

**STUDI PENGARUH VARIASI SUHU *TEMPERING*
DUA LANGKAH TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN
STRUKTUR MIKRO PADA BAJA JIS SUP9 DENGAN
MEDIA PENDINGINAN AIR DAN MINYAK**

S K R I P S I



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

Disusun:

ALDI MAHENDRA 2202220014

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS TRIDINANTI

2026

**UNIVERSITAS TRIDINANTI
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**



**STUDI PENGARUH VARIASI SUHU TEMPERING DUA LANGKAH
TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA
JIS SUP9 DENGAN MEDIA PENDINGINAN AIR DAN MINYAK**

Disusun Oleh:

ALDI MAHENDRA

2202220014

Mengetahui, Diperiksa dan Disetujui Oleh:

**Ketua Jurusan Teknik Mesin,
Universitas Tridinanti**

Dosen Pembimbing 1

Heriyanto Rusmaryadi, S.T, PG, Dip.M.T
NIDN.0009017501

Hj. Rita Maria Veranika, S.T, M.T

Dosen Pembimbing II

Arifin Zaki, S.T, M.M.

Disahkan Oleh Dekan Fakultas Teknik

Universitas Tridinanti
Dr. Ani Firda, S.T., M.T.
NIDN. 0020117701

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Aldi Mahendra
NIP : 2202220014
Fakultas : TEKNIK
Program Studi : TEKNIK MESIN

Dengan ini menyatakan bahwa Artikel dengan judul **Studi Pengaruh Variasi Suhu *Tempering* Dua Langkah Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Pada Baja JIS SUP9 Dengan Media Pendinginan Air Dan Minyak** benar bebas dari plagiat dan publikasi ganda. Bila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi yang berlaku dari pihak prodi dan insitusi Universitas Tridinanti Palembang.

Demikian surat pernyataan ini saya buat penuh keasadaran, dan tanpa paksaan dari pihak mana pun. Sehingga dapat dipergunakan sebagai mana mestinya.

Palembang, Juli 2026

Mahasiswa

Aldi Mahendra

Lampiran :
Print Out Hasil Plagiat

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Aldi Mahendra

NIP : 2202220014

Fakultas : TEKNIK

Program Studi : TEKNIK MESIN

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi berjudul : **Studi Pengaruh Variasi Suhu *Tempering* Dua Langkah Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Pada Baja JIS SUP9 Dengan Media Pendinginan Air Dan Minyak** 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, Juli 2025
Yang membuat pernyataan



Aldi Mahendra
NIM. 2202220014

SURAT PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai Civitas Akademika Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tridianti Palembang, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Aldi Mahendra
NIP : 2202220014
Fakultas : TEKNIK
Program Studi : TEKNIK MESIN
Jenis Karya : TUGAS AKHIR/ SKRIPSI

Demi Pengembangan Ilmu pengetahuan untuk memberikan kepada pihak Universitas Tridianti Palembang hak bebas Royalti Non eksklusif (*non exclusive royalty free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**STUDI PENGARUH VARIASI SUHU *TEMPERING* DUA LANGKAH
TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA
JIS SUP9 DENGAN MEDIA PENDINGINAN AIR DAN MINYAK**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan), dengan hak royalti eksklusif ini universitas tridianti palembang berhak menyimpan, mengalih mediakan, mengelola dalam bentuk data base dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan pemilik hak cipta. Demikian pernyataan saya buat dengan sebenarnya dan tanpa ada tekanan dari pihak mana pun.

Dibuat di Palembang
Tanggal, Juli 2026
Yang menyatakan,



Aldi Mahendra

➤ **MOTTO:**

“Keberhasilan bukan milik orang pintar, tapi milik mereka yang senantiasa berusaha”

(Prof. DR (HC). Ing. Dr. Sc.Mult. Bacharuddin Jusuf Habibie)

“Hidup adalah sebuah perlombaan,. Jika kamu tidak terus bergerak maju, kamu akan tertinggal”

(Rancho, 3 Idiot’s (2009))

Kupersembahkan untuk:

- ❖ *Kedua orang tuaku ibu dan bapak yang tercinta*
- ❖ *Saudara kakak dan adik-adikku yang telah memberiku semangat*
- ❖ *Teman-teman seperjuangan*
- 2026 Teknik Mesin*
- ❖ *almamaterku*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena atas berkat dan hidayah-NYA, Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Banyak hambatan dan rintangan yang terjadi selama menyusun Tugas Akhir ini. Walaupun demikian semua merupakan tantangan yang harus dihadapi. Tugas Akhir yang berjudul **"Studi Pengaruh Variasi Suhu Tempering Dua Langkah Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Pada Baja JIS SUP9 Dengan Media Pendinginan Air Dan Minyak"** dibuat sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar Sarjana Strata Satu di Universitas Tridinanti. Meskipun penyusunan tugas akhir ini telah selesai, tetapi disadari tugas akhir masih jauh dari sempurna, baik dari segi materi, penyajian maupun bahasannya. Oleh karena itu sangat diharapkan adanya kritik dan saran yang sifatnya membangun guna kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata, perkenankanlah untuk menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu didalam penyusunan tugas akhir ini, baik secara langsung maupun tidak langsung. Khususnya kepada:

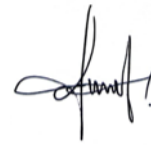
1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Edizal AE., MS. selaku Rektor Universitas Tridinanti.
2. Ibu Dr. Ani Firda, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tridinanti.
3. Bapak Heriyanto Rusmaryadi, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tridinanti.

4. Bapak Martin Luther King, ST., MT, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tridinanti.
5. Ibu Hj. Rita Maria Veranika, ST., MT. selaku Pembimbing I.
6. Bapak Arifin Zaini, ST., MM. selaku Pembimbing II.
7. Seluruh Staf, Dosen dan Karyawan Fakultas Teknik Mesin Universitas Tridinanti.

Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat berguna bagi mahasiswa, khususnya Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Tridinanti.

Palembang, Juli 2026

Penulis,



Aldi Mahendra

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
ABSTRAK.....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	
1. 1. Latar Belakang.....	1
1. 2. Rumusan Masalah.....	2
1. 3. Batasan Masalah	3
1. 4. Tujuan Penelitian	3
1. 5. Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pegas daun.....	5
2.2. JIS SUP9	6
2.3. Pelakuan panas (<i>Heat Treatment</i>).....	10
2.4. Diagram Fasa Fe-Fe ₃ C.	12

2.5. Diagram time, temperatur transformation (TTT).	13
2.6. Diagram proses <i>tempering</i> dua langkah.....	14
2.7. Struktur mikro baja.	14
2.8. Uji kekerasan.	21
2.9. Metalografi.	23

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian.	25
3.2. Metode Penelitian.....	26
3.3. Waktu dan tempat penelitian.....	26
3.4. Bahan dan alat penelitian.	26
3.5. Variabel bebas	27
3.6. Prosedur penelitian.	28
3.7. Teknik pengumpulan data.....	30

BAB IV. PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian kekerasan.	31
4.2. Struktur mikro	33
4.3. Pembahasan.	40

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.....	43
5.2. Saran.	44

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Pegas daun.....	5
2.2. Baja JIS SUP9	6
2.3. Diagram Fasa Fe-Fe ₃ C	12
2.4. Time Temperatur Transformation (TTT).....	13
2.5. Diagram proses hardening dan tempering dua langkah.	14
2.6. Pengujian Kekerasan Rockwell.	23
3.1. Diagram alir.....	25
3.2. Dimensi Spesimen	28
3.3. Daerah pengujian kekerasan.....	29
4.1. Grafik Hasil Pengujian Kekerasan	32
4.2. Struktur Mikro Baja JIS SUP9 Tanpa Perlakuan.	33
4.3. Struktur Mikro Baja JIS SUP9 Setelah Hardening Air.....	34
4.4. Struktur Mikro Baja JIS SUP9 Setelah Tempering Pertama.....	35
4.5 Struktur Mikro Baja JIS SUP9 Setelah Tempering Kedua	36
4.6. Struktur Mikro Baja JIS SUP9 Hardening Minyak.	37
4.7. Struktur Mikro Baja JIS SUP9 Setelah Tempering Kedua.	38
4.8. Struktur Mikro Baja JIS SUP9 Setelah Tempering Kedua.	39

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Komposisi kimia baja JIS SUP9.....	7
2.2. macam-macam baja SUP	9
4.1. Hasil pengujian kekerasan.....	31

ABSTRAK

Baja JIS SUP9 merupakan material yang biasa digunakan untuk membuat pegas daun (leaf spring) karena memiliki kombinasi kekuatan, kekerasan, ketangguhan yang baik. Untuk memperoleh sifat mekanik yang optimal diperlukan perlakuan panas yang tepat, salah satunya melalui tempering dua langkah (double step tempering). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi suhu tempering dua langkah terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada baja JIS SUP9 setelah di-hardening dengan media pendingin air dan minyak.

Metode penelitian diawali dengan austenisasi pada suhu 865°C di tungku furnace ditahan selama 10 menit kemudian didinginkan secara cepat dengan media pendinginan air dan minyak, dilanjutkan proses tempering pertama pada suhu 500°C dan tempering kedua pada suhu 400°C. Pengujian yang dilakukan meliputi uji kekerasan Rockwell dan pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik.

