



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PENGUJIAN SAMBUNGAN PADA PROSES PENGELASAN
GESEK BEDA LOGAM ANTARA ST 60 DENGAN AISI 304**

TUGAS AKHIR

**AHMAD MARDIYONO
L2E 005 418**

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG
SEPTEMBER 2011**

TUGAS AKHIR

Diberikan Kepada : Nama : Ahmad Mardiyono
NIM : L2E 005 418

Dosen Pembimbing : Ir. Sugiyanto, DEA

Jangka Waktu : 3 (Tiga) Bulan

Judul : Pengujian Sambungan pada Proses Pengelasan Gesek Beda Logam antara ST 60 dengan AISI 304

Isi Tugas : 1. Melakukan pengujian pengelasan gesek dengan metode *direct drive friction welding*.
2. Untuk mengetahui kekuatan tarik hasil sambungan kemudian melakukan pengujian kekerasan mikro *Vickers* dan struktur mikro sambungan las yang memiliki kekuatan tarik tertinggi.

Semarang, September 2011

Pembimbing




Ir. Sugiyanto, DEA

NIP. 196001251987031001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi/Tesis/Disertasi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Ahmad Mardiyono
NIM : L2E 005 418
Tanda Tangan : 
Tanggal : September 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Ahmad Mardiyono

NIM : L2E 005 418

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Pengujian Sambungan pada Proses Pengelasan Gesek Beda Logam antara ST 60 dengan AISI 304

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Ir. Sugiyanto, DEA

Penguji : Dr. Jamari, ST, MT

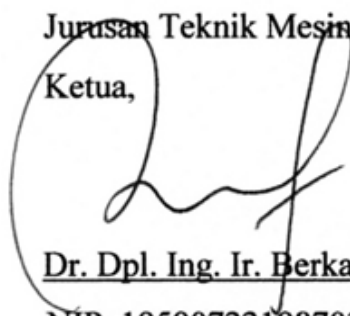
Penguji : Muchammad, ST, MT



Semarang, September 2011

Jurusan Teknik Mesin

Ketua,


Dr. Dpl. Ing. Ir. Berkah Fadjar TK

NIP. 195907221987031003

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ahmad Mardiyono
NIM : L2E 005 418
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Universitas Diponegoro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :


PENGUJIAN SAMBUNGAN PADA PROSES PENGELASAN GESEK BEDA
LOGAM ANTARA ST 60 DENGAN AISI 304

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : September 2011

Yang menyatakan


(Ahmad Mardiyono)
NIM: L2E 005 418

MOTTO

"PENCAPAIAN TUJUAN ITU BUTUH TEKAD DAN
KESUNGGUHAN YANG KONSISTEN"

PERSEMBAHAN

SKRIPSI INI KUPERSEMBAHKAN UNTUK BAPAK DAN IBUKU,
SAUDARA-SAUDARAKU, DAN SOBAT SEMUA YANG SELALU
MENCURAHKAN KASIH SAYANGNYA, SEMANGAT UNTUK TERUS
MAJU DAN PANTANG MENYERAH, DUKUNGAN, KRITIKAN, DAN
BANTUAN DAN JUGA DOA YANG TAK HENTI-HENTINYA MENGALIR
DALAM SETIAP LANGKAHKU.

ABSTRAK

Pengelasan gesek merupakan salah satu metode penyambungan yang dikenal dalam proses produksi. Metode ini sering dipakai dalam proses produksi yang melibatkan penyambungan material beda jenis. Dalam penelitian ini dipelajari proses penyambungan menggunakan pengelasan gesek pada material baja karbon sedang (ST 60) dengan *austenitic stainless steel* (AISI 304). Jenis pengelasan gesek yang digunakan adalah *direct drive friction welding*. Pada pengelasan ini baja silinder pejal AISI 304 dijepit pada *chuck* yang berputar kemudian baja silinder pejal ST 60 yang dijepit pada *chuck* yang diam ditekan dengan suatu tekanan kontak tertentu sehingga terjadi gesekan. Tekanan upset diberikan pada saat putaran dihentikan. Parameter kecepatan *spindle*, tekanan gesek, waktu gesek, tekanan upset dan waktu upset adalah komponen penting dalam penelitian ini. Hasil sambungan diuji dengan uji tarik, uji kekerasan mikro dan mikrografi, dimana data yang diperoleh dibandingkan dengan material induk. Hasil pengujian tegangan tarik menunjukkan nilai maksimum kemudian turun lagi dimana nilai tegangan maksimum dicapai pada 664 MPa, yaitu 95% dari kekuatan tarik material induk AISI 304 (697 MPa) dan 92% dari kekuatan tarik material induk ST 60 (715 MPa). AISI 304 memiliki daerah HAZ lebih kecil dibandingkan ST 60 dan nilai kekerasan AISI 304 cenderung dibawah ST 60. Hasil foto mikro pada logam induk, HAZ dan transisi material beda jenis dilaporkan dalam penelitian ini.

