

**PENGARUH JENIS KAWAT LAS TERHADAP  
KEKUATAN SAMBUNGAN LAS PADA CETAKAN YANG  
MENGUNAKAN MATERIAL S45C.**

**SKRIPSI**

**Oleh**

**DANANG WISNU MURTI**

**2351058011**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA  
JAKARTA  
2025**

**PENGARUH JENIS KAWAT LAS TERHADAP  
KEKUATAN SAMBUNGAN LAS PADA CETAKAN YANG  
MENGUNAKAN MATERIAL S45C.**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Teknik  
(S.T) pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia**

**Oleh**

**DANANG WISNU MURTI**

**2351058011**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA  
JAKARTA  
2025**



## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR

---

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Danang Wisnu Murti

NIM : 2351058011

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis tugas akhir yang berjudul “Pengaruh Jenis Kawat Las Terhadap Sambungan Las pada Cetakan yang Menggunakan Material S45C” adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan hasil kuliah, tinjauan lapangan, buku-buku dan jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada karya tugas akhir saya.
2. Bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di universitas lain, kecuali pada bagian-bagian sumber informasi yang dicantumkan dengan cara referensi pada tugas.
3. Bukan merupakan karya terjemahan dari Kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada tugas.

Kalau terbukti saya tidak memenuhi apa yang dinyatakan diatas, maka karya tugas akhir ini dianggap batal

Jakarta, 24 Juni 2025



Danang Wisnu Murti



## UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA FAKULTAS TEKNIK

### PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

Pengaruh Jenis Kawat Las Terhadap Sambungan Las pada Cetakan yang Menggunakan Material S45C

Oleh :

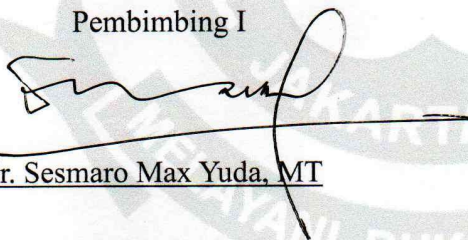
Nama : Danang Wisnu Murti  
NIM : 2351058011  
Program Studi : Teknik Mesin  
Konsentrasi : Rekayasa Manufaktur

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam Sidang Tugas Akhir guna mencapai gelar Sarjana Strata Satu pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia.

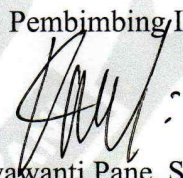
Jakarta, 24 Juni 2025

Menyetujui:

Pembimbing I

  
Ir. Sesmaro Max Yuda, MT

Pembimbing II

  
Medyawanti Pane, ST., MT.

Ketua Program Studi

  
Ir. Budiarto, M.Sc.

Dekan

  
Dikky Antonius, S.T., M.Sc.



## UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

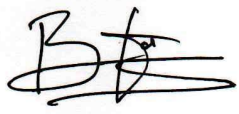
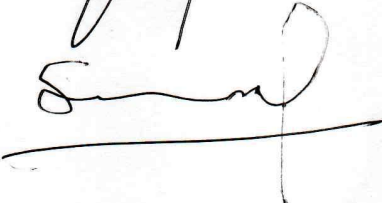
### FAKULTAS TEKNIK

#### PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Pada (tanggal sidang) telah diselenggarakan Sidang Tugas Akhir untuk memenuhi Sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Strata Satu Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia, atas nama:

Nama : Danang Wisnu Murti  
NIM : 2351058011  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik

Termasuk ujian Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Jenis Kawat Las Terhadap Sambungan Las pada Cetakan yang Menggunakan Material S45C” oleh tim penguji yang terdiri dari:

| Nama Penguji                     | Jabatan dalam Tim Penguji | Tanda Tangan                                                                          |
|----------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Dikky Antonius, S.T., M.Sc.   | Sebagai Ketua             |  |
| 2. Melya Dyanasari S, S.SI.,M.T. | Sebagai Anggota           |  |
| 3. Ir. Budiarto, M.Sc.           | Sebagai Anggota           |  |
| 4. Medyawanti Pane, S.T., M.T.   | Sebagai Anggota           |  |
| 5. Ir. Sesmaro Max Yuda, M.T.    | Sebagai Anggota           |  |

