PENGARUH PERLAKUAN PANAS HARDENING DENGAN MEDIA PENDINGIN AIR PENDINGIN (WATER COOLANT) DAN OLI PELUMAS YANG DITEMPERING DENGAN VARIASI WAKTU TAHAN TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON MENENGAH

Tugas Akhir

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Strata 1 Pada
Program Studi Teknik Mesin Universitas Tridinanti

Oleh:

Dwi Kurniawan Syahputra

2202220087

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS TRIDINANTI

2026

UNIVERSITAS TRIDINANTI
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Tugas Akhir

PENGARUH PERLAKUAN PANAS HARDENING DENGAN MEDIA PENDINGIN AIR PENDINGIN (WATER COOLANT) DAN OLI PELUMAS YANG DITEMPERING DENGAN VARIASI WAKTU TAHAN TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON MENENGAH

Oleh :
Dwi Kurniawan Syahputra
2202220087

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Mesin

Heriyanto Rusmaryadi, ST., MT.

Diperiksa Dan Disetujui Oleh :
Dosen Pembimbing I,

Ir. Togar PO Siampar, MT.

Dosen Pembimbing II,

Heriyanto Rusmaryadi, ST., MT.

Disahkan Oleh :
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ani Firda, ST., MT.

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : DWI KURNIAWAN SYAHPUTRA

NIM : 2202220087

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skrpsi berjudul "**Pengaruh Perlakuan Panas Hardening Dengan Media Pendingin Air Pendingin (Water Coolant) Dan Oli Pelumas Yang Ditempering Dengan Variasi Waktu Tahan Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Baja Karbon Menengah**" adalah benar merupakan karya sendiri. Hal-hal yang bukan karya saya, dalam skripsi tersebut diberi tanda citasi dan ditunjukkan dalam daftar Pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar dan ditemukan pelanggaran atas karya skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan skripsi dan gelar yang saya peroleh dari skripsi tersebut.

Palembang, 20 Oktober 2026

Yang membuat pernyataan,



Dwi Kurniawan Syahputra

NIM.2202220087

HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang Bertanda Tangan Dibawah Ini

Nama	Dwi Kurniawan Syahputra
NPM	2202220087
Fakultas	Teknik
Program Studi	Teknik Mesin

Dengan ini menyatakan bahwa Artikel dengan judul

"Pengaruh Perlakuan Panas Hardening Dengan Media Pendingin Air Pendingin (Water Coolant) Dan Oli Pelumas Yang Ditempering Dengan Variasi Waktu Tahan Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Baja Karbon Menengah" Merupakan hasil karya sendiri yang didampingi pembimbing bukan hasil penjiplakan/plagiat dan telah melewati proses *plagiarism checker* yang dilakukan pihak jurusan, apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Palembang, 20 Oktober 2026

Mahasiswa



Dwi Kurniawan Syahputra

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai Civitas Akademika Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik universitas Tridinanti, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Dwi Kurniawan Syahputra
NPM	: 2202220087
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Mesin
Jenis Karya	: Tugas Akhir/ Skripsi

Demi Pengembangan Ilmu pengetahuan untuk memberikan kepada pihak Universitas Tridinanti hak bebas Royalti Noneekslusif (*non ekslusive royalty free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

"Pengaruh Perlakuan Panas Hardening Dengan Media Pendingin Air Pendingin (Water Coolant) Dan Oli Pelumas Yang Ditempering Dengan Variasi Waktu Tahan Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Baja Karbon Menengah" Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan), dengan hak royalty eklusif ini universitas tridinanti berhak menyimpan, mengalih mediakan, mengelola mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan saya buat dengan sebenarnya dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Dibuat di Palembang

20 Oktober 2026

Yang menyatakan,



Dwi Kurniawan Syahputra

1 1

DWI KURNIAWAN SYAHPUTRA 2202220087.docx

IAIN PTK - 2

E-Thesis

IAIN Pontianak

Document Details

Submission ID

trn:oid:::1:3668485852

Submission Date

Oct 4, 2026, 8:23 PM GMT+7

Download Date

Oct 4, 2026, 8:26 PM GMT+7

File Name

DWI_KURNIAWAN_SYAHPUTRA_2202220087.docx

File Size

2.1 MB

55 Pages

6,819 Words

43,528 Characters

15% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Top Sources

13% Internet sources
5% Publications
5% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

