

**ANALISA PROSES *DOUBLE HARDENING* TERHADAP  
KEKUATAN MATERIAL S48 PADA  
KOMPONEN *AXLE SHAFT***

**SKRIPSI**

**Oleh :**

**ARDIAN DWI HINDARTO**

**NIM : 2351058017**



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

**2025**

**ANALISA PROSES *DOUBLE HARDENING* TERHADAP  
KEKUATAN MATERIAL S48 PADA  
KOMPONEN *AXLE SHAFT***

**SKRIPSI**

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

**Oleh:**

**ARDIAN DWI HINDARTO**

**2351058017**



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

**2025**



## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR

---

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ardian Dwi Hindarto

NIM : 2351058017

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis tugas akhir yang berjudul “ ANALISA PROSES DOUBLE HARDENING TERHADAP KEKUATAN MATERIAL S48 PADA KOMPONEN AXLE SHAFT” adalah :

1. Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan hasil kuliah, tinjauan lapangan, dari buku – buku dan juga jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada karya tugas akhir saya.
2. Dan juga 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 yang semestinya.
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 di atas, maka karya tugas akhir ini dianggap batal.

Jakarta 14 Juli 2025



(Ardian Dwi Hindarto)



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

---

PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR  
“ ANALISA PROSES DOUBLE HARDENING TERHADAP KEKUATAN  
MATERIAL S48 PADA KOMPONEN AXLE SHAFT”

Oleh :

Nama : Ardian Dwi Hindarto

NIM : 2351058017

Program Studi : Teknik Mesin

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

Jakarta, 14 Juli 2025

Menyetujui :

Pembimbing I

Ir. Budiarto, M.Sc.

Pembimbing II

Ir. Surjo Abadi, M.Sc.

Ketua Program Studi Tekni Mesin



Ir. Budiarto, M.Sc.

Dekan



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



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

---

---

**PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR**

Pada tanggal 24 Juni 2025 telah diselenggarakan Sidang Tugas Akhir untuk memenuhi sebagai persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Strata Satu pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia, atas nama :

Nama : Ardian Dwi Hindarto

NIM : 2351058017

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Termasuk ujian Tugas Akhir yang berjudul “ANALISA PROSES DOUBLE HARDENING TERHADAP KEKUATAN MATERIAL S48 PADA KOMPONEN AXLE SHAFT” oleh tim penguji yang terdiri dari :

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

Tanda Tangan

Jakarta, 14 Juli 2025



# UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

## Pernyataan dan Persetujuan Publikasi Tugas Akhir

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ardian Dwi Hindarto  
NIM : 2351058017  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin  
Jenis Tugas Akhir : Skripsi  
Judul : Analisa Proses Double Hardening Terhadap Kekuatan Material S48 Pada Komponen Axle Shaft

Menyatakan bahwa :

1. Tugas akhir tersebut adalah benar karya saya dengan arahan 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 memberi Hak Non eksklusif 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 pemilik 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 14 Juli 2025

Yang Menyatakan

  
  
(Ardian Dwi Hindarto)

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, serta memberikan kekuatan kepada penulis baik bersifat lahir maupun batin, Sehingga laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan yang harus dipenuhi untuk menempuh sidang ujian sarjana untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Program Studi Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia.

Pokok bahasan yang kami tulis dalam pelaporan tugas akhir ini adalah mengenai “Analisa Proses Double Hardening Terhadap Kekuatan Material S48 Pada Komponen Axle Shaft” yang telah selesai dengan baik dan lancar. Penulis sadar bahwa dalam penulisan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu penulis akan menyampaikan ucapan terima kasih banyak kepada :

1. Dikky Antonius, S.T.,M.Sc, Dekan Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia yang telah menyetujui penulisan tugas akhir ini.
2. Ir. Budiarto, M.Sc., Ketua Program Studi Teknik Mesin dan dosen pembimbing 1 yang telah menyetujui dan membimbing selama penulisan tugas akhir ini.
3. Ir. Surjo Abadi,M.Sc. Dosen pembimbing 2 yang telah membantu dan membimbing selama penulisan tugas akhir.
4. Kedua orang tua yang memberi dukungan dan semangat kepada penulis.
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah membantu dalam penyelesaian penulisan tugas akhir ini.

Akhir kata, semoga hasil dari tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa pada umumnya dan penulis pada khususnya di Universitas Kristen Indonesia. Penulis menyadari bahwa pada penulisan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan mengharap kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan di kemudian hari.

