

**KAJIAN EKSPERIMENTAL PROSES *PACK CARBURIZING*
DAN *QUENCHING* DENGAN VARIASI TEMPERATUR (700°C, 800°C, DAN 900°C) TERHADAP KARAKTERISTIK
MIKRO DAN KEKERASAN *STAINLESS STEEL 316L***

SKRIPSI

Bidang Material Teknik

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**



Disusun Oleh:

**Daniel Angger Bagus Sungging Priyanto
201831002**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK**

UNIVERSITAS WIDYA KARYA MALANG
2025

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

KAJIAN EKSPERIMENTAL PROSES *PACK CARBURIZING* DAN *QUENCHING* DENGAN VARIASI TEMPERATUR (700°C, 800°C, DAN 900°C) TERHADAP KARAKTERISTIK MIKRO DAN KEKERASAN *STAINLESS STEEL 316L*

Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar sarjana Teknik

Daniel Angger Bagus Sungging Priyanto
201831002



Telah disetujui pada tanggal 19 Juli 2025

Dosen Pembimbing I

Bernardus Crisanto Putra Mbaha, S.T., M.T.
NIDN. 0721088101

Dosen Pembimbing II

Antonius Prisma Jalu Permana, S.Si., M.Si
NIDN. 07029059202

Mengetahui:



Dr. Senik, S.P., M.T.
NIDN. 0714064401



Ketua Program Studi Teknik Mesin

Antonius Prisma Jalu Permana, S.Si., M.Si
NIDN. 0729059202

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

KAJIAN EKSPERIMENTAL PROSES *PACK CARBURIZING* DAN *QUENCHING* DENGAN VARIASI TEMPERATUR (700°C, 800°C, DAN 900°C) TERHADAP KARAKTERISTIK MIKRO DAN KEKERASAN *STAINLESS STEEL 316L*

Bidang Material Teknik

Telah dipertahankan di depan penguji Skripsi Fakultas Teknik Program Studi
Teknik Mesin Universitas Widyia Karya Malang dan dinyatakan **Lulus** untuk
memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) pada:
10 Juli 2025

Disusun Oleh

Daniel Angger Bagus Sungging Priyanto / 201831062

Menyetujui

Dosen Penguji I



Harsa Dhami, S.T., M.T., Ph.D.
NIDN. 0703117904

Dosen Penguji II



Bernardus Crisanto Putra Mbulu, S.T., M.T
NIDN. 0721088101

Dosen Penguji Sakai



Antonius Prisma Jalu Permana, S.Si., M.Si
NIDN. 0723059202

Mengetahui



LEMBAR ASISTENSI

Nama : Daniel Angger Bagus Sungging Priyanto
NIM : 201831002
Universitas : Universitas Katholik Widya Karya Malang
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Kajian Eksperimental Proses Pack Carburizing Dan Quenching Dengan Variasi Temperatur (700°C, 800°C, Dan 900°C) Terhadap Karakteristik Mikro Dan Kekerasan Stainless Steel 316l

Dosen Pembimbing I: Bernardus Crioanto Patra Mbuba, S.T.,M.T
Jadwal Bimbingan,

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
1.	04 Maret 2025	Pengajuan Judul	
2.	23 April 2025	Revisi BAB I, Latar Belakang	
3.	03 Juni 2025	Revisi BAB II, Penelitian Terdahulu	
4.	25 Juni 2025	Revisi BAB III, Deskripsi dan Hipotesis	
5.	28 Juni 2025	Revisi BAB IV, Pembahasan	
7.	30 Juni 2025	Revisi BAB V, Kesimpulan	
8.	01 Juli 2025	Revisi Tata Tulis	
9.	02 Juli 2025	Revisi Keterangan Gambar SEM	
10.	03 Juli 2025	Revisi Komprehensif	
11.	10 Juli 2025	Ujian Komprehensif	

Malang, 14 Juli 2025
Mengetahui Ketua Program Studi Teknik Mesin


Antonia Prisma Jala Permana, S.Si., M.Si
NIDN. 4723059202

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Daniel Angger Bagus Sungging Priyanto
NIM : 201831002
Universitas : Universitas Katholik Widya Karya Malang
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Kajian Eksperimental Proses Pack Carburising Dan Quenching Dengan Variasi Temperatur (700°C, 800°C, Dan 900°C) Terhadap Karakteristik Mikro Dan Kekerasan Stainless Steel 316l