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa spesimen tanpa perlakuan memiliki kekerasan 22,8 HRC karena memiliki fasa ferit dan perlit yang dominan, sedangkan hasil dari hardening meningkatkan kekerasan baja hingga 57,4 HRC pada media air dan 56,9 HRC pada media minyak akibat terbentuknya martensit. Tempering pertama menurunkan kekerasan menjadi 38,9 HRC pada air dan 39,4 HRC pada minyak karena terbentuknya martensit temper, tempering kedua tidak memberikan perubahan yang signifikan terhadap sifat mekanik dan struktur mikro. Dengan demikian tempering dua langkah pada kondisi penelitian ini mampu menghasilkan struktur mikro yang lebih stabil, namun tidak meningkatkan sifat mekanik secara signifikan setelah tempering kedua.

Kata Kunci: Baja JIS SUP9, Hardening, Tempering Dua Langkah, Kekerasan, Struktur Mikro.

ABSTRACT

JIS SUP9 steel is a material commonly used for manufacturing leaf springs due to its excellent combination of strength, hardness, and toughness. To obtain optimal mechanical properties, appropriate heat treatment is required, one of which is the double-step tempering process. This study was conducted to investigate the effect of double-step tempering temperature variations on the mechanical properties and microstructure of JIS SUP9 steel after hardening using water and oil as quenching media.

The experimental procedure began with austenitizing the specimens at 865°C in a furnace with a holding time of 10 minutes, followed by rapid cooling using water and oil quenching media. The first tempering process was carried out at 500°C, followed by a second tempering process at 400°C. The tests performed included Rockwell hardness testing and microstructural observation using an optical microscope.

The results showed that the untreated specimen had a hardness of 22.8 HRC, attributed to the dominant ferrite and pearlite phases. After the hardening process, the hardness increased significantly to 57.4 HRC for water-quenched specimens and 56.9 HRC for oil-quenched specimens due to the formation of martensite. The first tempering process reduced the hardness to 38.9 HRC for water-quenched specimens and 39.4 HRC for oil-quenched specimens as tempered martensite was formed. The second tempering process did not produce a significant change in either the mechanical properties or the microstructure. Therefore, under the conditions of this study, the double-step tempering process produced a more stable microstructure but did not significantly improve the mechanical properties after the second tempering stage.

Keywords: *JIS SUP9 Steel, Hardening, Double-Step Tempering, Hardness, Microstructure.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baja pegas daun merupakan jenis suspensi yang banyak digunakan pada kendaraan yang mengangkut beban berat, berperan sebagai penopang beban, menjaga stabilitas kendaraan, dan meredam getaran yang diteruskan oleh roda pada saat melintasi permukaan jalan yang tidak rata, bergelombang, dan berlobang. Kondisi permukaan jalan yang masih buruk tersebut dapat membuat badan kendaraan menjadi miring dan bergetar sehingga dapat mengganggu kenyamanan dan keselamatan bagi penumpang (Permana. E. R., & Rasyid. A. H. A., 2018).

Salah satu jenis material pegas daun yang sering digunakan ialah JIS SUP9, JIS SUP9 dipilih karena memiliki kandungan karbon menengah, mangan dan kromium yang dominan, kandungan tersebut memiliki sifat mekanik yang baik ketika di lakukan perlakuan panas. Untuk memperoleh sifat mekanik yang optimal, baja JIS SUP9 dilakukan proses perlakuan panas salah satunya *hardening* dan *tempering*. Proses *hardening* bertujuan untuk meningkatkan kekerasan melalui pembentukan struktur *martensit*, dan *tempering* bertujuan memperbaiki kerapuhan yang dimiliki baja akibat proses pembentukan *martensit*, sehingga menciptakan keseimbangan antara kekerasan, ketangguhan, dan keuletan sesuai kebutuhan aplikasi (Anwar, Z., & Irawan, R., 2021).

Dalam praktik dan penelitian terkini, penerapan proses *hardening* dengan variasi media pendingin lalu dilanjutkan *tempering* telah banyak banyak dikaji karena mampu menurunkan kekerasan yang diakibatkan *hardening*. Dari penelitian Ardika, R. D., et al (2024) dan Badaruddin, M et al (2023) melaporkan bahwa variasi media pendingin setelah proses *hardening* dan *tempering* mempengaruhi struktur mikro dan kekerasan baja JIS SUP9. Selanjutnya penelitian dari (Pezzato, L. Et al 2020) melaporkan bahwa *tempering* dua langkah (*double tempering*) menunjukkan bahwa perlakuan ini mampu menghasilkan kombinasi kekuatan dan keuletan yang baik, sehingga metode *tempering* dua langkah (*double tempering*) berpotensi diterapkan untuk meningkatkan performa baja teknik.

