



**PENGARUH TEMPERATUR *TEMPERING* TERHADAP
HARDNESS DAN *IMPACT* PADA BAJA AISI 1040**

SKRIPSI

M. FARHAN FIRDAUS

2210311086

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2026



**PENGARUH TEMPERATUR *TEMPERING* TERHADAP
HARDNESS DAN *IMPACT* PADA BAJA AISI 1040**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana teknik**

M. FARHAN FIRDAUS

2210311086

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2026

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : M. Farhan Firdaus
NIM : 2210311086
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pengaruh Temperatur *Tempering* Terhadap
Hardness dan *Impact* Pada Baja AISI 1040

Telah berhasil dipertahankan dihadapan para penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Ir. Fahrudin, S.T., M.T.

Penguji Utama



Dr. Damora Rhakasywi, S.T., M.T.

Penguji Lembaga



Dr. Eng. Riki Hendra Purba, S.T., M.Eng

Penguji III (Pembimbing)



Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah, S.T.,

M.T., IPM

Dekan Fakultas Teknik



Ir. Fahrudin, S.T., M.T.

Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 10 Juni 2026

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh :

Nama : M. Farhan Firdaus
NIM : 2210311086
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pengaruh Temperatur *Tempering* Terhadap
Hardness dan *Impact* Pada Baja AISI 1040

Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis sesuai arahan dari dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Menyetujui,



Dr. Eng. Riki Hendra Purba, S.T.,

M.Eng

Pembimbing I



Nicky Yongkimandalan, S.T., M.M.,

M.T.

Pembimbing II

Mengetahui,



Ir. Fahrudin, S.T., M.T.

Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : M. Farhan Firdaus
NIM : 2210311086
Program Studi : Teknik Mesin

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses dengan ketentuan yang berlaku

Jakarta, 10 Juni 2026

Yang menyatakan,

A handwritten signature in blue ink is written over a yellow revenue stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem, the text 'REPUBLIK INDONESIA', '10000', 'STAMPED RUCAM', 'METERAI TEMPEL', and the serial number 'BBB54AOX063231570'.

M. Farhan Firdaus

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Saya yang akan bertanda tangan dibawah ini :

Nama : M. Farhan Firdaus
NIM : 2210311086
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“PENGARUH TEMPERATUR *TEMPERING* TERHADAP *HARDNESS* DAN *IMPACT* PADA BAJA AISI 1040”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalihmedia/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 Juni 2026

Yang menyatakan,



M. Farhan Firdaus

HARDNESS DAN IMPACT PADA BAJA AISI 1040

M. Farhan Firdaus

ABSTRAK

Poros merupakan komponen kritis dalam sistem transmisi daya yang bekerja di bawah beban dinamis dan kejut, sehingga berpotensi mengalami retak atau patahan akibat tegangan lentur dan puntir secara tiba – tiba. Oleh karena itu, diperlukan perlakuan panas untuk memperoleh keseimbangan antara kekerasan dan ketangguhan.. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur *tempering* terhadap *hardness* dan *impact* pada baja AISI 1040. Metode yang digunakan adalah proses perlakuan panas berupa *quenching* pada temperatur 850°C dan *tempering* pada variasi temperatur 250°C, 350°C, 450°C, 550°C, dan 650°C dengan *aging time* konstan 120 menit. Pengujian dilakukan menggunakan metode pengujian Charpy untuk ketangguhan impak dan Vickers untuk kekerasan serta simulasi FEA untuk melihat mekanisme patahan impak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan temperatur *tempering* menyebabkan nilai energi impak meningkat, sedangkan nilai kekerasan menurun. Nilai energi impak tertinggi sebesar 270 J pada temperatur 650°C, sedangkan nilai kekerasan terendah sebesar 96,33 HV pada temperatur 650°C. Sedangkan hasil simulasi FEA menunjukkan bahwa pada temperatur 450°C dan 650°C terjadi peningkatan deformasi plastis dan energi impak. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa temperatur *tempering* berpengaruh signifikan terhadap sifat mekanik baja AISI 1040.