Dosen Pembimbing II: Antonius Prisma Jalu Permama, S.Si., M.Si
Jadwal Bimbingan:

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
1.	04 Maret 2025	Pengajuan Judul	
2.	26 April 2025	Revisi BAB I, Latar Belakang	
3.	07 Juni 2025	Revisi BAB II, Penelitian Terdahulu	
4.	26 Juni 2025	Revisi BAB III, Deskripsi dan Hipotesis	
5.	29 Juni 2025	Revisi BAB IV, Pembahasan	
7.	01 Juni 2025	Revisi BAB V, Kesimpulan	
8.	02 Juli 2025	Revisi Tata Tulis	
9.	04 Juli 2025	Revisi Keterangan Gambar SEM	
10.	06 Juli 2025	Revisi Seminar Hasil	
11.	10 Juli	Ujian Komprehensif	

Malang, 14 Juli 2025
Mengetahui Ketua Program Studi Teknik Mesin


Antonius Prisma Jalu Permama, S.Si., M.Si
NIDN. 0723059202

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini yang berjudul "Kajian Eksperimental Proses *Pack Carburizing* dan *Quenching* Dengan Variasi Temperatur (700°C, 800°C, dan 900°C) Terhadap Karakteristik Mikro dan Kekerasan *Stainless Steel 316L*."

Nama : Daniel Angger Bagus Sungging Priyanto

NIM : 201831002

Fakultas : Teknik

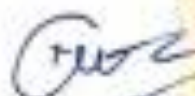
Jurusan : Teknik Mesin

Universitas : Universitas Katolik Widya Karya Malang

Dan bukan karya plagiat baik secara sebagian, maupun seluruhnya

Demikian surat keterangan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan apabila terdapat kesalahan, saya bersedia untuk menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Malang 19 Juli 2025



Daniel Angger Bagus Sungging Priyanto



LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Daniel Angger Bagus Sungging Priyanto

NIM : 201831002

Jurusan : Teknik Mesin

Menyatakan memberikan dan menyetujui Hak Bebas Royalty Non-Eksklusif atas karya ilmiah saya:

Judul : Kajian Eksperimental Proses *Pack Carburizing* dan *Quenching* Dengan Variasi Temperatur (700°C, 800°C, dan 900°C) Terhadap Karakteristik Mikro dan Kekerasan *Stainless Steel 316L*.

Kepada Perpustakaan Universitas Katolik Widya Karya Malang untuk menyimpan, mengali media/formatkan, mengelola dalam pengkalan data, mendistribusikan, serta menampilkannya di internet (Repository UKWK, APTIK Digital Library, RAMA Repository, dll) atau media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan bersedia serta menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Katolik Widya Karya Malang, segala tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta/plagiarisme dalam karya ilmiah ini.

Malang, 19 Juli 2025



Daniel Angger Bagus Sungging Priyanto

KAJIAN EKSPERIMENTAL PROSES *PACK CARBURIZING* DAN *QUENCHING* DENGAN VARIASI TEMPERATUR (700°C, 800°C, DAN 900°C) TERHADAP KARAKTERISTIK MIKRO DAN KEKERASAN *STAINLESS STEEL 316L*

Daniel Angger Bagus Sungging P., B.C Putra Mbulu, Antonius Prisma Jalu

Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Widya Karya, JL.

Bondowoso No. 2 Malang, Juli 2025

E-mail: blinkstarcrews@gmail.com

RINGKASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi temperatur dalam proses *pack carburizing* dan *quenching* terhadap struktur mikro dan kekerasan permukaan material *Stainless Steel 316L*. Proses *pack carburizing* dilakukan dengan menggunakan media karbon aktif berbahan dasar ampas kopi robusta pada temperatur 700°C, 800°C, dan 900°C, dengan waktu penahanan selama 60 menit. Selanjutnya, dilakukan proses *quenching* menggunakan media oli yang dicampur karbon aktif untuk mengunci karbon yang telah terdifusi. Pengujian dilakukan terhadap perubahan massa, struktur mikro menggunakan SEM, serta kekerasan permukaan menggunakan uji *Vickers*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan temperatur berpengaruh signifikan terhadap difusi karbon dan peningkatan kekerasan permukaan. Nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada proses *quenching* dengan temperatur 900°C sebesar 330 HV, sedangkan *pack carburizing* pada temperatur yang sama menghasilkan kekerasan 292 HV. Struktur mikro menunjukkan pembentukan fasa *Martensit* lebih dominan pada proses *quenching*. Dengan demikian, proses perlakuan panas dengan pendinginan cepat terbukti lebih efektif dalam meningkatkan kekerasan dan memodifikasi struktur mikro *Stainless Steel 316L*.