Kata kunci: Pengelasan; Las Gesek; ST 60; AISI 304.

ABSTRACT

Friction welding is one joining method that known in the production process. This method is often used in the production process that involves joining of dissimilar material. In this research studied the process of joining using friction welding on medium carbon steel (ST 60) material with austenitic stainless steel (AISI 304). Friction welding type that used is direct drive friction welding. In this welding of AISI 304 solid cylinder steel is clamped in a rotating chuck and ST 60 solid cylinder steel which is clamped in a stationary chuck is pressed with a certain contact pressure resulting in friction. Upset pressure is given at the time of rotation is stopped. Parameters of spindle speed, friction pressure, friction time, upset pressure and upset time is an essential component in this study. Joint result is tested with a tensile test, micro hardness test and micrography, which data obtained were compared with the parent material. Tensile test result showed a maximum value and then downwards again where the maximum stress value is achieved at 664 MPa, is 95% of AISI 304 parent material tensile strength (697 MPa) and 92% of ST 60 parent material tensile strength (715 Mpa). AISI 304 has HAZ region smaller than ST 60 and AISI 304 hardness value tends under ST 60. The result of micro photo on the parent metal, HAZ and transition dissimilar material reported in this study.

Key words: Welding; Friction welding; ST 60; AISI 304.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur atas kehadiran Alloh SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya serta bantuan lahir dan batin, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “PENGUJIAN SAMBUNGAN PADA PROSES PENGELASAN GESEK BEDA LOGAM ANTARA ST 60 DENGAN AISI 304”. Laporan Tugas Akhir ini, penulis susun untuk melengkapi persyaratan mencapai gelar Sarjana Strata 1 (S1) Teknik Mesin pada Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.

Dalam menyusun dan menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini, dengan segala kerendahan hati, penulis menghaturkan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ir. Sugiyanto, DEA, selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan masukan kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Dr. Jamari, ST, MT dan Rifky Ismail, ST, MT yang telah memberikan masukan kepada penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Drs. Poedji Haryanto, SST yang telah membantu pengerjaan Tugas Akhir ini dan memberikan izin penggunaan fasilitas di Laboratorium Politeknik Negri Semarang.
4. Viktor Hari Suroto yang merupakan partner Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, sekalipun penulis telah berusaha dengan segala kemampuan yang ada. Untuk menyempurnakannya, penulis dengan senang hati menerima segala kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Wassalam mu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, September 2011

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN TUGAS SARJANA.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK.....	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xviii
NOMENKLATUR.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Metode Penelitian	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI	6
2.1 Pengelasan.....	6
2.1.1 Pengertian Pengelasan	6
2.1.2 Klasifikasi Pengelasan.....	6
2.2 Pengelasan Tekan (<i>Solid-State</i>)	7
2.3 <i>Friction Welding (FRW)</i>	8
2.3.1 <i>Rotary Friction Welding</i>	10
2.3.1.1 <i>Direct Drive Welding</i>	11

