



**STUDI SIFAT MEKANIS HASIL PENGELASAN DENGAN
METODE LAS GESEK PADA MATERIAL BAJA TAHAN
KARAT AISI D2 & AISI 304**

SKRIPSI

**TEKNIK MESIN
KONSTRUKSI DAN PERANCANGAN**

Skripsi diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar sarjana



Disusun oleh:

NAMA : DENI

NIM : 172110037

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK & ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA
2021**

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Jakarta, 10 September 2021

Mahasiswa,



Deni

NIM. 172110037

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Deni
NIM : 172110037
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Studi Sifat Mekanis Hasil Pengelasan Dengan
Metode Las Gesek Pada Material Baja Tahan
Karat AISI D2 Dan AISI 304

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana **Teknik** pada Program Studi **Teknik Mesin** Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Global Jakarta.

DEWAN PEMBIMBING

Pembimbing 1 : Ade Sunardi, ST., MT

()

Pembimbing 2 : Sinta Restuasih, ST., MT

()

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 04 September

HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Deni
NIM : 172110037
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Studi Sifat Mekanis Hasil Pengelasan Dengan
Metode Las Gesek Pada Material Baja Tahan
Karat AISI D2 Dan AISI 304

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Global Jakarta.

DEWAN PENGUJI

Penguji 1 : Adhes Gamayel, PhD

()

Penguji 2 : Riyan Ariyansah, ST., MT

()

Penguji 3 : Ida Bagus Indra, ST., MT

()

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 10 September

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat- Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin pada Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer University Global Jakarta. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Bpk. Mohamad Zaenudin S.Pd., M.Sc.Eng Ketua Jurusan Teknik Mesin yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Bpk. Ade Sunardi, ST., MT Dosen pembimbing I, yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (3) Ibu. Sinta Restuasih, ST., MT Dosen pembimbing II, yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (4) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
- (5) Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini. Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Jakarta, 10 September 2021

Penulis



PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Global Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Deni
NPM : 172110037
Program Studi : Teknik Mesin
Jenis Karya Ilmiah : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Global Jakarta **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**STUDI SIFAT MEKANIS HASIL PENGELASAN DENGAN METODE
LAS GESEK PADA MATERIAL BAJA TAHAN KARAT AISI D2 DAN
AISI 304**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Non-eksklusif ini Universitas Global Jakarta berhak menyimpan, mengalih-media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 10 September 2021



10000
Rp
METERAI
TEMPEL
AF196AJX605628927

Deni

NIM. 172110037

ABSTRAK

Teknik pengelasan telah digunakan secara luas dalam penyambungan logam dengan media panas. Sumber panas yang dipakai berasal dari busur listrik, nyala oksi-asitilen dan gesekan. las gesek (*friction welding*) merupakan salah satu metode pengelasan jenis solid state welding, dimana panas dihasilkan oleh dua logam yang bergesekan sehingga logam mencair kemudian membeku bersama-sama menjadi sambungan las. Sambungan las yang paling banyak digunakan pada saat ini adalah las fusi. Kelebihan pengelasan ini adalah tidak membutuhkan logam pengisi, waktu pengelasannya cepat dan temperatur operasi di bawah titik lebur logam. Keunggulan lain teknik pengelasan ini adalah menghemat bahan karena tidak membutuhkan logam pengisi, fluks dan gas pelindung, waktu pengelasan pendek dan temperatur operasi di bawah titik lebur logam. Penelitian ini membahas mengenai pengelasan gesek untuk mengetahui sifat mekanis pada pengelasan gesek logam AISI D2/ AISI 304. Metode yang digunakan dengan pengujian yaitu : uji tarik dan uji kekerasan (*Vickers*). Pada pengujian ini didapat nilai uji tarik paling tinggi terdapat pada specimen no 9 yaitu 352Mpa dengan parameter waktu gesek 70s, tekanan tempa 2,5 Mpa dan waktu tempa 35s. dan untuk hasil Uji kekerasan dengan nilai yang tinggi terdapat pada specimen no 9 area weld yaitu 649HV dengan parameter waktu gesek 70s, tekanan tempa 2,5 Mpa dan waktu tempa 35s.