Kata kunci: *Pack Carburizing*, *Quenching*, Temperatur, *Stainless Steel 316L*, Kekerasan, Struktur Mikro, Ampas Kopi Robusta.

EXPERIMENTAL STUDY OF PACK CARBURIZING AND QUENCHING PROCESS WITH TEMPERATURE VARIATIONS (700°C, 800°C, AND 900°C) ON THE MICRO CHARACTERISTICS AND HARDNESS OF STAINLESS STEEL 316L

Daniel Angger Bagus Sungging P., B.C Putra Mbulu, Antonius Prisma Jalu
Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Widya Karya, JL.
Bondowoso No. 2 Malang, Juli 2025
E-mail: blinkstarcrows@gmail.com

SUMMARY

His study aims to investigate the effect of temperature variation in pack carburizing and quenching processes on the microstructure and surface hardness of Stainless Steel 316L. The pack carburizing process was conducted using activated carbon derived from robusta coffee grounds at temperatures of 700°C, 800°C, and 900°C with a holding time of 60 minutes. Subsequently, a quenching process was carried out using oil mixed with activated carbon to lock the diffused carbon. The material was tested for mass change, microstructure (via SEM), and surface hardness (using the Vickers method). The results show that increasing temperature significantly affects carbon diffusion and hardness improvement. The highest hardness value was obtained from the quenching process at 900°C with 330 HV, while pack carburizing at the same temperature resulted in 292 HV. The microstructure revealed more dominant Martensitic formation in the quenching process. Therefore, heat treatment with rapid cooling proves to be more effective in enhancing hardness and modifying the microstructure of Stainless Steel 316L.

Keywords: *Pack Carburizing, Quenching, Temperature, Stainless Steel 316L, Hardness, Microstructure, Robusta Coffee Grounds.*

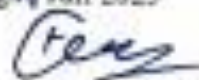
KATA PENGANTAR

Segala puji syukur bagi Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kemudahan sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan tepat waktu. Semuanya terlaksana dengan baik tidak lepas juga dari bimbingan dan dukungan berbagai pihak. Dengan ini izinkan saya menyampaikan terima kasih kepada:

1. Frater Dr. Klemens Mere, S.E., M.P.D., M.M., M.H., M.A.P., M.Ak., M.P., BHK., selaku Rektor Universitas Katolik Widya Karya Malang.
2. Ibu Dr. Sunik, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Karya Malang
3. Bapak Antonius Prisma Jalu Permana, S.Si., M.T. selaku Ketua Program Studi Jurusan Teknik Mesin.
4. Bapak Harsa Dhani, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen Penguji I, Universitas Katolik Widya Karya Malang.
5. Bapak Bernardus Crisanto Mbulu, S.T., M.T., selaku dosen Pembimbing I dan Penguji II, Universitas Katolik Widya Karya Malang.
6. Bapak Antonius Prisma Jalu Permana, S.Si., M.T. selaku dosen Pembimbing II dan Penguji Saksi, Universitas Katolik Widya Karya Malang.
7. Dosen-dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Katolik Widya Karya Malang yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Sahabat dan keluarga yang selalu memberikan dukungan baik berupa doa, moral, dan material lainnya kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi ini.

Akhir kata penulis berterima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dan berperan dalam penyusunan Skripsi ini dan semoga Skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna bagi seluruh kalangan.

Malang 19 Juli 2025



Daniel Angger Bagus Sungging Priyanto

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR ASISTENSI	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR ASISTENSI	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	Error! Bookmark not defined.
RINGKASAN	xi
SUMMARY	xiii
KATA PENGANTAR.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xx
DAFTAR TABEL.....	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	xxiii
LEMBAR PERUNTUKAN	24
BAB I.....	Error! Bookmark not defined.
PENDAHULUAN.....	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3 Tujuan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.4 Manfaat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.5 Batasan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.6 Sistematika Penulisan.....	Error! Bookmark not defined.
BAB II	Error! Bookmark not defined.
TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Penelitian Terdahulu	Error! Bookmark not defined.
2.2 Kopi Robusta.....	Error! Bookmark not defined.
2.3 Karbon Aktif	Error! Bookmark not defined.