Namun, penelitian yang secara spesifik mengkaji pengaruh variasi suhu *tempering* dua langkah terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada baja JIS SUP9 media pendingin air dan minyak masih terbatas, oleh karena itu penelitian mengenai pengaruh variasi suhu *tempering* dua langkah perlu dilakukan agar dapat diketahui perubahan sifat mekanik dan struktur mikro pada baja JIS SUP9 sebagai material komponen pegas daun.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana perubahan nilai kekerasan pada baja JIS SUP9 yang diakibatkan oleh *hardening* lalu dilanjutkan dengan variasi suhu *tempering* dua langkah yang telah melalui pendinginan air dan minyak ?

2. Bagaimana perubahan struktur mikro yang terjadi akibat *hardening* lalu dilanjutkan dengan variasi suhu *tempering* dua langkah pada baja JIS SUP9 setelah melalui pendinginan air dan minyak ?

1.3 Tujuan Penelitian

Mengetahui pengaruh variasi suhu *tempering* dua langkah terhadap sifat mekanik dan struktur mikro baja JIS SUP9 setelah melalui proses *hardening* dengan media pendingin air dan minyak.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam penentuan parameter perlakuan panas baja pegas daun pada industri *otomotif*, serta dapat memberikan wawasan dan pengetahuan di bidang material teknik, khususnya mengenai pengaruh *tempering* dua langkah terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada baja JIS SUP9 dengan media pendingin air dan minyak.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan terfokus, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Material yang digunakan adalah baja pegas daun JIS SUP9.
2. Proses perlakuan panas yang dilakukan meliputi *hardening* dan *tempering* dua langkah.
3. Suhu *tempering* pertama ditetapkan 500°C.
4. Suhu *tempering* kedua ditetapkan 400°C.
5. Waktu tahan *hardening* dan *tempering* dibuat konstan selama 10 menit.

6. Media pendingin yang digunakan adalah air dan minyak sayur.
7. Pengujian sifat mekanik dibatasi pada uji kekerasan *Rockwell*.
8. Pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik.
9. Pengaruh unsur paduan dan proses manufaktur sebelumnya tidak menjadi fokus penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Z., & Irawan, R. (2021). *Analisa pengaruh perlakuan panas quench–temper terhadap nilai kekerasan dan kekuatan tarik baja JIS SUP9*. Jurnal Inovator.
- Ardika, R. D., Fitriana, A., Winardi, Y., Fadelan, F., Hastuti, S., & Muhammad, R. (2024). *Pengaruh quenching dan tempering terhadap sifat mekanik leaf spring steel JIS SUP9A*. Jurnal Crankshaft., 7(3), 63-69.
- ASTM Internasional. (2019). *ASTM E18- Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials*. ASTM Internasional.
- Badaruddin, M. (2023). *Effect of single and double quenching–tempering heat treatment on microstructures and tensile strength of AISI 4140 in annealing condition*. Materials. MDP
- Nararya, R. I., Prasetyo, A., & Hidayat, R. (2025). *Analisis sifat mekanik pegas daun hasil proses tempering*. Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik, 3(1), 69–84.
- Nurdianto, I. I., Mufarida, N. A., & Halim, N. (2019). *Pengaruh Variasi Suhu Tempering Terhadap Kekerasan Baja Pegas JIS SUP9*. Repository Universitas Muhammadiyah Jember.
- Permana, E. R., & Hafizh, A. A. R. (2018). *Studi eksperimen pengaruh suhu tempering pada baja JIS SUP9 terhadap kekuatan impact*. JTM (Jurnal Teknik Mesin), Universitas Negeri Surabaya.
- Pezzato, L., Gennari, C., Chukin, D., Toldo, M., Sella, F., Toniolo, M., Zambon, A., Brunelli, K., & Dabalà, M. (2020). *Studi Pengaruh Beberapa Tempering terhadap Ketangguhan Benturan Baja Struktural Tempa S690*. Metals , 10 (4), 507. <https://doi.org/10.3390/met10040507>
- Purnomo. (2017). *Material Teknik, Edisi Pertama*. Malang – Jawa Timur – Indonesia: CV. Seribu Bintang.
- Salvetr. P., et al., (2023). *Effect Of Double-Step and Strain-Assisted Tempering on Properties of Medium-Carbon Steel*. Materials vol.16
- Sinaga, Muktar & Saidah, Andi (2022). *Metalurgi*. Yogyakarta: CV. Bintang Semesta Media.
- SteelJIS. *Japanese Steel Classification: SUP Grades*. https://steeljis.com/jis_steel_datasheet.php?name_id=322 (akses 20 januari 2026).
- Vander V0ort, G. F., (1999). *Metallography: Principles and Practice*. McGraw-Hill.