13% Internet sources
5% Publications
5% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1 Internet
repository.its.ac.id 3%

2 Internet
repository.usd.ac.id <1%

3 Publication
Hariningsih Hariningsih, Tri Daryanto, Lutiyatmi Lutiyatmi. "Pengaruh Variasi Me... <1%

4 Internet
repository.univ-tridinanti.ac.id <1%

5 Internet
123dok.com <1%

6 Internet
text-id.123dok.com <1%

7 Student papers
LL Dikti IX Turnitin Consortium <1%

8 Internet
repository.ub.ac.id <1%

9 Student papers
Universitas Gadjah Mada <1%

10 Internet
repository.lib.pcr.ac.id <1%

11 Internet
eprints.itn.ac.id <1%

12 Publication
Eko Nugroho, Sulis Dri Handono, Asroni Asroni, Wahidin Wahidin. "Pengaruh Tem... <1%

13 Internet
repository.upstegal.ac.id <1%

14 Student papers
Abdullah Gul University <1%

15 Publication
Ahmad Multazam. "Pengaruh Heat Treatment dan Variasi Media Pendingin Terha... <1%

16 Student papers
Universitas Islam Riau <1%

17 Internet
ejurnal.its.ac.id <1%

18 Internet
eprints.polbeng.ac.id <1%

19 Publication
Auliana Diah Wilujeng, Misbakhul Fatah, Laily Ulfiyah. "Studi eksperimental varia... <1%

20 Internet
journal.unj.ac.id <1%

21 Student papers
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa <1%

22 Internet
digilib.unila.ac.id <1%

23 Student papers
UPN Veteran Yogyakarta <1%

24 Student papers
Universitas Muria Kudus <1%

25 Student papers
Politeknik Kesehatan Kemenkes Padang <1%

26 Student papers
Universitas Nasional <1%

27 Student papers
Universitas Negeri Surabaya The State University of Surabaya <1%

28 Internet
eprints.iainu-kebumen.ac.id <1%

29 Internet
eprints.ums.ac.id <1%

30 Internet
www.sttrcepu.ac.id <1%

31 Student papers
FAKULTAS TEKNIK <1%

32 Internet
journal.uny.ac.id <1%

33 Internet
eprints.binadarma.ac.id <1%

34 Internet
eprints.undip.ac.id <1%

35 Internet
jti.polinema.ac.id <1%

36 Internet
rama.unimal.ac.id <1%

37 Internet
repository.trisakti.ac.id <1%

38 Student papers
Sriwijaya University <1%

39 Internet
ejournal.unesa.ac.id <1%

40 Internet
fekbis.repository.unbin.ac.id <1%

41 Internet
id.123dok.com <1%

42 Internet
jurnal.ubl.ac.id <1%

43 Internet
ojs.atds.ac.id <1%

44 Publication
Akmal Barry, Zuraida Zuraida. "Kaji eksperimen pengaruh hardening dan temper... <1%

45 Publication
Andeliani Saputri, Agris Setiawan. "Pengaruh Variasi Temperatur Preheating Pad... <1%

46 Publication
Vinda Puspasari, Mukhlis Agung Prasetyo, Januarius Velix Ta'an Halab, Moch. Syai... <1%

47 Publication
Zainal Arman Razak, M Rizqi Al Fajar, Dhanu Suryanta. "THE IMPACT OF HEAT TRE... <1%

48 Internet
ejournal.uksw.edu <1%

49 Internet
eprints.umsida.ac.id <1%

50 Internet
es.scribd.com <1%

51 Internet
jurnal.intekom.id <1%

52 Internet
materialedo.wordpress.com <1%

53 Internet
repository.unmuhjember.ac.id <1%

54 Internet

repository.upi.edu <1%

55 Internet

ardra.biz <1%

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO :

"Tak Semua Jawaban Harus Ditemukan Hari Ini; Sebagian Tumbuh Bersama Waktu, Lalu Bermakna Setelah Perjalanan Usai".

(Dwi Kurniawan Syahputra)

"Jika Langkah Ini Adalah Perjuanganku, Maka Keluarga Adalah Alasan Yang Membuatku Bertahan Hingga Akhir".