Kata Kunci : *Friction Welding, Logam AISI D2/AISI 304, Uji tarik*

ABSTRAK

Welding techniques have been used extensively in joining metal to hot media. The heat source used comes from an electric arc, an oxy-acetylene flame and friction. Friction welding is a method of solid state welding, where the heat generated by two metals rubbing together so that the metal melts and then solidifies together into a weld joint. Welding joints that are most widely used today is fusion welding. The advantages of this welding are that it does not require a charger, the welding time is fast and the operating temperature is below the melting point of the metal. Other advantages of this welding technique are material preservation because it does not require a charger, flux and gas shield, short welding time and operating temperature below the melting point of the metal. This study discusses friction welding to see the mechanical of AISI D2 / AISI 304 metal friction welding. The methods used are: , tensile test and hardness test (Vickers). In this test, the highest tensile test value was found in specimen No. 9, namely 352Mpa with the parameters of friction time of 70s, forging pressure of 2.5 Mpa and forging time of 35s. and for the results of the hardness test with a high value found in specimen No. 9 the weld area is 649HV with a friction time parameter of 70s, forging pressure of 2.5 Mpa and forging time of 35s.

Keywords: *Friction Welding, Metal AISI D2 / AISI 304, Tensile Test,*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI	iii
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS.....	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Pengelasan.....	6
2.2 Klasifikasi Pengelasan	6
2.3 Macam-macam dan Jenis Pengelasan	7
2.4 Las Gesek	11
2.5 Jenis-jenis Sambungan Las	15
2.6 Mesin Bubut	16
2.7 Pengujian Hasil Pengelasan	17
2.8 Baja AISI 304.....	21
2.9 Baja AISI D2.....	22
2.10 Mesin <i>Friction Welding</i>	23
2.11 Standar ASTM	23

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Diagram Alir Penelitian	25
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	26
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	30
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	31
3.5 Desain Of Experiment.....	32
3.6 Analisis Metallografis	33
3.7 Pelaksanaan Penelitian	33
3.8 Proses Pengelasan	35
3.9 Pengujian Mekanis	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
4.1 Hasil Penyambungan Benda Uji.....	44
4.1.1 Hasil Pengelasan Gesek	44
4.2 Hasil Dari Penyiapan Benda Uji	44
4.2.1 Hasil Bubut Spesimen.....	44
4.2.2 Hasil Pemipihan Spesimen	45
4.2.3 Hasil Poles Pada Spesimen	45
4.3 Hasil Pengujian Mekanik	46
4.3.1 Uji Tarik.....	46
4.3.1.1 Benda Uji Yang Telah Di Lakukan Uji Tarik	46
4.3.1.2 Pembahasan Hasil Nilai Uji Tarik.....	47
4.3.1.3 Hasil Nilai Uji Tarik.....	48
4.3.2 Uji Kekerasan.....	54
4.3.2.1 Benda Uji Yang Telah Dilakukan Uji Kekerasan	54
4.3.2.2 Hasil Nilai Uji Kekerasan.....	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA	71