Jakarta, 24 Juni 2025



**UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

---

**Pernyataan dan Persetujuan Publikasi Tugas Akhir**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Danang Wisnu Murti  
NIM : 2351058011  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Tugas Akhir : Sarjana Strata Satu  
Judul : Pengaruh Jenis Kawat Las Terhadap Sambungan Las pada Cetakan yang Menggunakan Material S45C

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir tersebut adalah benar karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar akademik di perguruan tinggi manapun;
2. Tugas akhir tersebut bukan merupakan plagiat dari hasil karya pihak lain, dan apabila saya/kami mengutip dari karya orang lain maka akan dicantumkan sebagai referensi sesuai dengan ketentuan yang berlaku;
3. Saya memberikan Hak Noneksklusif Tanpa Royalti kepada Universitas Kristen Indonesia yang berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilih hak cipta.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran Hak Cipta dan Kekayaan Intelektual atau Peraturan Perundangan-undangan Republik Indonesia lainnya dan integritas akademik dalam karya saya tersebut, maka saya bersedia menanggung secara pribadi segala bentuk tuntutan hukum dan sanksi akademis yang timbul serta

membebaskan Universitas Kristen Indonesia dari segala tuntutan hukum yang berlaku.

Dibuat di Jakarta Pada Tanggal 24 Juni 2025

Yang menyatakan



A20A9AMX428064017

Danang Wisnu Murti



## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir ini dengan judul “Pengaruh Jenis Kawat Las Terhadap Sambungan Las pada Cetakan yang Menggunakan Material S45C”.

Penelitian dibuat dan disusun bertujuan sebagai tugas akhir penulis, serta sebagai syarat yang harus dipenuhi untuk menempuh Sidang Ujian Sarjana untuk mendapat gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia. Selain itu, pembuatan laporan ini juga bertujuan agar menambah pengetahuan dan wawasan bagi para pembaca.

Penulisan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan orang-orang di sekitar penulis baik langsung maupun tidak langsung. Dalam penulisan laporan ini, penulis banyak dibantu diberi arahan, dukungan dan saran dari banyak pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, Tuhan Semesta Alam, yang telah memberikan kesehatan, ketenangan, kesabaran, dan kekuatan lahir batin selama proses penulisan ini berlangsung.
2. Bapak Ir. Sesmaro Max Yuda ,MT. selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan arahan secara konsisten serta sabar membimbing penulis dari tahap awal hingga skripsi ini selesai.
3. Ibu Medyawanti Pane ,ST.,MT. selaku dosen pembimbing kedua, yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan arahan, serta sabar membimbing penulis dari tahap awal hingga skripsi ini selesai.
4. Bapak Dikky Antonius, S.T., M.Sc. dan Ibu Melya Dyanasari S, S.SI., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan isi skripsi ini.

5. Bapak Ir. Budiarto, M.Sc. Ketua Program Studi Teknik Mesin, serta seluruh staf pengajar di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia atas ilmu yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
6. Orang tua dan keluarga tercinta, terutama kakak saya dan nenek saya yang senantiasa memberikan doa, semangat, serta dukungan moral dan materiil yang sangat besar selama proses pendidikan ini berlangsung.
7. Teman-teman, yang telah membantu dalam pelaksanaan pengujian, diskusi ilmiah, dan berbagi pengalaman selama proses penelitian berlangsung.
8. Kepada seseorang berinisial “K” yang selalu ada dalam suka maupun duka, yang senantiasa memberi semangat, menjadi tempat berbagi cerita, dan memberi ketenangan. Terima kasih untuk segala dukungan, kesabaran, dan perhatianmu.
9. Seluruh pihak lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian skripsi ini.