~Dwi Kurniawan Syahputra~

"Gonna Fight And Don't Stop Until You're Proud"

"Dan Bersabarlah Kamu, Sesungguhnya Janji Allah Adalah Benar"

(Q.S Ar-Rum : 60)

PERSEMBAHAN

Rasa syukur dan bahagia ini saya persembahkan kepada orang-orang yang saya cintai dan berarti dalam hidup saya karena menjadi penyemangat atas segala perjuangan selama ini sehingga menjadi alasan terkuat dalam proses penyelesaian tugas akhir ini:

1. *Kedua orang tua penulis, Ayahanda Helyani dan Ibunda Irma Suryati. terima kasih sebesar-besarnya penulis berikan kepada beliau atas segala bentuk bantuan, semangat dan doa yang diberikan selama ini. Terima kasih atas nasihat yang diberikan meski terkadang pikiran kita tidak sejalan, terima kasih atas kesabaran dan kebesaran hati menghadapi penulis yang keras kepala. Memberikan semangat dan motivasi tiada henti hingga penulis dapat menyelesaikan studinya sampai sarjna. Ibu menjadi penguat dan pengingat paling hebat. Terima kasih sudah menjadi tempat untuk pulang.*
2. *Teruntuk kakak perempuan penulis, Arista Widya Iryani, S.Tr.T. Engkau bukan hanya seorang kakak, tetapi juga pahlawan bagi pendidikanku. Terima kasih atas segala cinta, doa, dan pengorbanan finansial yang telah Kakak berikan demi kelancaran kuliahku selama ini. Terima kasih telah menjadi penyokong terhebatku di saat suka maupun duka. Pencapaian ini adalah milik kita bersama.*
3. *Teruntuk keluarga besarku tercinta, Nenek, Om, Tante, dan Saudara-saudaraku sekalian. Terima kasih yang tak terhingga penulis ucapkan atas segala bentuk dukungan, kepedulian, dan doa tulus yang tak pernah putus menyertai setiap langkah penulis. Terima kasih telah menjadi bagian penting dalam perjalanan panjang ini hingga penulis dapat meraih gelar sarjana. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kesehatan, kebahagiaan, dan keberkahan untuk kita semua.*
4. *Teman-teman seperjuangan penulis angkatan 2022 teknik mesin Tridinanti yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Terimakasih telah membantu, mendukung, menghibur dalam kesedihan, mendengarkan segala keluh kesah yang dirasa dan tak lupa memberikan semangat kepada penulis selama perkuliahan hingga waktu penulisan tugas akhir.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan proposal tugas akhir ini yang berjudul **"PENGARUH PERLAKUAN PANAS HARDENING DENGAN MEDIA PENDINGIN AIR PENDINGIN (WATER COOLANT) DAN OLI PELUMAS YANG DITEMPERING DENGAN VARIASI WAKTU TAHAN TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON MENENGAH"** dengan waktu yang telah ditentukan.

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan Strata-1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tridinanti.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, dukungan dan semangat dari berbagai pihak dan pada kesempatan ini penulis juga ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Edizal AE, MS., selaku Rektor Universitas Tridinanti.
2. Ibu Dr. Ani Firda, S.T., MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tridinanti.
3. Bapak Heriyanto Rusmaryadi, ST,. MT., selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Tridinanti.
4. Seluruh Staf Dosen dan Karyawan Fakultas Teknik Mesin Universitas Tridinanti atas ilmu yang telah diberikan.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan segala bentuk saran serta masukan bahkan kritik yang membangun dari berbagai pihak.

Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak khususnya Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tridinanti.