## DAFTAR ISI

|                                                                            |      |
|----------------------------------------------------------------------------|------|
| HALAMAN DEPAN .....                                                        | i    |
| HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....                                           | ii   |
| HALAMAN PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING .....                                 | iii  |
| HALAMAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI.....                                       | iv   |
| HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI.....                                          | v    |
| KATA PENGANTAR.....                                                        | vi   |
| DAFTAR ISI .....                                                           | vii  |
| DAFTAR TABEL .....                                                         | x    |
| DAFTAR GAMBAR.....                                                         | xi   |
| ABSTRAK.....                                                               | xii  |
| ABSTRACT .....                                                             | xiii |
| <br>                                                                       |      |
| BAB I PENDAHULUAN .....                                                    | 1    |
| 1.1 Latar Belakang.....                                                    | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                                                   | 3    |
| 1.3 Batasan Masalah.....                                                   | 4    |
| 1.4 Tujuan Penelitian.....                                                 | 4    |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....                                                | 4    |
| 1.5.1 Untuk Peneliti.....                                                  | 4    |
| 1.5.2 Untuk Umum.....                                                      | 5    |
| 1.6 Metode Pengumpulan Data .....                                          | 5    |
| 1.7 Sistematikan Penulisan.....                                            | 5    |
| <br>                                                                       |      |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....                                              | 7    |
| 2.1 Axle Shaft.....                                                        | 7    |
| 2.2 Material S48 .....                                                     | 8    |
| 2.3 Perlakuan Panas pada Material.....                                     | 9    |
| 2.4 Baja.....                                                              | 10   |
| 2.5 Struktur Logam.....                                                    | 13   |
| 2.6 Proses Double Hardening .....                                          | 18   |
| 2.7 Pengaruh Perlakuan Panas Mikrostruktur dan sifat mekanik material..... | 25   |



|                                     |                                       |    |
|-------------------------------------|---------------------------------------|----|
| 2.8                                 | Sifat Perlakuan Panas .....           | 25 |
| 2.9                                 | Tinjauan Penelitian Terdahulu.....    | 25 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN ..... |                                       | 28 |
| 3.1                                 | Diagram Alir Penelitian.....          | 28 |
| 3.2                                 | Tempat dan Waktu Penelitian.....      | 29 |
| 3.2.1                               | Tempat Penelitian .....               | 29 |
| 3.2.2                               | Waktu Penelitian .....                | 29 |
| 3.3                                 | Bahan Penelitian .....                | 30 |
| 3.3.1                               | Bahan Utama .....                     | 30 |
| 3.3.2                               | Bahan Pendukung .....                 | 30 |
| 3.4                                 | Alat .....                            | 31 |
| 3.4.1                               | Alat Proses Penelitian .....          | 31 |
| 3.4.2                               | Alat Pengujian .....                  | 31 |
| 3.5                                 | Variabel Penelitian .....             | 31 |
| 3.5.1                               | Variabel Terkait.....                 | 31 |
| 3.5.2                               | Variabel Tetap .....                  | 31 |
| 3.5.3                               | Variabel Berubah.....                 | 31 |
| 3.6                                 | Cara Pengolahan Data.....             | 32 |
| 3.7                                 | Prosedur Pengujian.....               | 32 |
| 3.7.1                               | Pembuatan material Uji .....          | 32 |
| 3.7.2                               | Proses Induksi Hardening.....         | 32 |
| 3.7.3                               | Proses Tempering .....                | 33 |
| 3.7.4                               | Pengujian Microstructure .....        | 33 |
| 3.7.5                               | Pengujian Kekerasan .....             | 35 |
| 3.7.6                               | Pengujian Fatigue .....               | 36 |
| 3.7.7                               | Pengujian Statique .....              | 37 |
| 3.8                                 | Rencana Pengujian .....               | 38 |
| 3.8.1                               | Rencana pengujian Microstructure..... | 38 |
| 3.8.2                               | Rencana pengujian Kekerasan.....      | 39 |
| 3.8.3                               | Rencana pengujian Fatigue.....        | 40 |
| 3.8.4                               | Rencana pengujian Statique .....      | 40 |