2.3.1.2	<i>Inertia-Drive Welding</i>	12
2.3.2	<i>Friction Stir Welding</i>	15
2.3.3	<i>Linear Friction Welding</i>	16
2.4	Material	17
2.4.1	Baja	17
2.4.1.1	Baja Karbon Rendah	18
2.4.1.2	Baja Karbon Sedang	18
2.4.1.3	Baja Karbon Tinggi	19
2.4.1.4	Diagram Fasa Besi-Besi Karbida (Fe-Fe ₃ C)	19
2.4.2	<i>Stainless Steel</i>	22
2.4.2.1	<i>Austenitic Stainless Steel</i>	25
2.4.2.2	<i>Ferritic Stainless Steel</i>	26
2.4.2.3	<i>Martensitic Stainless Steel</i>	26
2.4.2.4	<i>Duplex Stainless Steel</i>	27
2.5	Penelitian Pengelasan Gesek Sebelumnya	27
2.5.1	Penyambungan AISI 1040 Menggunakan FRW	27
2.5.2	Penyambungan AISI 304 Menggunakan FRW	31
2.5.3	Penyambungan <i>high speed steel</i> dengan <i>medium carbon steel</i> Menggunakan FRW	34
2.5.4	Penyambungan <i>medium carbon steel</i> dengan <i>austenitic stainless steel</i> menggunakan FRW	41
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		45
3.1	Material Uji	45
3.2	Langkah Pengerjaan	46
3.3	Mekanisme Pengujian	48
3.3.1	Langkah-langkah pengujian	52
3.3.2	Mekanisme ulir	53
3.3.3	Parameter percobaan	56
3.3.4	Hasil pengelasan gesek	57
3.4	Pengujian Hasil Pengelasan	59

3.4.1	Pengujian Tarik	59
3.4.2	Pengujian kekerasan mikro vickers	63
3.4.3	Pengujian mikrografi	66
BAB IV ANALISA HASIL PENGUJIAN		69
4.1	Pengujian Tarik	69
4.1.1	Data Pengujian Tarik	69
4.1.2	Analisa dan Pembahasan Hasil Uji Tarik	70
4.1.3	Analisa Patahan	76
4.2	Pengujian Kekerasan Mikro <i>Vickers</i>	77
4.2.1	Data Pengujian Kekerasan Mikro <i>Vickers</i>	77
4.2.2	Analisa dan Pembahasan Hasil Uji Kekerasan	79
4.3	Pengujian Mikrogarfi	80
BAB V PENUTUP		83
5.1	Kesimpulan	83
5.2	Saran	84
DAFTAR PUSTAKA		85
LAMPIRAN		87
LAMPIRAN A: DATA HASIL PENGUIAN		88
LAMPIRAN B: DATA HASIL PENGUIAN TARIK		90
LAMPIRAN C: DATA HASIL PENGUJIAN KEKERASAN		
MIKRO VICKERS		92
LAMPIRAN D: FOTO DOKUMENTASI		94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Penggunaan pengelasan gesek; a) <i>Roller</i> ; b) Katup; c) <i>Shaft</i> ; d) <i>Hidraoullic cylinder</i>	2
Gambar 2.1	Klasifikasi pengelasan berdasarkan cara kerja.....	7
Gambar 2.2	Skema langkah dalam proses pengelasan gesek, (a) satu benda kerja berputar, dan lainnya diam, (b) kedua benda kerja menekan bersama, dan proses gaya tekan aksial untuk memulai proses gesekan, (c) benda kerja berputar dihentikan, fase forging atau upset diberikan dan proses pengelasan selesai.....	9
Gambar 2.3	Tiga tahapan proses <i>direct-drive</i> FRW dalam fungsi waktu.....	11
Gambar 2.4	Skema alat pengelasan dari <i>direct-drive</i> FRW.....	12
Gambar 2.5	Tiga tahapan proses <i>Inersia-Drive</i> FRW sebagai fungsi waktu ...	13
Gambar 2.6	Pengaruh parameter pengelasan terhadap flash yang diperoleh ketika selesai las logam menggunakan <i>inersia-drive frw</i> . (a) energi <i>flywheel</i> . (b) kecepatan putaran awal benda kerja. (c) tekanan	14
Gambar 2.7	Skematis hubungan benda kerja untuk komponen utama dari sistem <i>frw inersia-drive</i>	15
Gambar 2.8	<i>Friction stir welding</i>	16
Gambar 2.9	<i>Linear friction welding</i>	17
Gambar 2.10	Diagram kesetimbangan Fe-Fe ₃ C	20
Gambar 2.11	Diagram Schaeffler	23
Gambar 2.12	Diagram fasa Fe-Cr-Ni: a) 70% Fe; b) 60% Fe	25
Gambar 2.13	Parameter pada <i>continous-drive friction welding</i>	28
Gambar 2.14	Mesin pengelasan gesek.....	28
Gambar 2.15	Posisi spesimen uji	29
Gambar 2.16	Hasil uji kekuatan tarik a) efek waktu gesek b) efek tekanan gesek.....	29
Gambar 2.17	Orientasi uji kekerasan mikro	30