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknik pengelasan telah digunakan secara luas dalam penyambungan logam dengan media panas. Sumber panas yang dipakai berasal dari busur listrik, nyala oksi-asitilen dan gesekan. Las busur listrik umumnya adalah salah satu jenis cara untuk menyambung logam dengan menggunakan nyala busur listrik ke permukaan logam yang akan dilas. Daerah yang terkena busur listrik maka akan mencair, termasuk juga elektroda yang menghasilkan busur listrik akan mencair di pangkal ujungnya dan terus merambat sampai habis. Nyala oksi-asitilen berasal dari pembakaran oksigen dan gas asitilen. Sedangkan las gesek (*friction welding*) merupakan salah satu metode pengelasan jenis solid state welding, dimana panas dihasilkan oleh dua logam yang bergesekan sehingga logam mencair kemudian membeku bersama-sama menjadi sambungan las. Sambungan las yang paling banyak digunakan pada saat ini adalah las fusi. Las fusi merupakan proses pengelasan dengan mencairkan sebagian logam induk yang dicairkan bersamaan bahan tambah pada saat proses pengelasan. Dalam pengaplikasiannya las fusi biasa digunakan untuk pengelasan pelat datar, plat siku, dan pipa. Jenis pengelasan fusi diantaranya Shield Metal Arc Welding (SMAW), Gas Tungsten Arc Welding (GTAW), Metal Inert Gas (MIG), dan sebagainya. Metode pengelasan fusi juga masih memiliki kekurangan, seperti pada saat melakukan pengelasan untuk logam silinder pejal berdiameter besar, pengelasan hanya dapat dilakukan pada sisi luar permukaan saja, sedangkan pada sisi dalam sulit dilakukan. Untuk mengatasi masalah tersebut telah dikembangkan teknik solid state welding. Teknik pengelasan tanpa logam pengisi atau pengelasan padat. Jenis teknik yang dipakai biasanya adalah las gesek (*friction welding*). Dimana panas untuk pengelasan dihasilkan oleh gerakan relatif antara dua permukaan bahan yang saling bergesekan, salah satu berputar sedang lainnya diam, lalu dikontakkan oleh gaya tekan. Gesekan pada kedua permukaan kontak dilakukan meningkat. Dengan gaya tekan dan panas pada kedua permukaan hingga

pertemuan kedua bahan mencapai suhu leleh (*melting temperature*) maka terjadilah proses las.

Kelebihan pengelasan ini adalah tidak membutuhkan logam pengisi, waktu pengelasannya cepat dan temperatur operasi di bawah titik lebur logam. Sultoni (2016), mempelajari efek tekanan gesek dan waktu gesekan pada penyambungan dissimilar bahan Aluminium Alloy 2024 T4 dan Stainless Steel AISI 420 metode continuous drive friction welding. Waktu yang sangat lama dapat menyebabkan produktivitas menurun saat proses pengelasan. Sementara tekanan gesek yang terlalu besar dapat menyebabkan pemborosan bahan. Sedangkan waktu yang tidak sesuai dapat menyebabkan pemanasan yang tidak merata serta kemungkinan terjadi jebakan oksida di daerah interface. Sehingga pemilihan parameter tekanan gesek dan waktu gesekan menentukan boros atau tidaknya bahan dan hasil dari sambungan tersebut. Shubhavardhan dan Surendran (2012), melakukan penelitian dissimilar material Aluminium Alloy AA6082 dan Stainless Steel AISI 304 dengan metode continuous drive friction welding. Penelitian dilakukan dengan melakukan variasi waktu gesek dan tekanan gesek. Waktu gesek yang lama menyebabkan terbentuknya lapisan intermetalik di daerah interface. Pengaruh waktu gesek dan tekanan gesek pada kekuatan sambungan dengan waktu tempa konstan yaitu 210 MPa menimbulkan fraktur pada interface sambungan las dissimilar material. Kekuatan sambungan las lebih rendah dari pada kekuatan base metal Aluminium Alloy AA6082 yaitu sebesar 290 MPa. Hasil patahan tarik menunjukkan Aluminium menempel sebagian pada Stainless Steel. Dari penelitian yang telah dilakukan belum menemukan banyak variasi tekanan gesek yang sesuai pada pengelasan continuous drive friction welding menggunakan bahan Stainless Steel 304 terhadap kekuatan tarik, dan nilai kekerasan sambungan las. Hanya ada beberapa variasi tekanan gesek yang sesuai dalam penelitian sebelumnya yang telah dilakukan. Untuk itu, penelitian ini difokuskan pada pengaruh variasi tekanan gesek terhadap kekuatan tarik, struktur mikro, dan nilai kekerasan dengan material Stainless Steel 304.