Penelitian ini difokuskan pada analisis perbandingan antara beberapa jenis kawat las, yaitu E6013, E7016, dan E7018 terhadap kekuatan tarik, kekuatan tekan, serta pengamatan struktur mikro dari sambungan las pada material S45C. Harapannya, hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik pengelasan, serta menjadi acuan dalam penerapan proses fabrikasi yang tepat di dunia industri, khususnya pada pembuatan cetakan berbahan baja karbon sedang.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi isi maupun penyajiannya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan dan pengembangan penelitian di masa mendatang.

Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, mahasiswa, dosen, praktisi, dan pihak-pihak yang berkepentingan

lainnya. Semoga karya sederhana ini menjadi amal ilmu yang berguna dan terus berkembang seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Jakarta, 24 Juni 2025



Danang Wisnu Murti



## DAFTAR ISI

|                                                       |              |
|-------------------------------------------------------|--------------|
| <b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>               | <b>ii</b>    |
| <b>HALAMAN PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING.....</b>      | <b>iii</b>   |
| <b>HALAMAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI .....</b>          | <b>iv</b>    |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI.....</b>              | <b>v</b>     |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                            | <b>vii</b>   |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                | <b>x</b>     |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                             | <b>xv</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                             | <b>xvi</b>   |
| <b>DAFTAR SINGKATAN.....</b>                          | <b>xvii</b>  |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                  | <b>xviii</b> |
| <b><i>ABSTRACT</i> .....</b>                          | <b>xix</b>   |
| <br>                                                  |              |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>                        | <b>1</b>     |
| 1.1 Latar Belakang .....                              | 1            |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                              | 4            |
| 1.3 Batasan Masalah.....                              | 5            |
| 1.4 Tujuan Penelitian.....                            | 5            |
| 1.5 Manfaat Penelitian .....                          | 5            |
| 1.6 Tinjauan Pustaka .....                            | 6            |
| 1.7 Sistematika Penulisan.....                        | 6            |
| <br>                                                  |              |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                   | <b>8</b>     |
| 2.1 Landasan Teori .....                              | 8            |
| 2.1.1 Fungsi dan Peran Cetakan.....                   | 9            |
| 2.1.2 Jenis Cetakan Berdasarkan Proses Produksi ..... | 9            |
| 2.1.3 Material Cetakan Sandal .....                   | 9            |
| 2.1.4 Konstruksi dan Penyambungan Mold .....          | 10           |

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2 Material Baja.....                                               | 11 |
| 2.2.1 Jenis Jenis Baja .....                                         | 11 |
| 2.3 Material S45C .....                                              | 11 |
| 2.3.1 Komposisi Material S45C .....                                  | 12 |
| 2.3.2 Pengaruh Komposisi Kimia Terhadap Sifat Mekanik .....          | 13 |
| 2.4 Pengelasan ( <i>Welding</i> ) .....                              | 14 |
| 2.4.1 Tujuan dan Keunggulan Pengelasan .....                         | 15 |
| 2.4.2 Prinsip Dasar Pengelasan .....                                 | 15 |
| 2.4.3 Jenis-Jenis Proses Pengelasan .....                            | 16 |
| 2.4.4 Parameter Penting dalam Proses Pengelasan .....                | 16 |
| 2.4.5 Cacat Las dan Pengaruhnya .....                                | 17 |
| 2.5 Pengertian Kode Kawat Las.....                                   | 17 |
| 2.5.1 Kode Kawat Las E6013 .....                                     | 17 |
| 2.5.2 Kode Kawat Las E7016 .....                                     | 18 |
| 2.5.3 Kode Kawat Las E7018 .....                                     | 18 |
| 2.6 Jenis Kawat Las.....                                             | 18 |
| 2.6.1 Kawat Las E6013 .....                                          | 19 |
| 2.6.2 Kawat Las E7016 .....                                          | 19 |
| 2.6.3 Kawat Las E7018 .....                                          | 20 |
| 2.7 Komposisi Kawat Las .....                                        | 21 |
| 2.7.1 Komposisi Umum Elektroda.....                                  | 21 |
| 2.7.2 Pengaruh Komposisi Kimia Elektroda Terhadap Sifat Mekanik..... | 21 |
| 2.8 Pengaruh Jenis Elektroda terhadap Kekuatan Las .....             | 22 |
| 2.9 Parameter Setting Pengelasan .....                               | 23 |
| 2.10 Teori Kekuatan Tarik dan Kekerasan .....                        | 25 |
| 2.10.1 Kekuatan Tarik .....                                          | 25 |
| 2.10.2 Kekuatan Tekan.....                                           | 26 |

