



**KARAKTERISASI KEAUSAN EROSI BAJA SKD11
SETELAH PROSES *QUENCHING* DAN *TEMPERING***

SKRIPSI

AHMAD BAIHAQI

2110311019

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

2025



**KARAKTERISASI KEAUSAN EROSI BAJA SKD11
SETELAH PROSES *QUENCHING* DAN *TEMPERING***

SKRIPSI

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

AHMAD BAIHAQI

2110311019

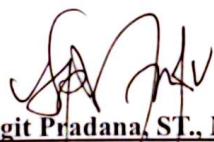
**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
2025**

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Ahmad Baihaqi
NIM : 2110311019
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : KARAKTERISASI KEAUSAN EROSI BAJA SKD11
SETELAH PROSES *QUENCHING* DAN *TEMPERING*

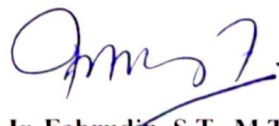
Telah berhasil dipertahankan dihadapan para penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.


Sigit Pradana, ST., MT
Penguji Utama


Nicky Yongkimandalan, 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 Teknik Mesin

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 21 November 2025

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Ahmad Baihaqi

NIM : 2110311019

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : KARAKTERISASI KEAUSAN EROSI BAJA SKD11

SETELAH PROSES *QUENCHING* DAN *TEMPERING*

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 1



Armansyah, S.T., M.Sc., Ph.D

Pembimbing 2

Mengetahui,



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

Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Ahmad Baihaqi
NIM : 2110311019
prodi : Teknik Mesin

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

Jakarta, 21 November 2025

Yang menyatakan,

A handwritten signature in black ink is written over a yellow and red 10,000 Rupiah stamp. The stamp features the number '10000' and the words 'SEPULUH RIBU RUPIAH' and 'METER TEMPEL'. The signature is stylized and covers the right side of the stamp.

Ahmad Baihaqi

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Saya yang akan bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ahmad Baihaqi
NIM : 2110311019
Fakultas : Teknik
Program studi : Teknik Mesin

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

"KARAKTERISASI KEAUSAN EROSI BAJA SKD11

SETELAH PROSES *QUENCHING* DAN *TEMPERING*"

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih-media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*data base*), merawat, dan mempublikasikan Skripsi/PKL saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 21 November 2025

Yang menyatakan,



Ahmad Baihaqi

KARAKTERISASI KEAUSAN EROSI BAJA SKD11 SETELAH PROSES *QUENCHING* DAN *TEMPERING*

Ahmad Baihaqi

ABSTRAK

Keausan erosi menurunkan kinerja komponen industri sehingga perlu peningkatan ketahanan material melalui perlakuan panas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh proses *quenching* dan *tempering* terhadap mikrostruktur, kekerasan, serta ketahanan erosi baja SKD11. Spesimen penelitian dibuat dengan dimensi 50 mm × 50 mm × 10 mm, kemudian diproses melalui *austenisasi* pada suhu 1000°C selama 1 jam, dilanjutkan proses *quenching* menggunakan media oli, serta proses *tempering* dengan variasi suhu 300°C, 350°C, 400°C, 450°C, dan 500°C selama 1 jam. Analisis mikrostruktur dan morfologi permukaan dilakukan menggunakan *Optical Microscope* dan SEM-EDS serta XRD. Uji kekerasan menggunakan metode *Vickers*, sedangkan uji erosi dilakukan dengan *sand blasting* pada sudut tumbukan 30°, 60°, dan 90°. Hasil penelitian menunjukkan bahwa spesimen *as-cast* memiliki kekerasan terendah dan ulet. Proses *quenching* memiliki kekerasan tertinggi, namun cenderung getas. Proses *quenching tempering* mampu menurunkan kegetasan. Suhu tempering 400°C menghasilkan kekerasan optimum, sedangkan kenaikan suhu hingga 500°C menurunkan kekerasan. Uji erosi memperlihatkan bahwa laju erosi kondisi *as-cast* lebih tinggi dibandingkan *quenching* dan *quenching tempering*, dengan nilai tertinggi pada sudut 30°. Analisis SEM menunjukkan mekanisme keausan dominan berupa *micro cutting*. Secara keseluruhan, kombinasi *quenching tempering* pada suhu 400°C memberikan performa terbaik antara mikrostruktur, kekerasan, dan ketahanan erosi.