Palembang, Oktober 2026

Penulis,



Dwi Kurniawan Syahputra

NPM: 2202220087

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **viii**

DAFTAR ISI ..... **x**

DAFTAR GAMBAR ..... **xiii**

DAFTAR TABEL ..... **xiv**

ABSTRAK ..... **xv**

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 4

1.3 Batasan Masalah 4

1.4 Tujuan Penelitian 5

1.5 Manfaat Penelitian 5

BAB II STUDI LITERATUR **7**

2.1 Dasar Baja Karbon Menengah 7

2.2 Perlakuan Panas (Heat Treatment): Pengerasan (Hardening/Quench) 7

2.2.1 Hardening 7

2.2.2 Tempering 8

2.3 Diagram Fasa Fe-C 10

2.4 Waktu Tahan (Holding Time) Tempering 11

2.5 Media Pendingin 12

2.5.1 Air Pendingin (Water Coolant) 13

2.5.2 Oli Pelumas 13

2.5.3 Perbandingan Air Pendingin (Water Coolant) Dan Oli Pelumas 14

2.5.4 Diagram Transformasi Pendinginan 16

2.6 Sifat Mekanik 17

2.6.1 Kekerasan (Hardness) 17

2.7 Metallography 18
2.7.1 Pemotongan Material Uji 18
2.7.2 Pengamplasan dan pemolesan 18
2.7.3 Pengetsaan 18
2.7.4 Pemotretan 19
2.8 Penelitian Terdahulu 19
Bab III Metodologi Penelitian 21
3.1 Metode Penelitian 21
3.2 Waktu Dan Tempat 21
3.2.1 Waktu 21
3.2.2 Tempat 21
3.3 Diagram Alir Penelitian 22
3.4 Bahan dan Alat Penelitian 23
3.4.1 Bahan Penelitian 23
3.4.2 Alat Penelitian 26
3.5 Prosedur Eksperimen 29
3.5.1 Persiapan Spesimen 29
3.5.2 Proses Hardening 30
3.5.3 Proses Tempering 33
3.5.4 Pengujian Sifat Mekanik 34
3.5.5 Pengamatan Struktur Mikro 35
3.6 Rancangan Eksperimen 35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 37
4.1 Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell 37
4.1.1 Hasil Uji Kekerasan Rata-rata (HRC) 38
4.2 Analisis Pengaruh Media Pendingin terhadap Kekerasan 39
4.2.1 Pengaruh terhadap Kekerasan Awal (Quench Only) 39

4.2.2 Penurunan Kekerasan setelah Tempering 40
4.3 Analisis Pengaruh Waktu Tahan Tempering terhadap Kekerasan 41
4.4 Analisis Struktur Mikro 42
4.4.1 Struktur Mikro Raw Material (S0) 42
4.4.2 Struktur Mikro Hasil Quenching (Tanpa Tempering) 43
4.4.3 Perubahan Struktur Mikro setelah Tempering (Air Pendingin) 45
4.4.4 Perubahan Struktur Mikro setelah Tempering (Oli Pelumas) 47
4.4.5 Perbandingan Struktur Mikro antara Kedua Media 49
4.5 Kombinasi Terbaik 50
4.5.1 Kriteria Pemilihan Kombinasi Optimal 50
4.5.2 Analisis Kombinasi 51
4.5.3 Rekomendasi Kombinasi Optimal 51
4.6 Ringkasan Hasil Penelitian 53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 55
5.1 Kesimpulan 55
5.2 Saran 55
DAFTAR PUSTAKA 56
LAMPIRAN 58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Fasa 11
Gambar 2.2 TTT Diagram 17
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 22
Gambar 3.2 Baja Karbon Menengah 23
Gambar 3.3 Air Pendingin (Water Coolant) 24
Gambar 3.4 Oli Pelumas 24
Gambar 3.5 Nital 3% 25
Gambar 3.6 Alkohol 70% 25
Gambar 3.7 Amplas 26
Gambar 3.8 Tungku Pemanas (Furnace) 26
Gambar 3.9 Wadah Pencelupan 27
Gambar 3.10 Alat Uji Kekerasan 28
Gambar 3.11 Mikroskop Optik 28
Gambar 3.12 Ukuran benda uji 29
Gambar 3.13 Austenisasi 31
Gambar 3.14 Proses Quenching 31
Gambar 3.15 Pengeringan 32
Gambar 3.16 Proses Tempering 33
Gambar 3.17 Pendinginan Setelah Tempering 34
Gambar 4.1 Grafik Uji Kekerasan 38
Gambar 4.2 Struktur Mikro Raw Material 43
Gambar 4.3 Struktur Mikro Hasil Quenching Air Pendingin Tanpa Tempering 44
Gambar 4.4 Struktur Mikro Hasil Quenching Oli Tanpa Tempering 45
Gambar 4.5 Struktur Mikro Tempering 15 Menit (Air Pendingin) 46
Gambar 4.6 Struktur Mikro Tempering 25 Menit (Air Pendingin) 47
Gambar 4.7 Struktur Mikro Tempering 15 Menit (Oli) 48
Gambar 4.8 Struktur Mikro Tempering 25 Menit (Oli) 49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori Tempering pada Baja Karbon Menengah 9
Tabel 2.2 Perbandingan Karakteristik Media Pendingin 14
Tabel 3.1 Matriks Pengujian 36
Tabel 4.1 Hasil Uji Kekerasan Rata-rata (HRC) 38
Tabel 4.2 Penurunan Kekerasan setelah Tempering 40
Tabel 4.3 Perbandingan Struktur Mikro 49