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.11 Struktur Mikro Sambungan Las .....                          | 27        |
| 2.11.1 Zona-Zona dalam Sambungan Las.....                        | 28        |
| 2.11.2 Pengaruh Jenis Kawat Las terhadap Struktur Mikro .....    | 28        |
| 2.11.3 Transformasi Struktur Mikro pada S45C .....               | 29        |
| 2.11.4 Pemeriksaan Struktur Mikro .....                          | 30        |
| 2.11.5 Implikasi Struktur Mikro terhadap Kekuatan Sambungan..... | 30        |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>                        | <b>32</b> |
| 3.1 Pendahuluan .....                                            | 32        |
| 3.2 Diagram Alir Penelitian.....                                 | 32        |
| 3.2.1 Identifikasi Masalah dan Studi Literatur.....              | 33        |
| 3.2.2 Penentuan Variabel Penelitian.....                         | 34        |
| 3.2.3 Persiapan Material dan Peralatan .....                     | 34        |
| 3.2.4 Proses Pengelasan .....                                    | 34        |
| 3.2.5 Persiapan dan Pengujian Spesimen.....                      | 34        |
| 3.3 Analisis Data .....                                          | 35        |
| 3.4 Cara Kerja Penelitian .....                                  | 35        |
| 3.4.1 Persiapan Material dan Spesimen .....                      | 35        |
| 3.4.2 Alat Penelitian .....                                      | 37        |
| 3.5 Jenis Kawat Las.....                                         | 39        |
| 3.5.1 E6013 ( <i>rutile electrode</i> ) .....                    | 39        |
| 3.5.2 E7016 ( <i>low hydrogen electrode</i> ) .....              | 40        |
| 3.5.3 E7018 ( <i>low hydrogen iron powder electrode</i> ).....   | 41        |
| 3.6 Proses Pengelasan .....                                      | 42        |
| 3.6.1 Persiapan Spesimen.....                                    | 42        |
| 3.6.2 Prosedur Pengelasan.....                                   | 42        |
| 3.6.3 Pemeriksaan Awal Hasil Las .....                           | 43        |
| 3.7 Pengujian.....                                               | 43        |

|                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.7.1 Uji Kekuatan Tarik .....                              | 43        |
| 3.7.2 Pengujian Kekerasan pada Sambungan Las .....          | 49        |
| 3.7.3 Analisis Struktur Mikro .....                         | 52        |
| 3.8 Analisis Data .....                                     | 52        |
| 3.9 Kesimpulan Sementara .....                              | 53        |
| 3.10 Jadwal Penelitian .....                                | 53        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                    | <b>56</b> |
| 4.1 Gambaran Umum Pengujian .....                           | 56        |
| 4.2 NDT ( <i>Non-Destructive Test</i> ) .....               | 56        |
| 4.2.1 Hasil Pengujian NDT pada Setiap Jenis Kawat Las ..... | 56        |
| 4.2.2 Pembahasan NDT .....                                  | 59        |
| 4.2.3 Kesimpulan Sementara .....                            | 61        |
| 4.2.4 Penjelasan Jenis Cacat Las yang Ditemukan .....       | 61        |
| 4.3 Hasil Pengujian Tarik .....                             | 63        |
| 4.3.1 Rumus Perhitungan Tegangan dan Regangan .....         | 63        |
| 4.3.2 Data Hasil Uji Tarik .....                            | 64        |
| 4.3.3 Perbandingan dan Analisis .....                       | 67        |
| 4.3.4 Analisis Hasil Uji Tarik .....                        | 68        |
| 4.4 Hasil Pengujian Kekerasan .....                         | 68        |
| 4.4.1 Data Hasil Uji Kekerasan .....                        | 68        |
| 4.4.2 Analisis Hasil Uji Kekerasan .....                    | 70        |
| 4.4.3 Kesimpulan Sementara .....                            | 70        |
| 4.5 Hasil Analisis Struktur Mikro .....                     | 71        |
| 4.5.1 Tujuan Pengamatan Struktur Mikro .....                | 71        |
| 4.5.2 Metodologi dan Lokasi Pengamatan .....                | 71        |
| 4.5.3 Hasil Pengamatan .....                                | 73        |
| 4.5.4 Interpretasi Struktur Mikro .....                     | 75        |