Gambar 2.18 Hasil uji kekerasan mikro: a) Horisontal; b) Vertikal.....	30
Gambar 2.19 Model alat uji	32
Gambar 2.20 Posisi spesimen uji.....	32
Gambar 2.21 Hasil uji kekuatan tarik: a) efek waktu gesek; b) efek tekanan gesek.....	33
Gambar 2.22 Hasil uji kekerasan mikro: a) Horisontal; b) Vertikal.....	34
Gambar 2.23 Mikrografi AISI 304: a) Material induk; b) HAZ; c) Sambungan.....	34
Gambar 2.24 Tipe Sel 3 Posisi spesimen uji	35
Gambar 2.25 Hasil kekuatan tarik a) efek waktu gesek b) efek tekanan gesek..	36
Gambar 2.26 Letak uji kekerasan mikro.....	36
Gambar 2.27 Uji kekerasan <i>no-annealed</i> dan <i>annealed</i>	37
Gambar 2.28 Makrografi sambungan las.....	38
Gambar 2.29 Mikrografi <i>medium-carbon steel</i>	38
Gambar 2.30 Mikrografi <i>high-speed steel</i>	39
Gambar 2.31 Mikrografi <i>medium-carbon steel</i> pada daerah HAZ.....	39
Gambar 2.32 Mikrografi <i>high-speed steel</i> pada daerah HAZ.....	39
Gambar 2.33 Mikrografi sambungan.....	40
Gambar 2.34 Makrografi sambungan <i>annealed</i>	40
Gambar 2.35 Mikrografi <i>medium-carbon steel</i> pada sambungan <i>annealed</i>	40
Gambar 2.36 Mikrografi <i>high-speed steel</i> pada sambungan <i>annealed</i>	41
Gambar 2.37 Mikrografi <i>medium-carbon steel</i> pada daerah HAZ.....	41
Gambar 2.38 Fotografi sambungan las dan specimen fatigue: (a) sambungan pengelasan gesek; (b) Unnotched fatigue specimen (sebelum tes); (c) Notched fatigue specimen (sebelum tes); (d) Unnotched fatigue specimen (setelah tes); (e) Notched fatigue specimen (setelah tes)	42
Gambar 2.39 Kekerasan mikro	43
Gambar 2.40 Mikrografi sambungan beda material: (a) mikrografi MCS; (b) mikrografi ASS; (c) makrostruktur sambungan; (d) mikrografi	

	daerah kontak pada 50x; (e) mikrografi dari HAZ daerah MCS;	
	(f) mikrografi dari HAZ daerah ASS	43
Gambar 3.1	Ukuran spesimen benda uji	45
Gambar 3.2	Spesimen benda uji	45
Gambar 3.3	Diagram alir pengujian las gesek	46
Gambar 3.4	Mekanisme penyambungan pengelasan gesek.....	48
Gambar 3.5	Bandul beban.....	49
Gambar 3.6	<i>Drill chuck</i>	49
Gambar 3.7	Dimensi batang penyangga beban dalam mm.....	50
Gambar 3.8	Konstruksi batang penyangga beban.....	50
Gambar 3.9	Jangka sorong.....	51
Gambar 3.10	<i>Stopwatch</i>	51
Gambar 3.11	Skema alat uji.....	52
Gambar 3.12	Langkah-langkah pengujian	52
Gambar 3.13	Mekanisme ulir	53
Gambar 3.14	Diagram benda bebas	53
Gambar 3.15	Skema pengelasan gesek beda material dalam penelitian ini	57
Gambar 3.16	Flash pada pengelasan gesek.....	58
Gambar 3.17	Hasil pengelasan gesek	58
Gambar 3.18	Standar ASTM E 8M	59
Gambar 3.19	Spesimen untuk uji tarik	59
Gambar 3.20	Grafik tegangan regangan	60
Gambar 3.21	Ilustrasi penampang samping bentuk perpatahan benda uji tarik sesuai dengan tingkat keuletan/kegetasan.....	61
Gambar 3.22	Diagram alir pengujian tarik	62
Gambar 3.23	Alat uji tarik: a) Polines; b) UGM	62
Gambar 3.24	Skematis prinsip indentasi dengan metode Vickers	64
Gambar 3.25	Diagram alir indentasi dengan metode Vickers	64
Gambar 3.26	Alat kekerasan Vickers	65
Gambar 3.27	Alat uji mikrografi.	66
Gambar 3.28	Spesimen uji mikrografi.....	66