|                                   |                                                                                                        |    |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.9                               | Rencana Anggaran Biaya .....                                                                           | 41 |
| BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN ..... |                                                                                                        | 42 |
| 4.1                               | Proses Pembentukan Spesimen .....                                                                      | 42 |
| 4.1.1                             | Konsep 1 (Kondisi Normal / Reguler).....                                                               | 42 |
| 4.1.2                             | Konsep 2 (Hardening 2X / Roughing + Hardening + Hardening +<br>Tempering + Finishing).....             | 43 |
| 4.1.3                             | Konsep 2 (Hardening 2X / Roughing + Hardening + Tempering +<br>Hardening + Tempering + Finishing)..... | 45 |
| 4.1.4                             | Analisa Perbandingan Konsep.....                                                                       | 47 |
| 4.2                               | Pengujian .....                                                                                        | 48 |
| 4.2.1                             | Pengujian Microstructure .....                                                                         | 48 |
| 4.2.2                             | Pengujian Kekerasan (HV).....                                                                          | 48 |
| 4.2.3                             | Pengujian Fatigue .....                                                                                | 52 |
| 4.2.4                             | Pengujian Statique.....                                                                                | 53 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....  |                                                                                                        | 54 |
| 5.1                               | Kesimpulan.....                                                                                        | 54 |
| 5.2                               | Saran .....                                                                                            | 55 |
| DAFTAR PUSTAKA.....               |                                                                                                        | 56 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 3. 1 Agenda Penelitian .....                                                                                    | 30 |
| Tabel 3. 2 Rencana Penelitian Microstruktire .....                                                                    | 38 |
| Tabel 3. 3 Rencana Penelitian Kekerasan .....                                                                         | 39 |
| Tabel 3. 4 Rencana Penelitian Fatigue .....                                                                           | 40 |
| Tabel 3. 5 Rencana Penelitian Statique .....                                                                          | 40 |
| Tabel 3. 6 Anggaran Biaya Yang Digunakan dalam penelitian .....                                                       | 41 |
| Tabel 4. 1 Konsep Proses Kondisi Normal .....                                                                         | 42 |
| Tabel 4. 2 Konsep Proses Hardening 2X / Roughing + Hardening + Hardening +<br>Tempering + Finishing .....             | 44 |
| Tabel 4. 3 Konsep Proses Hardening 2X / Roughing + Hardening + Tempering +<br>Hardening + Tempering + Finishing ..... | 46 |
| Tabel 4. 4 Hasil Uji Microstructure .....                                                                             | 48 |
| Tabel 4. 5 Data Hasil Pengujian Kekerasan .....                                                                       | 49 |
| Tabel 4. 6 Hasil Distribution Hardness .....                                                                          | 50 |
| Tabel 4. 7 Hasil Uji Fatigue .....                                                                                    | 52 |
| Tabel 4. 8 Hasil Uji Statique .....                                                                                   | 53 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2. 1 Bentuk Geometris Kristal.....                           | 28 |
| Gambar 2. 2 Struktur Ferrite Pada Baja Lunak.....                   | 14 |
| Gambar 2. 3 Struktur Pearlite Pada Baja Karbon Rendah .....         | 15 |
| Gambar 2. 4 Struktur Sementite Pada Baja Karbon Rendah .....        | 15 |
| Gambar 2. 5 Struktur Martensite Pada Baja Lunak .....               | 16 |
| Gambar 2. 6 Diagram Isothermal Tranformation Diagram .....          | 23 |
| Gambar 2. 7 Diagram Continuos Cooling Tranformation Diagram .....   | 24 |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....                           | 28 |
| Gambar 3. 2 Proses Induksi Hardening.....                           | 32 |
| Gambar 3. 3 Proses Tempering.....                                   | 33 |
| Gambar 3. 4 Mesin Polishing.....                                    | 33 |
| Gambar 3. 5 Mesin Uji Microstructure .....                          | 34 |
| Gambar 3. 6 Spesimen Uji Microstructure .....                       | 34 |
| Gambar 3. 7 Titik Pengujian Microstructure .....                    | 34 |
| Gambar 3. 8 Mesin Uji Kekerasan.....                                | 35 |
| Gambar 3. 9 Spesimen Uji Kekerasan .....                            | 35 |
| Gambar 3. 10 Metode Cek Distribusi Kekerasan.....                   | 36 |
| Gambar 3. 11 Mesin Uji Fatigue.....                                 | 36 |
| Gambar 3. 12 Spesimen Pengujian Fatigue .....                       | 37 |
| Gambar 3. 13 Mesin Uji Statique.....                                | 37 |
| Gambar 3. 14 Spesimen Pengujian Statique .....                      | 38 |
| Gambar 4. 1 Grafik Hardness Area Radius Grinding (Item NO. 3) ..... | 50 |
| Gambar 4. 2 Grafik Hardness Area Radius Grinding (Item NO. 4) ..... | 51 |
| Gambar 4. 3 Grafik Hardness Area Radius Grinding (Item NO. 5) ..... | 51 |
| Gambar 4. 4 Grafik Hardness Area Radius Grinding (Item NO. 6) ..... | 52 |