|                                                  |           |
|--------------------------------------------------|-----------|
| 4.5.5 Pembahasan Fasa Mikro .....                | 75        |
| 4.5.6 Kesimpulan Pengamatan Struktur Mikro ..... | 75        |
| 4.6 Pembahasan Umum.....                         | 76        |
| <b>BAB V PENUTUP .....</b>                       | <b>76</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....                             | 77        |
| 5.2 Saran.....                                   | 78        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                      | <b>79</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                             | <b>82</b> |



## DAFTAR TABEL

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Komposisi Elektroda.....                                     | 21 |
| Tabel 2.2 Setting Parameter Kawat Las E6013 .....                      | 23 |
| Tabel 2.3 Setting Parameter Kawat Las E7016 .....                      | 24 |
| Tabel 2.4 Setting Parameter Kawat Las E7018 .....                      | 24 |
| Tabel 3.1 Komposisi Kimia Material S45C yang Digunakan.....            | 36 |
| Tabel 3.2 Ukuran Spesimen Pada Penelitian .....                        | 45 |
| Tabel 3.3 Jadwal Penelitian .....                                      | 54 |
| Tabel 3.4 RAB Penelitian .....                                         | 55 |
| Tabel 4.1 Hasil Pengujian NDT Kawat Las E6013 .....                    | 57 |
| Tabel 4.2 Hasil Pengujian NDT Kawat Las E7016 .....                    | 58 |
| Tabel 4.3 Hasil Pengujian NDT Kawat Las E7018 .....                    | 59 |
| Tabel 4.4 Hasil Pengujian Tarik Kawat Las E6013 .....                  | 65 |
| Tabel 4.5 Hasil Pengujian Tarik Kawat Las E7016 .....                  | 65 |
| Tabel 4.6 Hasil Pengujian Tarik Kawat Las E7018 .....                  | 66 |
| Tabel 4.7 Rata-rata Hasil Pengujian Kawat Las .....                    | 67 |
| Tabel 4.8 Nilai Rata-rata Hasil Pengujian Kekerasan.....               | 69 |
| Tabel 4.9 Hasil Pengamatan Struktur Mikro dengan perbesaran 50x.....   | 73 |
| Tabel 4.10 Hasil Pengamatan Struktur Mikro dengan perbesaran 200x..... | 73 |
| Tabel 4.11 Penjelasan Hasil Struktur Mikro .....                       | 75 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1.1 Engsel dan holder patah/retak pada cetakan PVC .....         | 2  |
| Gambar 2.1 Cetakan Sandal PVC dan Drawingnya .....                      | 8  |
| Gambar 2.2 Gambar 2D Cetakan Sandal PVC .....                           | 8  |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....                                | 33 |
| Gambar 3.2 Proses Pemotongan Spesimen Untuk Pengujian Kekerasan.....    | 35 |
| Gambar 3.3 Drawing Spesimen Pengujian Tarik.....                        | 36 |
| Gambar 3.4 Ilustrasi Proses Pengelasan pada S45C.....                   | 36 |
| Gambar 3.5 Referensi Bentuk Spesimen Berdasarkan Standar AWS D1.1 ..... | 37 |
| Gambar 3.6 Mesin Las DAIDEN TIG 200 ACDC .....                          | 38 |
| Gambar 3.7 Mesin yang Digunakan Untuk Pengujian Tarik.....              | 38 |
| Gambar 3.8 Mesin yang Digunakan Untuk Pemotongan Spesimen.....          | 39 |
| Gambar 3.9 Kawat Las RD-260 Tipe E6013 dengan Diameter 3.2 mm. ....     | 40 |
| Gambar 3.10 Kawat Las LB-52 Tipe E7016 dengan Diameter 3.2 mm.....      | 41 |
| Gambar 3.11 Kawat Las CHE58-1 Tipe E7018 dengan Diameter 3.2 mm. ....   | 42 |
| Gambar 3.12 Metode Pengujian Tarik.....                                 | 43 |
| Gambar 3.13 Standar Spesimen ASTM E8 .....                              | 44 |
| Gambar 3.14 Contoh Kurva Tegangan dan Regangan.....                     | 49 |
| Gambar 3.15 Ilustrasi Pengujian Kekerasan.....                          | 50 |
| Gambar 3.16 Spesimen Pengujian Kekerasan .....                          | 51 |
| Gambar 3.17 Point-point yang dilakukan Uji Kekerasan .....              | 51 |
| Gambar 3.18 Mesin Penguji kekerasan .....                               | 52 |
| Gambar 3.19 Permukaan Spesimen yang Sudah dipolish .....                | 52 |
| Gambar 4.1 Kurva Hasil Pengujian Tarik Kawat Las E6013 .....            | 65 |
| Gambar 4.2 Kurva Hasil Pengujian Tarik Kawat Las E7016 .....            | 66 |
| Gambar 4.3 Kurva Hasil Pengujian Tarik Kawat Las E7018 .....            | 67 |
| Gambar 4.4 Kurva Rata-rata Hasil Pengujian Tarik Kawat Las .....        | 68 |
| Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Hasil Uji Kekerasan.....                 | 69 |