ABSTRAK

Baja karbon menengah merupakan salah satu material yang banyak digunakan pada komponen mesin karena memiliki sifat mekanik yang cukup baik, namun sifat tersebut masih dapat ditingkatkan melalui perlakuan panas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perlakuan panas hardening dengan media pendingin air pendingin (water coolant) dan oli pelumas yang dilanjutkan dengan tempering menggunakan variasi waktu tahan terhadap kekerasan dan struktur mikro baja karbon menengah. Proses hardening dilakukan pada temperatur 783°C dengan waktu tahan 10 menit, kemudian spesimen didinginkan menggunakan media air pendingin dan oli pelumas. Selanjutnya, proses tempering dilakukan pada temperatur 400°C dengan variasi waktu tahan 15 menit dan 25 menit. Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode Rockwell C pada lima titik pengukuran untuk setiap spesimen, sedangkan struktur mikro diamati untuk mengetahui perubahan fasa akibat perlakuan panas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media pendingin memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekerasan baja. Spesimen raw material memiliki kekerasan rata-rata sebesar 19,8 HRC, sedangkan setelah quenching menggunakan air pendingin meningkat menjadi 51 HRC dan menggunakan oli pelumas menjadi 35,1 HRC. Setelah proses tempering, kekerasan spesimen air pendingin menjadi 42,5 HRC pada waktu tahan 15 menit dan 40,9 HRC pada waktu tahan 25 menit. Sementara itu, spesimen dengan media oli memiliki kekerasan 33,7 HRC pada waktu tahan 15 menit dan 25,6 HRC pada waktu tahan 25 menit. Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa quenching dengan air menghasilkan struktur martensit yang lebih dominan, sedangkan quenching dengan oli menghasilkan campuran martensit dan perlit. Setelah tempering, struktur martensit mengalami dekomposisi secara bertahap menjadi tempered martensite dengan pembentukan dan penyebaran karbida yang lebih stabil. Peningkatan waktu tahan tempering dari 15 menit menjadi 25 menit menyebabkan penurunan kekerasan dan struktur mikro yang semakin homogen. Berdasarkan hasil penelitian, kombinasi media air pendingin dengan tempering selama 25 menit menghasilkan keseimbangan yang paling baik antara kekerasan dan kestabilan struktur mikro, dengan nilai kekerasan sebesar 40,9 HRC. Dengan demikian, pemilihan media pendingin dan waktu tahan tempering berpengaruh terhadap sifat mekanik dan struktur mikro baja karbon menengah serta dapat disesuaikan dengan kebutuhan penggunaannya.

Kata kunci: Baja Karbon Menengah, Hardening, Water Coolant, Oli Pelumas, Tempering, Waktu Tahan, Kekerasan, Struktur Mikro.

