDING TERHADAP KARAKTERISASI BAJA AISI 1045 DENGAN SUDUT CHAMFER 15 o* Friction welding is a technique by rubbing between two metal surfaces to produce a heat source , causing. 9(November), 116–120.

Setyawan, F. W., & Dwilaksana, D. (2014). *ANALISIS SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO ALUMINIUM PADUAN Al-Mg-Si HASIL PENGELASAN FRICTION WELDING DENGAN VARIASI KECEPATAN PUTAR* All metals can be done , but welding on some metals , especially aluminum alloys with certain hard to do welding . Various. 7(November), 1–4.

Suhendar, A., Mawardi, & Ibrahim, A. (2020). Pengaruh durasi waktu pengelasan pada proses las gesek terhadap sifat mekanik material aisi 1045. *Journal of Welding Technology*, 2(2), 45–50.

Teknik, J., Fakultas, M., Universitas, T., & Malang, M. (2016). Analisa Kekuatan Sambungan Friction Welding Pada Baja St 37. *Teknologi Dan Rekayasa (SENTRA) 2016*, 4(1), 197.



---

Wartono, & Kuntara, H. (2017). Pengaruh Putaran Tools Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanis Sambungan Friction Stir *Welding* Pada Aluminium Paduan 6061 Wartono, Hasta Kuntara. *Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Yogyakarta*.