## DAFTAR SINGKATAN

|                  |                                                  |
|------------------|--------------------------------------------------|
| AC               | <i>Alternating Current</i>                       |
| ANOVA            | <i>Analisis Varians</i>                          |
| ASTM             | <i>American Society for Testing and Material</i> |
| AWS              | <i>American Welding Society</i>                  |
| DC               | <i>Direct Current</i>                            |
| DCEN             | <i>Direct Current Electrode Negative</i>         |
| DCEP             | <i>Direct Current Electrode Positive</i>         |
| FCAW             | <i>Flux-Cored Arc Welding</i>                    |
| GMAW/MIG         | <i>Gas Metal Arc Welding</i>                     |
| GTAW/TIG         | <i>Gas Tungsten Arc Welding</i>                  |
| HAZ              | <i>Heat Affected Zone</i>                        |
| HB               | <i>Brinell Hardness</i>                          |
| HV               | <i>Vickers Hardness Test</i>                     |
| HRC              | <i>Hardness Rockwell C Scale</i>                 |
| HRB              | <i>Hardness Rockwell B Scale</i>                 |
| JIS              | <i>Japanese Industrial Standards</i>             |
| NDT              | <i>Non-Destructive Test</i>                      |
| OM               | <i>Optik Metalografi</i>                         |
| PVC              | <i>Polyvinyl Chloride</i>                        |
| SAW              | <i>Submerged Arc Welding</i>                     |
| SEM              | <i>Scanning Electron Microscope</i>              |
| SMAW             | <i>Shielded Metal Arc Welding</i>                |
| TiO <sub>2</sub> | <i>Titanium Dioksida</i>                         |
| UTS              | <i>Ultimate Tensile Strength</i>                 |