ABSTRACT

Medium carbon steel is widely used as an engineering material for machine components due to its relatively good mechanical properties. However, its mechanical properties can be further improved through heat treatment. This study aims to analyze the effect of hardening treatment using water coolant and lubricating oil as cooling media, followed by tempering with variations in holding time, on the hardness and microstructure of medium carbon steel. The hardening process was carried out at a temperature of 783°C with a holding time of 10 minutes, followed by rapid cooling using water coolant and lubricating oil. The specimens were then tempered at 400°C with holding times of 15 and 25 minutes. Hardness testing was conducted using the Rockwell C method at five different measurement points for each specimen, while microstructural observations were performed to identify the phase transformations resulting from the heat treatment. The results showed that the cooling medium significantly affected the hardness of the steel. The raw material exhibited an average hardness of 19.8 HRC, which increased to 51 HRC after quenching using water coolant and to 35.1 HRC after quenching using lubricating oil. After tempering, the hardness of the water-cooled specimens decreased to 42.5 HRC at a holding time of 15 minutes and 40.9 HRC at 25 minutes. Meanwhile, the specimens cooled using lubricating oil exhibited hardness values of 33.7 HRC at 15 minutes and 25.6 HRC at 25 minutes. Microstructural observations showed that water quenching produced a predominantly martensitic structure, whereas oil quenching resulted in a mixture of martensite and pearlite. After tempering, the martensitic structure gradually decomposed into tempered martensite accompanied by the formation and distribution of more stable carbides. Increasing the tempering holding time from 15 to 25 minutes resulted in a decrease in hardness and a more homogeneous microstructure. Based on the results, the combination of water coolant and tempering for 25 minutes provided the best balance between hardness and microstructural stability, with a hardness value of 40.9 HRC. Therefore, the selection of cooling medium and tempering holding time significantly affects the mechanical properties and microstructure of medium carbon steel and can be adjusted according to the intended application.

Keywords: Medium Carbon Steel, Hardening, Water Coolant, Lubricating Oil, Tempering, Holding Time, Hardness, Microstructure

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baja karbon menengah (medium carbon steel) merupakan salah satu material teknik yang paling banyak digunakan, terutama untuk komponen mesin seperti poros, roda gigi, baut, dan pegas. Keunggulan baja ini terletak pada keseimbangan antara kekuatan dan kelenturan (Thelning, 1975). Untuk mengoptimalkan sifat-sifat ini, proses perlakuan panas (heat treatment) menjadi langkah krusial yang bertujuan untuk mengubah struktur mikro dan sifat mekanik material sesuai dengan kebutuhan aplikasi (ASM Handbook, 2013).

Proses perlakuan panas yang umum dilakukan pada baja adalah pengerasan (hardening) dan pelunakan terkendali (tempering). Hardening dilakukan dengan memanaskan baja hingga temperatur austenitisasi (di atas temperatur kritis Ac_3), kemudian mendinginkannya secara cepat (quenching) untuk membentuk struktur martensit yang keras (Thelning, 1975; ASM Handbook, 2013). Namun, struktur martensit yang dihasilkan cenderung rapuh sehingga perlu dilakukan proses tempering, yaitu pemanasan kembali pada suhu di bawah temperatur kritis untuk mengurangi tegangan sisa, meredam kerapuhan, serta meningkatkan ketangguhan material (ASM Handbook, 2013).

Keberhasilan proses quenching sangat bergantung pada media pendingin yang digunakan. Media pendingin dengan laju pendinginan cepat seperti air pendingin (water coolant) akan menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi

karena mendorong pembentukan martensit yang lebih dominan. Sebaliknya, media pendingin yang lebih lambat seperti oli pelumas menghasilkan kekerasan yang lebih rendah namun dengan risiko distorsi dan retak yang lebih kecil (Thelning, 1975; ASM Handbook, 2013). Selain media pendingin, parameter waktu tahan (holding time) pada proses tempering juga merupakan faktor krusial karena menentukan perubahan struktur mikro dan sebaran karbon dalam baja. Semakin lama waktu tahan, proses difusi karbon keluar dari kisi martensit berlangsung lebih sempurna, yang mengakibatkan penurunan kekerasan namun peningkatan ketangguhan (ASM Handbook, 2013).

Studi-studi terdahulu telah banyak dilakukan untuk mengkaji pengaruh media pendingin dan waktu tahan tempering. Haryadi et al. (2021) mengungkapkan bahwa variasi media pendingin air dan oli SAE 20W-50 pada proses quenching menghasilkan nilai kekerasan yang berbeda-beda, di mana pendinginan dengan air menghasilkan kekerasan hingga 457,02 HV pada suhu 850°C, jauh lebih tinggi dibandingkan oli yang hanya mencapai 402,55 HV. Temuan serupa dikonfirmasi oleh Nota et al. (2025) yang melaporkan bahwa perlakuan panas quenching pada baja AISI 1045 menggunakan media air mineral menghasilkan nilai kekerasan rata-rata sebesar 89,35 HRC, jauh lebih tinggi dibandingkan media oli SAE 20W-50 yang hanya mencapai 49,90 HRC.