Kata Kunci: Baja SKD11, Perlakuan Panas, Mikrostruktur, Kekerasan, dan Keausan Erosi

CHARACTERIZATION OF EROSION WEAR OF SKD11 STEEL AFTER QUENCHING AND TEMPERING PROCESSES

Ahmad Baihaqi

ABSTRACT

Erosive wear reduces the performance of industrial components; therefore, improving material resistance through heat treatment is required. This study aims to analyze the effect of quenching and tempering processes on the microstructure, hardness, and erosive wear resistance of SKD11 steel. The specimens were prepared with dimensions of 50 mm × 50 mm × 10 mm, then subjected to austenitizing at 1000°C for 1 hour; followed by quenching in oil, and tempering at 300°C, 350°C, 400°C, 450°C, and 500°C for 1 hour. Microstructural and surface morphology analyses were carried out using an Optical Microscope, SEM-EDS, and XRD. Hardness tests were conducted using the Vickers method, while erosive wear tests were performed using sand blasting at impact angles of 30°, 60°, and 90°. The results show that the as-cast specimen exhibited the lowest hardness with ductile behavior. The quenched specimen had the highest hardness but tended to be brittle. The quenching–tempering process reduced brittleness, with tempering at 400°C producing optimum hardness, while increasing the tempering temperature to 500°C decreased hardness. Erosion tests revealed that the as-cast specimen experienced a higher wear rate compared to quenched and quenched–tempered specimens, with the highest erosion occurring at a 30° impact angle. SEM analysis indicated that the dominant wear mechanism was micro-cutting. Overall, quenching–tempering at 400°C provided the best balance of microstructure, hardness, and erosive wear resistance.

Keywords: *SKD11 Steel, Heat Treatment, Microstructure, Hardness, and Erosive Wear*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Karakterisasi Keausan Erosi Baja SKD11 Setelah Proses *Quenching* dan *Tempering*”. Skripsi ini dibuat dalam rangka memenuhi persyaratan akademis untuk memperoleh gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Penulis menyadari bahwa Skripsi ini dapat terwujud dengan baik dengan bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak, baik secara langsung dan tidak langsung. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih terutama kepada:

1. Keluarga penulis yaitu Bapak, Ibu, Abang, dan Adik yang selalu melimpahkan doa, kasih sayang, dan dukungan tanpa henti kepada penulis. Doa dan dukungan mereka yang menjadi kekuatan bagi penulis untuk terus berjuang dan meraih cita-cita.
2. Bapak Dr. Eng. Riki Hendra Purba., S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan panduan dan arahan berharga dalam penyusunan Skripsi ini.
3. Bapak Armansyah, S.T., M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah membantu penulis dalam penyusunan Skripsi ini.
4. Bapak Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah, S.T., M.T., IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta atas panduan dan dukungannya.
5. Bapak Ir. Fahrudin ST., M.T. selaku Kepala Prodi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta atas persetujuan penyusunan Skripsi ini.
6. Seluruh jajaran dosen maupun staf di Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta yang telah membantu dalam semua proses penyusunan Skripsi.
7. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2021, terkhusus Arbi Maulana yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan positif kepada penulis. Terima kasih atas kebersamaan dan dukungannya selama ini, yang selalu memberikan semangat dan motivasi penulis.