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jenis kawat las terhadap kekuatan sambungan las pada cetakan yang menggunakan material baja karbon sedang tipe S45C. Material ini banyak digunakan dalam industri manufaktur, khususnya pada pembuatan cetakan untuk produk berbahan PVC yang menjadi sandal. Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah bagaimana jenis kawat las yang berbeda memengaruhi hasil pengelasan, baik dari segi kekerasan, kekuatan tarik, maupun struktur mikro pada area sambungan. Tiga jenis kawat las yang digunakan yaitu E6013, E7016, dan E7018, masing-masing memiliki karakteristik fluks dan komposisi berbeda yang dapat memengaruhi hasil pengelasan. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan proses pengelasan menggunakan metode *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) pada pelat baja S45C, kemudian dilanjutkan dengan pengujian kekerasan Rockwell C, uji tarik, serta pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik pada tiga zona utama yaitu *Base Metal*, *Heat Affected Zone* (HAZ), dan *Weld Metal* (WM). Hasil uji menunjukkan bahwa elektroda E7018 menghasilkan kekerasan tertinggi pada *weld metal* (17,67 HRC) dan HAZ (24,87 HRC). Elektroda E7018 menghasilkan kekuatan tarik terbesar yaitu 87,40 Kgf/mm<sup>2</sup>, menunjukkan struktur mikro dengan fasa perlit dan ferrit yang rapat. E7016 berada di tengah dengan nilai kekerasan *weld metal* (15,93 HRC) dan HAZ (24,66 HRC). Dan menghasilkan kekuatan tarik 77,61 Kgf/mm<sup>2</sup>, sedangkan E6013 menunjukkan kekerasan terendah, terutama pada logam las (10,30 HRC) dengan hasil uji tarik sebesar 71,99 Kgf/mm<sup>2</sup>, yang mengindikasikan struktur mikro yang lebih lunak dan kurang padat. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa pemilihan jenis elektroda sangat berpengaruh terhadap hasil pengelasan, dan E7018 menjadi kawat las yang menghasilkan kekuatan tarik dan kekerasan paling tinggi pada penelitian ini untuk material S45C.

Kata Kunci: S45C, kawat las E6013, E7016, E7018, SMAW, kekerasan HRC, struktur mikro, sambungan las.

## ABSTRACT

*This study aims to analyze the effect of welding electrode type on the strength of welded joints in molds made from medium carbon steel S45C. This material is widely used in manufacturing industries, particularly for producing molds for PVC-based products such as sandals. The main problem addressed in this research is how different types of welding electrodes influence the welding results in terms of hardness, tensile strength, and microstructural characteristics of the joint area. Three types of electrodes were employed: E6013, E7016, and E7018, each with distinct flux compositions and chemical characteristics that can affect welding outcomes. The research was conducted experimentally using the Shielded Metal Arc Welding (SMAW) process on S45C steel plates, followed by Rockwell C hardness testing, tensile testing, and microstructural observation with an optical microscope across three main zones: Base Metal, Heat Affected Zone (HAZ), and Weld Metal (WM). The test results showed that the E7018 electrode produced the highest hardness in the weld metal (17.67 HRC) and HAZ (24.87 HRC). E7018 also achieved the highest tensile strength of 87,40 Kgf/mm<sup>2</sup>, displaying a microstructure with dense pearlite and ferrite phases. E7016 ranked intermediate, with weld metal hardness of 15.93 HRC, HAZ hardness of 24.66 HRC, and tensile strength of 77,61 Kgf/mm<sup>2</sup>. In contrast, E6013 exhibited the lowest hardness, especially in the weld metal (10.30 HRC), and the lowest tensile strength of 71,99 Kgf/mm<sup>2</sup>, indicating a softer and less compact microstructure. The study concludes that the selection of electrode type significantly affects welding results, with E7018 being the electrode that produces the highest tensile strength and hardness in this research for S45C steel material.*

*Keywords: S45C, E6013 welding electrode, E7016, E7018, SMAW, HRC hardness, microstructure, weld joint.*