Di sisi lain, variasi durasi penahanan saat tempering juga berdampak pada sifat mekanik material. ASM Handbook (2013) menjelaskan bahwa waktu tahan yang lebih lama selama proses tempering akan menurunkan kekerasan baja tetapi meningkatkan ketangguhannya. Hal ini juga didukung oleh penelitian Dwiyati et

al. (2019) yang meneliti kombinasi variasi holding time (30, 60, dan 90 menit) dengan dua media pendingin (coolant dan oli) pada baja karbon. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pada setiap variasi holding time, media coolant secara konsisten menghasilkan nilai kekerasan lebih tinggi dibandingkan oli.

Dari tinjauan literatur ini, teridentifikasi celah penelitian yang dapat diangkat. Haryadi et al. (2021) fokus pada variasi media pendingin dan temperatur quenching tanpa menyertakan analisis durasi tempering. Nota et al. (2025) membandingkan media pendingin tetapi tidak memvariasikan waktu tempering. Sementara itu, ASM Handbook (2013) dan Thelning (1975) memberikan landasan teoritis yang kuat namun belum mengkaji secara spesifik kombinasi antara media pendingin (air pendingin/water coolant dan oli pelumas) dengan variasi waktu tahan tempering (15 dan 25 menit) pada suhu tempering 400°C untuk baja karbon menengah. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan mengkaji pengaruh variasi waktu tahan tempering terhadap sifat mekanik dan struktur mikro baja karbon menengah yang dikeraskan dengan media pendingin air pendingin (water coolant) dan oli pelumas.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang hubungan antara variasi waktu tempering dengan perubahan sifat mekanik dan struktur mikro pada baja karbon menengah, sehingga dapat menjadi acuan dalam menentukan parameter perlakuan panas yang sesuai untuk meningkatkan kualitas baja karbon menengah dalam aplikasi industri, terutama di bidang manufaktur dan otomotif.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

"Seberapa besar perbedaan nilai kekerasan dan struktur mikro baja karbon menengah antar penggunaan media pendingin air pendingin (water coolant) dan oli pelumas pada masing-masing variasi waktu tahan (holding time) tempering?"

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Material yang digunakan adalah baja karbon menengah dengan kandungan karbon 0,45%.
2. Proses perlakuan panas yang dilakukan meliputi hardening (pemanasan hingga suhu austenitisasi diikuti quenching) dan tempering.
3. Suhu hardening yang digunakan adalah 783°C dengan waktu tahan hardening selama 10 menit, dan merupakan variabel tetap (tidak divariasikan).
4. Media pendingin quenching yang digunakan hanya air pendingin (water coolant) dan oli pelumas, sebagai variabel bebas pertama.
5. Suhu tempering yang digunakan adalah 400°C dan merupakan variabel tetap (tidak divariasikan).
6. Variasi waktu tahan (holding time) tempering yang digunakan adalah 15 menit dan 25 menit, sebagai variabel bebas kedua.
7. Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode Rockwell.

8. Pengamatan struktur mikro dilakukan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 400× setelah proses etsa menggunakan larutan nital 3%.
9. Spesimen berupa silinder dengan diameter 25 mm dan panjang 15 mm, berjumlah 7 buah (1 spesimen raw material tanpa perlakuan panas sebagai pembanding, dan 6 spesimen dengan perlakuan panas).

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis pengaruh variasi waktu tahan (holding time) tempering (15 menit, dan 25 menit) pada suhu 400°C terhadap nilai kekerasan baja karbon menengah yang telah mengalami proses hardening pada suhu 783°C.
2. Menganalisis pengaruh media pendingin quenching (air pendingin dan oli pelumas) terhadap perubahan struktur mikro baja karbon menengah setelah proses tempering.
3. Membandingkan nilai kekerasan dan struktur mikro baja karbon menengah antara kedua media pendingin (air pendingin dan oli pelumas) pada masing-masing variasi waktu tahan tempering (15 menit dan 25 menit).

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai pengaruh waktu tahan tempering terhadap nilai kekerasan baja karbon menengah.
2. Memberikan data empiris mengenai kombinasi optimal antara media pendingin (air pendingin/oli pelumas) dan waktu tahan tempering untuk komponen baja

karbon menengah seperti poros dan roda gigi pada aplikasi otomotif dan manufaktur.