8. Pihak-pihak lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu tanpa mengurangi rasa hormat.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan Skripsi ini. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jakarta, November 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Manfaat Penelitian	7
1.6 Sistematika Penulisan	7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Tribologi	9
2.2 Keausan (<i>Wear</i>)	20
2.3 Keausan Erosi (<i>Erosive Wear</i>).....	43
2.4 Faktor yang Mempengaruhi Laju Erosi	50
2.5 Material Teknik	57
2.6 Baja (<i>Steel</i>).....	60
2.7 Baja SKD11	62
2.8 Perlakuan Panas (<i>Heat Treatment</i>).....	64

BAB 3 METODE PENELITIAN.....	70
3.1 Waktu Penelitian	70
3.2 Tempat Penelitian	70
3.3 Diagram Alir	71
3.4 Prosedur Penelitian	72
3.5 Alat dan Bahan.....	74
3.6 Desain Spesimen Pengujian.....	79
3.7 Pengujian Struktur Mikro	81
3.8 Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	81
3.9 Pengujian Keausan Erosi Menggunakan <i>Sand Blasting</i>	83
3.10 Pengujian SEM dan EDS	86
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	88
4.1 Mikrostruktur	88
4.2 Kekerasan.....	91
4.3 Laju Erosi.....	94
4.4 Mekanisme Keausan Erosi.....	96
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	98
5.1 Kesimpulan	98
5.2 Saran	99
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Manusia Purba Menggosokkan Tongkat Sesamanya	10
Gambar 2. 2 Wanita Palestina Menggiling Gandum Menggunakan <i>Quern</i>	10
Gambar 2. 3 Manusia Menyadari Gerakan Menggelinding Lebih Efektif.....	11
Gambar 2. 4 Pekerja Menyeret Kereta Luncur Bermuatan Patung <i>Nomarch</i>	12
Gambar 2. 5 Kelompok Dasar Karakteristik dan Parameter Sistem Tribologi ...	14
Gambar 2. 6 Representasi Skema Perilaku Keausan.....	16
Gambar 2. 7 Berbagai Pemrosesan Material Tekstur Permukaan Multi-Skala ...	18
Gambar 2. 8 Representasi Skematik dari Kisaran Koefisien Keausan K.....	23
Gambar 2. 9 Mekanisme Keausan Abrasif.....	25
Gambar 2. 10 <i>Two and Three Body Modes</i> dari Keausan Abrasif.....	26
Gambar 2. 11 Mekanisme Keausan Kavitasi.....	28
Gambar 2. 12 Proses Transfer Logam karena Adhesi	29
Gambar 2. 13 Model Interaksi antara Agen Korosif dan Permukaan yang Aus..	30
Gambar 2. 14 Mekanisme Keausan Oksidatif pada Kecepatan Geser Tinggi.....	33
Gambar 2. 15 Mekanisme Keausan Oksidatif pada Kecepatan Geser Rendah...	34
Gambar 2. 16 Ilustrasi Proses Inisiasi dan Perambatan Retakan Permukaan.....	35
Gambar 2. 17 Ilustrasi Mekanisme Pembentukan Partikel Keausan.....	36
Gambar 2. 18 Model Struktur Transformasi Tribologis dalam <i>Fretting</i>	37
Gambar 2. 19 Ilustrasi Skema Mekanisme Keausan Leleh.....	38
Gambar 2. 20 Ilustrasi Skema Mekanisme Keausan Difusif.....	40
Gambar 2. 21 Ilustrasi Skema Mekanisme Keausan Tumbukan.....	41
Gambar 2. 22 Ilustrasi Keausan Erosi	42
Gambar 2. 23 Klasifikasi Jenis Keausan Erosi.....	45
Gambar 2. 24 Mekanisme <i>Abrasion</i> oleh Keausan Erosi.....	46
Gambar 2. 25 Mekanisme <i>Fatigue</i> oleh Keausan Erosi	47
Gambar 2. 26 Mekanisme <i>Deformation Plastic</i> oleh Keausan Erosi.....	47
Gambar 2. 27 Mekanisme <i>Surface Melting</i> oleh Keausan Erosi.....	48
Gambar 2. 28 Mekanisme <i>Macroscopic Impact</i> oleh Keausan Erosi.....	49
Gambar 2. 29 Mekanisme <i>Microscopic Impact</i> oleh Keausan Erosi	50
Gambar 2. 30 Representasi Pengaruh Sudut Tumbukan pada Laju Keausan.....	51