## ABSTRAK

*Axle shaft* adalah Salah satu komponen penting dalam sistem transmisi kendaraan dan berfungsi mentransmisikan tenaga yang ada dari mesin ke dalam roda penggerak. *Axle shaft* mengalami berbagai macam beban selama beroperasi, beban puntir, beban lentur, serta beban kejut. Kombinasi beban ini berpotensi menyebabkan deformasi plastis, retak, dan akhirnya kegagalan material. Material baja yang digunakan adalah dengan karbon menengah seperti S48 dan sifat mekanik material S48 harus di tingkatkan melalui metode melalui proses perlakuan panas *hardening*. dan untuk meningkatkan kekerasan serta keuletan pada material maka di perlukan Proses *Double Hardening*. Maka dari itu pada tugas akhir ini, penulis meneliti tentang Analisa pengaruh proses *Double Hardening* terhadap material S48 pada komponen *Axle Shaft*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. pengujian ini dilakukan dengan cara. konsep 1 (proses reguler), konsep 2 (2x *hardening* dan 1x *Tempering*), konsep 3 (2x *hardening* dan 2x *Tempering*), kemudian kita lakukan penelitian melalui pengujian *Microstructure*, Kekerasan (HV), *Fatigue* dan *Statique*. Dari hasil pengujian *microstructure* proses *double hardening* tidak mempengaruhi struktur mikro pada masing masing aera utama, kemudian untuk hasil penegecekan kekerasan material terdapat konsep 1 (*hardening normal*) untuk kedalaman kekerasannya lebih rendah dibandingkan dengan kondisi konsep 2 & 3 (*hardening 2x*). konsep 2 kekerasannya limit atas dari standard drawing perusahaan / QCS *Quality Control System*, sedangkan konsep 3 nilai kekerasannya over keluar dari toleransi standard drawing perusahaan / QCS *Quality Control System*. Untuk hasil pengujian *fatigue* semua konsep 1, 2 dan 3 memenuhi standard drawing perusahaan / QCS *Quality Control System*, diatas 200.000 cycle tidak patah, dimana siklus kegagalan tercapai diatas 200.000 cycle semua yaitu 253.000 cycle dan tidak mengalami patah. Kemudian untuk hasil pengujian *statique* semua konsep 1, 2 dan 3 aman semua masuk dalam standard drawing perusahaan / QCS *Quality Control System*, karena patah diarea spline (sudah sesuai standard drawing part). Jadi konsep 1 paling ulet dengan hasil torsi yang didapatkan yaitu 4356,734 Nm dan untuk sudut patahnya sebesar 39,192°. Dari semua penelitian yang di lakukan merekomendasikan konsep 2 yang paling bagus untuk dipakai, sebab tidak mengalami over standar, serta dari hasil uji material menunjukan hasil kekerasan serta keuletan yang masih dalam batas standard drawing perusahaan / QCS *Quality Control System* toleransi yang di tentukan.

**Kata Kunci :** *Axle Shaft*, Baja S48, *Hardening*, *Tempering*, *Microstructure*, Kekerasan (HV), Uji momen Puntir, *Statique* dan *Fatigue*

## ABSTRACT

*The axle shaft is one of the essential components in a vehicle's transmission system and functions to transmit power from the engine to the drive wheels. The axle shaft is subjected to various loads during operation, including torsional, bending, and impact loads. The combination of these loads can lead to plastic deformation, cracking, and eventually material failure. The steel material used is medium carbon steel such as S48, and the mechanical properties of S48 must be improved through heat treatment, specifically the hardening process. To enhance both the hardness and toughness of the material, a Double Hardening process is required. Therefore, in this final project, the author investigates the effect of the Double Hardening process on S48 material in the axle shaft component. This research uses an experimental method. The testing was carried out through three concepts: concept 1 (regular process), concept 2 (double hardening and single tempering), and concept 3 (double hardening and double tempering). The study involved Microstructure testing, Hardness (HV), Fatigue, and Static tests. The microstructure testing results showed that the double hardening process did not significantly affect the microstructure in each main area. In terms of material hardness, concept 1 (normal hardening) had a shallower hardness depth compared to concepts 2 and 3 (double hardening). Concept 2 achieved the upper limit of the company's standard drawing / QCS (Quality Control System), while concept 3 exceeded the hardness tolerance of the company's standard. In the fatigue test results, all concepts 1, 2, and 3 met the company's standard drawing / QCS, as they all exceeded 200,000 cycles without failure reaching up to 253,000 cycles without fracture. The static test results for all three concepts also fell within the company's standard drawing / QCS, as failures occurred in the spline area, which is the expected failure location according to the part drawing. Among the three, concept 1 showed the highest ductility, with a torque value of 4356.734 Nm and a fracture angle of 39.192°. Based on all the experimental findings, concept 2 is recommended as the most suitable option, as it did not exceed the standard limits and provided optimal hardness and toughness within the tolerance defined by the company's standard drawing / QCS.*

**Keywords :** Axle Shaft, S48 Steel, Hardening, Tempering, Microstructure, Hardness (HV), Torsional Test, Static and Fatigue Tes