Kata kunci: *Tempering*, Baja AISI 1040, Impak, Kekerasan

THE EFFECT OF TEMPERING TEMPERATURE ON HARDNESS AND IMPACT PROPERTIES OF AISI 1040 STEEL

M. Farhan Firdaus

ABSTRACT

Shafts are critical components in power transmission systems that operate under dynamic loads and shocks, making them susceptible to cracking or fracture due to sudden bending and torsional stresses. Therefore, heat treatment is necessary to achieve a balance between hardness and toughness. This study aims to determine the effect of tempering temperature on the hardness and impact strength of AISI 1040 steel. The method used involves a heat treatment process consisting of quenching at 850°C and tempering at varying temperatures of 250°C, 350°C, 450°C, 550°C, and 650°C, with a constant aging time of 120 minutes. Testing was conducted using the Charpy method for impact toughness and the Vickers method for hardness, as well as FEA simulation to examine the impact fracture mechanism. The results showed that an increase in tempering temperature caused the impact energy value to increase, while the hardness value decreased. The highest impact energy value was 270 J at 650°C, while the lowest hardness value was 96.33 HV at 650°C. Meanwhile, the results of the FEA simulation show that at temperatures of 450°C and 650°C, there is an increase in plastic deformation and impact energy. Thus, it can be concluded that the tempering temperature has a significant effect on the mechanical properties of AISI 1040 steel.

Keywords: *Tempering, AISI 1040 Steel, Impact, Hardness*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi yang berjudul "Pengaruh Temperatur *Tempering* Terhadap *Hardness* dan *Impact* pada Baja AISI 1040" ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Selama proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak wawasan dan pengalaman yang sangat berharga. Pengalaman ini tentu memberikan kontribusi besar dalam pengembangan pengetahuan dan keterampilan penulis di bidang teknik mesin.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan petunjuk dan karunia-Nya kepada penulis sehingga berhasil menyelesaikan skripsi dengan baik.
2. Orang tua, kakak, serta keluarga besar, yang selalu memberikan doa, kasih sayang, motivasi, dukungan moral dan bantuan materil tanpa henti kepada penulis.
3. Bapak Dr. Eng. Riki Hendra Purba, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama proses penelitian dan penulisan skripsi ini.
4. Bapak Nicky Yongkimandalan S.T., M.M., M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan waktu, perhatian, dan masukan berharga dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Ir. Fahrudin, S.T., M.T. selaku Kepala Prodi Teknik Mesin yang sudah memberikan persetujuan mengenai penulisan skripsi ini.
6. Seluruh dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan selama masa perkuliahan.

7. Deva, Purwanto, Rakan dan rekan rekan seperjuangan peminatan material angkatan 2022 yang telah membantu serta memberikan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin Angkatan 2022 yang telah menemani, memberikan dukungan serta doa guna kelancaran penyelesaian skripsi ini.
9. Partner saya, Amanda Alifiya Rahmadina atas dukungan, motivasi selama proses penyusunan dan kelancaran skripsi sehingga penulis dapat menyelesaikannya dengan baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis memohon maaf apabila terdapat kekurangan, baik dalam penyusunan maupun isi penelitian. Segala bentuk kritik dan saran yang membangun akan sangat berarti bagi perbaikan penelitian di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan secara umum, serta bagi kemajuan ilmu di bidang teknik mesin secara khusus.

Jakarta, Juni 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i>.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Baja	5
2.1.1 Baja	5
2.1.2 Klasifikasi Baja.....	5
2.1.3 Baja AISI 1040.....	12

2.2 Diagram Fe-Fe ₃ C	14
2.3 Diagram <i>Continuous Cooling Transformation</i> (CCT)	16
2.4 Diagram <i>Time Temperature Transformation</i> (TTT)	17
2.5 Perlakuan Panas.....	18
2.5.1 Jenis Perlakuan panas.....	18
2.6 <i>Impact</i>	22
2.6.1 <i>Impact</i>	22
2.6.2 Pengujian <i>Impact</i>	23
2.6.3 Faktor-faktor yang memengaruhi <i>impact</i>	28
2.7 <i>Hardness</i>	31
2.8 <i>Finite Element Analysis</i> (FEA)	33
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	36
3.1 Waktu Penelitian.....	36
3.2 Tempat Penelitian	36
3.3 Diagram Alir Penelitian	37
3.4 Prosedur Penelitian.....	38
3.5 Alat dan Bahan	42
3.5.1 Alat	42
3.5.2 Bahan.....	46
3.6 Desain Spesimen Pengujian.....	46
3.7 Proses <i>Quenching</i> dan <i>Tempering</i>	47
3.8 Pengujian Mikrostruktur	48
3.9 Pengujian Kekerasan Vickers.....	48
3.10 Pengujian Ketangguhan <i>Impact Charpy Test</i>	49
3.11 Simulasi FEA	51
3.11.1 <i>Pre-processing</i>	51

