UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pengelasan Dissimilar antara Baja Karbon Rendah ST37 dan Stainless Steel 304 dengan Metode Vertical
Friction Welding**
Rifqi Taufiq Arrafi, Dr. Ir. Widia Setiawan, S.T., M.T
Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL PROYEK AKHIR i
NOMOR PERSOALAN ii
LEMBAR PENGESAHAN iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iv
SURAT PERNYATAAN KEBENARAN DOKUMEN v
MOTTO vi
LEMBAR PERSEMBAHAN vii
KATA PENGANTAR viii
INTISARI x
ABSTRACT xi
DAFTAR ISI xii
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR TABEL xvi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan Penelitian 3
1.5 Manfaat 4
1.6 Sistematika Penulisan 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Penelitian Terdahulu 6
2.2 Baja Karbon 7
2.3 Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*) 8
2.3.1 Baja Karbon Rendah ST37 8
2.4 *Stainless Steel* 9
2.4.1 *Stainless Steel* 304 10
2.5 Pengelasan (*Welding*) 11
2.5.1 Pengelasan Logam Heterogen (*Dissimilar Metal Welding*) 11

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pengelasan Dissimilar antara Baja Karbon Rendah ST37 dan Stainless Steel 304 dengan Metode Vertical
Friction Welding**
Rifqi Taufiq Arrafi, Dr. Ir. Widia Setiawan, S.T., M.T
Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.6 *Friction Welding* 12
2.6.1 Parameter Pada Proses *Friction Welding* 13
2.7 Fase Pada Proses *Friction Welding* 15
2.7.1 Fase Gesekan (*Friction Phase*) 16
2.7.2 Fase Tempa (*Forge Phase*) 16
2.7.3 Fase Pendinginan (*Cooling Phase*) 16
2.7.4 Fase Finishing (*Finishing Phase*) 16
2.8 Pengikatan Difusi 17
2.9 Energi Thermal Pada Proses *Friction Welding* 18
2.10 Daerah Pengaruh Panas (HAZ) 19
2.11 Pengujian Material 20
2.11.1 Pengujian NDT *Dye Penetrant Test* 21
2.11.2 Pengujian Struktur Makro 22
2.11.3 Pengujian Struktur Mikro 22
2.11.4 Pengujian Kekerasan *Micro Vickers* 23
2.11.5 Pengujian Tarik 23
BAB III METODE PENELITIAN 26
3.1 Bagan Alur Penelitian 26
3.2 Metode Penelitian 27
3.3 Variabel Penelitian 27
3.4 Peralatan dan Bahan 28
3.5 Tempat dan Waktu Penelitian 29
3.6 Preparasi Spesimen 29
3.7 Proses Pengelasan Gesek 30
3.8 Pengujian NDT *Dye Penetrant Test* 31
3.9 Analisis Struktur Makro 33
3.10 Analisis Struktur Mikro (ASM) 34
3.11 Uji Kekerasan 35
3.12 Pengujian Tarik 36
BAB IV PEMBAHASAN 38
4.1 Hasil *Friction Welding* 38

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pengelasan Dissimilar antara Baja Karbon Rendah ST37 dan Stainless Steel 304 dengan Metode Vertical Friction Welding
Rifqi Taufiq Arrafi, Dr. Ir. Widia Setiawan, S.T., M.T
Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.2 Pengujian NDT *Dye Penetrant Test* 41
4.3 Analisis Pengujian Struktur Makro 46
4.4 Analisis Pengujian Struktur Mikro 48
4.4.1 Struktur Mikro *Base Metal* 48
4.4.2 Struktur Mikro HAZ 50
4.4.3 Struktur Mikro TMAZ *& Interface zone* 51
4.5 Pengujian Kekerasan *Micro Vickers* 54
4.5.1 Uji Kekerasan Spesimen 30 detik 54
4.5.2 Uji Kekerasan Spesimen 60 detik 56
4.5.3 Uji Kekerasan Spesimen 90 detik 58
4.6 Pengujian Tarik 60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 64
5.1 Kesimpulan 64
5.2 Saran 65
DAFTAR PUSTAKA 66
LAMPIRAN 73

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pengelasan Dissimilar antara Baja Karbon Rendah ST37 dan Stainless Steel 304 dengan Metode Vertical Friction Welding
Rifqi Taufiq Arrafi, Dr. Ir. Widia Setiawan, S.T., M.T
Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tahapan *rotary friction welding* 12
Gambar 2. 2 Parameter *friction welding* 15
Gambar 2. 3 Fase pada *friction welding* 17
Gambar 2. 4 Pengikatan difusi 18
Gambar 2. 5 Perubahan termal tiap fase *friction welding* 19
Gambar 2. 6 *Friction welding* HAZ *& flash* 20
Gambar 2. 7 Kurva tegangan-regangan 25
Gambar 3. 1 Bagan alir penelitian 26
Gambar 3. 2 *Flash* pada *friction welding* 32
Gambar 3. 3 Preparasi spesimen uji makro, mikro, dan *hardness* 33
Gambar 3. 4 *Grinding & polishing* spesimen uji *makro, mikro,* dan *hardness* 35
Gambar 3. 5 Spesimen uji tarik silinder pejal 36
Gambar 3. 6 Preparasi spesimen uji tarik 37
Gambar 4. 1 Grafik suhu *friction welding* 39
Gambar 4. 2 Struktur mikro pada *interface zone* 48
Gambar 4. 3 Rata-rata *microhardness Vickers* spesimen 30 detik 55
Gambar 4. 4 Rata-rata *microhardness Vickers* spesimen 60 detik 56
Gambar 4. 5 Rata-rata *microhardness Vickers* spesimen 90 detik 58
Gambar 4. 6 Nilai rata-rata *microhardness Vickers* 59
Gambar 4. 7 Hasil pengujian tarik dengan standar ASTM E8M 60
Gambar 4. 8 Grafik UTS tiap spesimen waktu gesek 61
Gambar 4. 9 Nilai rata-rata UTS pada tiap variasi waktu gesek 62

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pengelasan Dissimilar antara Baja Karbon Rendah ST37 dan Stainless Steel 304 dengan Metode Vertical Friction Welding
Rifqi Taufiq Arrafi, Dr. Ir. Widia Setiawan, S.T., M.T
Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi kimia baja karbon rendah ST37. 9
Tabel 2. 2 Sifat mekanik baja karbon rendah ST37 9
Tabel 2. 3 Komposisi kimia *stainless steel* 304. 10
Tabel 2. 4 Sifat mekanik *stainless steel* 304. 11
Tabel 3. 1 Ukuran spesimen mengikuti standar ASTM E8M *subsize* 36
Tabel 4. 1 Suhu spesimen hasil *friction welding* 38
Tabel 4. 2 Hasil *friction welding* 40
Tabel 4. 3 Uji *penetrant test* tanpa melalui proses *machining* 42
Tabel 4. 4 Uji *penetrant test* setelah dilakukan *machining* pada *flash* 44
Tabel 4. 5 Hasil uji makro 46
Tabel 4. 6 Hasil uji mikro pada *base metal* 49
Tabel 4. 7 Hasil uji mikro pada HAZ 50
Tabel 4. 8 Hasil uji mikro pada *TMAZ & interface zone* 52
Tabel 4. 9 Hasil uji *microhardness Vickers* spesimen 30 detik 54
Tabel 4. 10 Hasil uji *microhardness Vickers* spesimen 60 detik 56
Tabel 4. 11 Hasil uji *microhardness Vickers* pada spesimen 90 detik 58
Tabel 4. 12 Hasil pengujian tarik 61