3. Membantu dunia industri dan akademik dalam menentukan proses perlakuan panas yang tepat untuk memperoleh sifat mekanik baja yang optimal.
4. Dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan perlakuan panas baja karbon menengah.

DAFTAR PUSTAKA

Andreansyah, M., Anjani, R. D., & Naubnome, V. (2023). Pengaruh proses heat treatment (quenching dan tempering) terhadap kekerasan dan struktur mikro baja karbon menengah. Jurnal Serambi Engineering, 9(1), 7864–7872. https://doi.org/10.32672/jse.v9i1.791

ASM Handbook. (2013). *Heat treating* (Vol. 4). ASM International.

Basori, B., & Iswadi, A. (2022). Fenomena kekerasan, impak, dan struktur mikro baja 0.074 wt.% karbon pasca quenching coolant. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, *7*(1), 35–41. https://doi.org/10.21009/JKEM.7.1.5

Dwiyati, S. T., Hutomo, M. B. P., & Susetyo, F. B. (2019). Pengaruh variasi holding time dan media quenching terhadap nilai kekerasan baja dengan kadar karbon 0,192wt.%. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*, *6*(1), 37–43. https://doi.org/10.21009/JKEM.6.1.7

Faisal, M., & Asrul. (2022). Analisa kelelahan dan kekerasan pada logam axle shaft dengan pengelasan gesek. Jurnal Teknik Mesin (JTM), 15(2), 159–165. https://doi.org/10.30630/jtm.15.2.964

Hariningsih, H., Daryanto, T., & Widodo, A. (2022). *Pengaruh variasi media quenching dan tempering terhadap struktur mikro dan kekerasan baja AISI 1045*. Creative Research in Engineering (CERIE), 2(2), 52–62. https://doi.org/10.30595/cerie.v2i2.14317

Haryadi, G. D., Utomo, A. F., & Ekaputra, I. M. W. (2021). Pengaruh variasi temperatur quenching dan media pendingin terhadap tingkat kekerasan baja AISI 1045. Jurnal Rekayasa Mesin, 16(2), 255–264. https://doi.org/10.32497/jrm.v16i2.2633

Lanyo, A., Lubis, G., & Ivanto. (2025). Analisis pengaruh perlakuan panas terhadap perubahan nilai kekerasan baja karbon AISI 1045. JTRAIN: Jurnal

Teknologi Rekayasa Teknik Mesin, 6(2), 63–70. https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jtm/article/view/96486

Muhyi, A., Ramadhanty, N., & Pujiyulianto, E. (2023). *Analisa pengaruh variasi media pendingin pada perlakuan panas terhadap struktur mikro dan nilai kekerasan fully pearlitic steel* [Skripsi, Institut Teknologi Sumatera]. Repository ITERA. https://repository.itera.ac.id/depan/submission/SB2303290006

Nota, N. A. S., Azis, A., Budianti, S. I., & Sampurno, C. B. K. (2025). Pengaruh proses quenching dengan variasi media pendingin terhadap sifat mekanik dan struktur mikro baja AISI 1045. Perwira Journal of Science & Engineering, 5(1). https://doi.org/10.54199/pjse.v5i1.493

Sunardi, S., Randu, R., Listijorini, E., Saefuloh, I., Notonegoro, H. A., & Jannah, M. (2021). *Fatigue characteristics of medium carbon steel after heat treatment using sand as cooling media*. *INTEK: Jurnal Penelitian*, 8(2), 101–107. https://doi.org/10.31963/intek.v8i2.2817

Thelning, K.-E. (1975). *Steel and its heat treatment*. Butterworths.

Wahyudi, T. C., Nugroho, E., Budiyanto, E., & Maktum, M. F. (2021). *Kaji eksperimen pengaruh variasi temperatur pemanasan dan media pendingin pada proses quenching terhadap perubahan kekerasan sprocket gear sepeda motor non original*. *Teknika Sains: Jurnal Ilmu Teknik*, 6(1). https://doi.org/10.24967/teksis.v6i1.1232

Yuwita, P. E., Habib, A., & Faila, R. N. (2024). Studi pengaruh variasi media pendingin quenching dan waktu penahanan pada proses heat treatment terhadap kekerasan baja AISI 1045. Jurnal Rekayasa Mesin, 19(1), 77–84. https://doi.org/10.32497/jrm.v19i1.4960