Gambar 3.29	Diagram alir pengujian mikrografi	68
Gambar 4.1	Grafik hubungan tegangan tarik terhadap waktu pada tekanan gesek 19 Mpa	70
Gambar 4.2	Grafik hubungan tegangan tarik terhadap waktu pada tekanan gesek 29 Mpa.	71
Gambar 4.3	Grafik hubungan tegangan tarik terhadap waktu pada tekanan gesek 39 Mpa	71
Gambar 4.4	Grafik hubungan tegangan tarik terhadap tekanan gesek pada waktu yang sama yaitu 20 detik.....	72
Gambar 4.5	Hasil kekuatan tarik a) efek waktu gesek b) efek tekanan gesek..	73
Gambar 4.6	Hasil kekuatan tarik a) efek waktu gesek b) efek tekanan gesek..	73
Gambar 4.7	Hasil kekuatan tarik a) efek waktu gesek b) efek tekanan gesek..	74
Gambar 4.8	Mesin pengelasan gesek system hidrolik.....	74
Gambar 4.9	Mesin pengelasan gesek mekanisme ulir dan bandul	75
Gambar 4.10	Patahan tampak atas: a) Patah di lasan; b) Patah di luar lasan.....	76
Gambar 4.11	Patahan tampak samping.....	76
Gambar 4.12	Patahan: a) AISI 304; b) ST 60; c) Sambungan AISI 304-ST 60.	77
Gambar 4.13	Orientasi pengukuran kekerasan Vickers.....	77
Gambar 4.14	Grafik hubungan kekerasan mikro <i>Vickers</i> dengan jarak arah vertikal	79
Gambar 4.15	Grafik hubungan kekerasan Vickers dengan jarak arah horisontal	80
Gambar 4.16	Zona pengambilan mikrografi.....	80
Gambar 4.16	Mikrografi pengelasan gesek ST 60-AISI 304: 1) Logam induk AISI 304; 2) Transisi Logam Induk AISI 304-HAZ AISI 304; 3) HAZ AISI 304; 4) Daerah las AISI 304; 5) Sambungan las AISI 304-ST 60; 6) Daerah las ST 60; 7) HAZ ST 60; 8) Transisi HAZ-logam induk ST 60; 9) Logam induk ST 60.....	81
Gambar 4.16	Deformasi pada daerah las	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penamaan baja karbon.....	18
Tabel 2.2	Parameter pengelasan.....	35
Tabel 2.3	Properti mekanik	43
Tabel 3.1	Parameter pengujian.....	57
Tabel 4.1	Data hasil pengujian tarik.....	69
Tabel 4.2	Nilai kekuatan tarik pada parameter optimum	75
Tabel 4.3	Nilai kekerasan mikro <i>Vickers</i> arah vertikal	78
Tabel 4.4	Nilai kekerasan mikro <i>Vickers</i> arah horisontal	78

NOMENKLATUR

m_f	Massa gesek	[Kg]
m_u	Massa upset	[Kg]
t_f	Waktu gesek	[s]
t_u	Waktu upset	[s]
P_f	Tekanan gesek	[MPa]
P_u	Tekanan upset	[MPa]
d	Diameter	[mm]
N	Gaya normal	[N]
F	Gaya	[N]
W	Gaya penekan	[N]
μ	Koefisien gesek	[-]
p	Pitch	[mm]
g	Gaya grafitasi	[m/det ²]
f	Gaya gesek	[N]
α	Sudut ulir	[⁰]
φ	Sudut gesek	[⁰]