Gambar 2. 31	Pengaruh Ukuran Partikel pada Mode dan Laju Keausan Erosi ..	53
Gambar 2. 32	Pengaruh <i>Temperature</i> pada Tingkat Keausan Erosi	55
Gambar 2. 33	Mikrostruktur <i>Raw Material</i> Baja SKD11 Perbesaran 500 X	63
Gambar 2. 34	Diagram <i>Continous Cooling Transformation</i> (CCT).....	67
Gambar 2. 35	Diagram <i>Time Temperature Transformation</i> (TTT)	68
Gambar 3. 1	Laboratorium Manufaktur Fakultas Teknik UPNVJ	70
Gambar 3. 2	Diagram Alir Penelitian	71
Gambar 3. 3	Penempatan Spesimen pada <i>Furnace</i>	72
Gambar 3. 4	<i>Furnace</i> /Tungku	74
Gambar 3. 5	Mesin <i>Grinding</i> dan <i>Polishing</i>	74
Gambar 3. 6	Mesin <i>Vickers</i>	75
Gambar 3. 7	Mesin <i>Sand Blasting</i>	75
Gambar 3. 8	<i>Mechanical Drawing</i> Mesin <i>Sand Blasting</i>	75
Gambar 3. 9	Mikroskop Optik.....	76
Gambar 3. 10	Mesin SEM	76
Gambar 3. 11	Ragum.....	76
Gambar 3. 12	Amplas	76
Gambar 3. 13	Gerinda	77
Gambar 3. 14	Timbangan	77
Gambar 3. 15	Jangka Sorong.....	77
Gambar 3. 16	Kikir.....	77
Gambar 3. 17	Sarung Tangan	78
Gambar 3. 18	Alat Penjepit	78
Gambar 3. 19	Baja SKD11	78
Gambar 3. 20	Oli	79
Gambar 3. 21	Pasir Silika (SiO_2).....	79
Gambar 3. 22	Desain Ukuran Spesimen.....	79
Gambar 3. 23	Spesimen <i>As-cast</i> Baja SKD11	80
Gambar 3. 24	Spesimen <i>Quenching</i> Baja SKD11	80
Gambar 3. 25	Spesimen <i>Tempering</i> Baja SKD11.....	80
Gambar 3. 26	Area Indentasi	82
Gambar 3. 27	<i>Schematic View Sand Blasting</i>	84

Gambar 3. 28 Sudut Tumbukan 30°	85
Gambar 3. 29 Sudut Tumbukan 60°	85
Gambar 3. 30 Sudut Tumbukan 90°	85
Gambar 3. 31 Spesimen SEM dan EDS	87

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kontribusi Tribologi dalam Mengurangi Penipisan Lapisan Pelumas.	13
Tabel 2. 2 Beberapa Kontribusi Potensial Tribologi untuk <i>Traction Drives</i>	19
Tabel 2. 3 Inovasi Terbaru dan Potensi Tribologi <i>Rolling Element Bearing</i>	19
Tabel 2. 4 <i>Mechanical Properties</i> Baja SKD11	63
Tabel 2. 5 <i>Chemical Composition</i> Baja SKD11 (wt%)	63
Tabel 4. 1 Hasil Kekerasan <i>Vickers</i> dari Setiap Suhu <i>Tempering</i>	91
Tabel 4. 2 Hasil Kekerasan <i>Vickers</i> dari Setiap Spesimen	92

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data *hkl* Hasil Pengujian XRD

Lampiran 2 Data Hasil Pengujian *Hardness Vickers*

Lampiran 3 Data Hasil Pengujian Keausan Erosi

Lampiran 4 Permukaan Spesimen Hasil Pengujian *Sand Blasting*