3.11.2 <i>Solving</i>	52
3.11.3 <i>Post-processing</i>	53
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	54
4.1 Mikrostruktur	54
4.2 Hasil Uji Impak	56
4.3 Hasil Uji Kekerasan <i>Vickers</i>	57
4.4 Analisis Patahan Impak.....	58
4.5 Hasil Simulasi <i>Impact Charpy</i>	61
4.5.1 Tegangan <i>von Mises</i>	61
4.5.2 <i>Impact Energy</i>	63
4.5.3 Perbandingan Hasil Simulasi dengan Eksperimen	65
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Diagram Fe-Fe ₃ c.....	15
Gambar 2. 2. Diagram CCT	17
Gambar 2. 3. Diagram TTT	18
Gambar 2. 4. Hubungan antara Impact Energy & Shear Fracture terhadap Temperatur.....	23
Gambar 2. 5. Sketsa Perhitungan Energi Impak	25
Gambar 2. 6. Skema Metode Charpy dan Spesimen Bertakik V	26
Gambar 2. 7. Skema Metode Izod dan Spesimen Bertakik V	27
Gambar 2. 8. Kurva Hall–Petch (Hubungan Ukuran Butir vs Kekuatan Luluh) .	30
Gambar 2. 9. Prinsip Uji Vickers	32
Gambar 3. 1. Laboratorium Manufaktur Fakultas Teknik UPNVJ	36
Gambar 3. 2. Diagram Alir Penelitian	37
Gambar 3. 3. Mesin Pengujian Kekerasan.....	42
Gambar 3. 4. Mesin Uji Impact Charpy	42
Gambar 3. 5. Mesin CNC	43
Gambar 3. 6. Mikroskop Optik	43
Gambar 3. 7. Scanning Electron Microscope	43
Gambar 3. 8. Furnace	44
Gambar 3. 9. Stopwatch.....	44
Gambar 3. 10. Jangka Sorong	44
Gambar 3. 11. Mesin Frais.....	45
Gambar 3. 12. Mesin Grinding & Polishing	45
Gambar 3. 13. XRF	45
Gambar 3. 14. Baja AISI 1040.....	46
Gambar 3. 15. Oli.....	46
Gambar 3. 16. Desain Spesimen Pengujian.....	46
Gambar 3. 17. Heat treatment cycle a) Quenching, b) Tempering.....	47
Gambar 3. 18. Geometri Spesimen Charpy V-Notch	51

Gambar 4. 1. Pengamatan mikrostruktur baja AISI 1040 kondisi setelah proses quenching dan tempering ; (a) tempering 250°C; (b) tempering 350°C; (c) tempering 450°C; (d) tempering 550°C; (e) tempering 650°C	54
Gambar 4. 2. Pengaruh Temperatur Tempering terhadap Ketangguhan pada Baja AISI 1040	57
Gambar 4. 3. Pengaruh Temperatur Tempering terhadap Kekerasan Vickers pada Baja AISI 1040	58
Gambar 4. 4. Hasil SEM patahan impak pada baja AISI 1040 kondisi temperatur tempering yang berbeda; (a) 250°C perbesaran 1000x ; (b) 250°C perbesaran 400x ; (c) 450°C perbesaran 1000x ; (d) 450°C perbesaran 400x ; (e) 650°C perbesaran 1000x ; (f) 650°C perbesaran 400x.....	60
Gambar 4. 5. Tegangan von Mises pada temperatur tempering 450°C.....	62
Gambar 4. 6. Titik kritis pada temperatur tempering 450°C	62
Gambar 4. 7. Tegangan von Mises pada temperatur tempering 650°C.....	62
Gambar 4. 8. Titik kritis pada temperatur tempering 650°C	63
Gambar 4. 9. Energi yang diserap spesimen pada temperatur tempering 450°C...64	
Gambar 4. 10. Energi yang diserap spesimen pada temperatur tempering 650°C..64	
Gambar 4. 11. Hasil validasi energi impak simulasi dan eksperimen	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Komposisi Kimia Baja AISI 1040	13
Tabel 2. 2. Komposisi Kimia Baja Menggunakan XRF	14
Tabel 3. 1. Material Properties	51
Tabel 3. 2. Johnson-Cook Model Parameters for AISI 1040 Steel	52

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1.** Spesimen Patahan Pengujian Impak
- Lampiran 2.** Data Pengujian Impak
- Lampiran 3.** Data Pengujian Kekerasan Vickers
- Lampiran 4.** Hasil SEM Patahan Impak Baja AISI 1040
- Lampiran 5.** Hasil Observasi Mikrostruktur Spesimens