Baja tahan karat austenitik SS 304 merupakan salah satu jenis logam paduan Fe-Cr-Ni yang telah dipakai secara luas di dunia industri karena kekuatan mekanis dan ketahanan korosi yang tinggi. Teknik penyambungan/pengelasan baja tahan

karat austenitik, dengan memperhatikan sifat mekanis dan ketahanan korosinya, harus mempertimbangkan aspek metalurgi, geometri dan pengerjaan akhir dari permukaannya. Pada proses pengelasan konvensional, seperti: las TIG, laser atau pengelasan electron beam, menimbulkan peluang terbentuknya propagasi fasa yang tidak diinginkan dan beberapa perubahan metalurgi yang merugikan di daerah pengelasan, seperti: fasa ferit- δ , korosi batas butir, korosi regangan dan fasa- σ . Permasalahan pada proses pengelasan gesek konvensional tersebut dapat dieliminasi dengan penggunaan solid state welding process, dimana pengelasan gesek merupakan salah satunya, karena proses pengelasan ini singkat dan memiliki kecepatan pendinginan tinggi. Pada proses pengelasan gesek, panas diperoleh dengan mengkonversikan energi mekanis menjadi energi termal pada antar muka komponen yang bergesekan, kemudian tekanan tempa diberikan untuk menyambung komponen tersebut. Teknik pengelasan ini dapat digunakan untuk menyambung logam yang sangat berbeda sifat thermal dan mekanisnya, juga sering diaplikasikan pada sambungan antar logam yang tidak dapat dilakukan oleh teknik pengelasan logam lainnya yang menghasilkan fase getas. Keunggulan lain teknik pengelasan ini adalah menghemat bahan karena tidak membutuhkan logam pengisi, fluks dan gas pelindung, waktu pengelasan pendek dan temperatur operasi di bawah titik lebur logam. Penelitian tentang pengelasan gesek untuk mengetahui sifat mekanis dan mikrostruktur pada pengelasan gesek logam sejenis SS 304 telah dilakukan dalam jumlah yang masih sedikit (Sathiya dkk, 2003, Sahin, 2005, Sahin, 2007, Sidiq, 2013). Sathiya dkk, (2003) menggunakan mesin las gesek KUKA dengan tekanan gesek 1,5-2 MPa, waktu gesek 3-8 detik dan tekanan tempa sebesar 4-4,5 MPa pada putaran 1125 rpm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada sambungan las tidak teramati adanya porositas dan retak. Nilai kekuatan sambungan las hampir sama dengan kekuatan material dasar (580-610 MPa), namun kekuatan sambungan menurun (528 MPa) seiring dengan kenaikan waktu gesek karena adanya pembesaran ukuran butir dan pelebaran daerah sambungan. Sebagian besar patahan terjadi di daerah lasan, sedangkan permukaan patahan menunjukkan patahan ulet tanpa adanya struktur dimple. Dengan mengaplikasikan nilai parameter yang lebih tinggi yaitu tekanan gesek, waktu gesek, tekanan tempa dan putaran masing-masing sebesar 60 MPa, 9 detik,

110 MPa, 1440 rpm, Sahin, (2005) & Sahin (2007) memperoleh nilai kekuatan sambungan lebih tinggi (795 MPa). Tulisan ini membahas tentang studi eksperimen pengaruh parameter pada struktur mikro dan sifat mekanik, yang direpresentasikan oleh struktur mikro, dari pengelasan gesek baja tahan karat asutenitik AISI 304 yang dilakukan dengan parameter pengelasan tekanan gesek 1,38 – 4,14 MPa. dan tekanan tempa 6,90 – 8,27 MPa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka peneliti merumuskan permasalahan pada penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh sifat mekanis hasil pengelasan dengan metode las gesek pada material baja AISI D2 dengan material baja AISI 304 yang mengacu pada standar ASTM.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini hanya difokuskan pada:

1. Proses pengelasan gesek.
2. Material yang digunakan adalah baja AISI D2 dengan AISI 304.
3. Spesimen benda kerja berbentuk flat dengan dimensi panjang 100 mm dan diameter 13 mm.
4. Parameter yang digunakan dalam proses pengelasan yaitu : *friction time*, *rotation speed* dan *friction pressure*.
5. Pengujian sambungan las yang akan dilakukan adalah uji kekerasan metode *Vickers* dan uji tarik.
6. Standar yang diajukan untuk parameter las dan uji kekuatan adalah standard ASTM .

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis kekerasan terhadap sambungan las gesek pada material baja AISI D2 dengan material baja AISI 304 dengan menggunakan metode *hardness vickers test*.
2. Menganalisis kekuatan tarik (*tensile strength*) terhadap sambungan las gesek pada material baja AISI D2 dengan material baja AISI 304.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Sebagai referensi dalam melaksanakan pengelasan dengan parameter yang tepat agar diperoleh hasil yang diinginkan.
2. Sebagai referensi untuk penelitian sejenis.
3. Memberikan motivasi kepada peneliti lain untuk meneliti proses pengelasan gesek lebih lanjut.
4. Menambah pustaka keilmuan dalam bidang teknik mesin, khususnya tentang las gesek.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam Skripsi ini terdiri dari lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut ini:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan Skripsi.

BAB II LANDASAN TEORI

Berisi tentang teori-teori yang diambil dari beberapa literatur, buku dan dokumentasi lainnya yang mendukung masalah penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang obyek penelitian, metode pengumpulan data, metode pengolahan data, analisa data dan kerangka pemecahan masalah.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan tentang hasil penelitian yang dilakukan pada pekerja meliputi perbandingan cara kerja dan setelah penggunaan alat.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Mengemukakan kesimpulan dan saran yang diperoleh dari analisa data serta mengemukakan saran yang dapat dijadikan bahan pertimbangan dan masukan bagi pekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM A751-01, 2001, Standard Test Methods, Practices, And Terminology For Chemical Analysis Of Steel Products, Bar Harbour, United State.
- Hermawan Widi Laksono dan Sugiyanto (2014) Analisa hasil pengelasan gesek pada sambungan sama jenis baja st 60, sama jenis aisi 201, dan beda jenis baja st 60 dengan aisi 201. Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 2, No. 1, Universitas Diponegoro.
- Husodo dan Sanyoto, 2011. Peningkatan Peran Teknologi Friction Welding Dalam Memproduksi As Sepeda Motor Produk Industri Kecil D3 Teknik Mesin Fakultas Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Manideep, D., dan K. Balachandar. 2012. "Parameter Pengelasan-Sifat Metalurgi Korelasi Pengelasan Gesekan Baja Tahan Karat Austenitik dan Baja Tahan Karat Feritik." Jurnal Ilmu Terapan.
- Mishra, R. S., dan Z. Y. Ma. 2005. "Pengelasan dan Pemrosesan Aduk Gesekan". Ilmu dan Teknik Material R: Laporan.
- Nafsan dan wisnu, 2019. Friction Welding Optimasi Parameter Proses Las Gesek Rotari Terhadap Kekuatan Sambungan Las Bahan Tembaga Fakultas teknik jurusan teknik mesin Universitas Pancasila Jakarta
- Nizar Bagas Maulana, 2018. Pengaruh Variasi Beban Identor Vickers Hardness Tester Terhadap Hasil Uji Kekerasan Material Aluminium dan Besi Cor, Universitas Tidar.
- Rai, R., A. De, H. K.D.H. Bhadeshia, dan T. DebRoy. 2011. "Ulasan: Alat Las Pengaduk Gesekan." Ilmu dan Teknologi Pengelasan dan Penggabungan.