2.4 Temperatur	Error! Bookmark not defined.
2.5 <i>Plat Stainless Steel 316L</i>	Error! Bookmark not defined.
2.6 <i>Pack Carburizing</i>	Error! Bookmark not defined.
2.7 <i>Quenching</i>	Error! Bookmark not defined.
2.8 <i>Austenit</i>	Error! Bookmark not defined.
2.9 <i>Ferrit</i>	Error! Bookmark not defined.
2.10 <i>Bainit</i>	Error! Bookmark not defined.
2.11 <i>Perlit</i>	Error! Bookmark not defined.
2.12 <i>Martensit</i>	Error! Bookmark not defined.
2.13 <i>Diagram Iron Carbon Phase</i>	Error! Bookmark not defined.
2.14 Pengujian Kekerasan (<i>Vickers</i>)	Error! Bookmark not defined.
2.15 Pengujian SEM (<i>Scanning Elektron Microscope</i>)	Error! Bookmark not defined.
BAB III	Error! Bookmark not defined.
METODE PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
3.1 Deskripsi	Error! Bookmark not defined.
3.2 . Hipotesis	Error! Bookmark not defined.
3.3 Metode Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.4 Diagram Alir Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.5 Jenis Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.6 Objek Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.7 Lokasi Penelitian Dan Pengambilan Data	Error! Bookmark not defined.
3.8 Variabel Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.9 Alat Dan Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.9.1 Alat	Error! Bookmark not defined.
3.10 Prosedur Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.11 Metode Pengolahan Data	Error! Bookmark not defined.
3.12 Proses Pengambilan Data	Error! Bookmark not defined.
3.13 Skema Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.14 Rencana Pengambilan Data	Error! Bookmark not defined.
3.15 Rencana Perhitungan Data	Error! Bookmark not defined.
3.16 Rencana Pembahasan Grafik	Error! Bookmark not defined.

BAB IV	Error! Bookmark not defined.
HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
4.1 Hasil dan Pembahasan Berat Awal dan Akhir	Error! Bookmark not defined.
4.2 Hasil dan Pembahasan Struktur Mikro	Error! Bookmark not defined.
4.2.1 Foto Mikro Spesimen RAW Material	Error! Bookmark not defined.
4.2.2 Foto Mikro Spesimen Pack Carburizing	Error! Bookmark not defined.
4.2.3 Foto Spesimen Mikro Quenching	Error! Bookmark not defined.
4.3 Perhitungan, Hasil, dan Pembahasan Nilai Kekerasan ..	Error! Bookmark not defined.
4.3.1 Uji Kekerasan <i>Vickers</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3.2 Perbandingan Nilai Kekerasan <i>Vickers</i> Proses <i>Pack Carburizing</i> dan <i>Quenching</i>	Error! Bookmark not defined.
4.4 Perbandingan Kandungan Karbon Pada Spesimen Proses <i>Pack Carburizing</i> dan <i>Quenching</i>	Error! Bookmark not defined.
4.5 Perbandingan Kandungan Oksigen Pada Spesimen Proses <i>Pack Carburizing</i> dan <i>Quenching</i>	Error! Bookmark not defined.
BAB V.....	Error! Bookmark not defined.
SIMPULAN DAN SARAN	Error! Bookmark not defined.
5.1 Simpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2 Saran.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Fasa Austenit	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.2 Fasa Ferrit.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.3 Fasa Bainit.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.4 Fasa Perlit.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.5 Fada Martensit.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.6 Diagram Iron Carbon Phase	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.2 Tungku Pemanas	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.3 Mortar.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.4 Mesh.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.5 Mangkok Kowi.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.7 Alat Uji Kekerasan Vickers.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.6 Timbangan Digital.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.8 Alat Uji Struktur Mikro.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.9Tangki Alumunium	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.10 Penjepit.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.12Serbuk Karbon Kopi Robusta	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.11 SS316L	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.13 Alimunium Foil	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.14 Oli SAE 40	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.15 Skema Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.16 Rencana Grafik Selisih Berat Pack Carburizing dan Quenching	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.17 Rencana Grafik Nilai kekerasan Vickers	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.18 Rencana Grafik Kandungan Karbon	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.19 Grafik Kandungan Karbon Pada Spesimen....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.1 Grafik Selisih Berat Pack Carburizing dan Quenching.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Kandungan Karbon	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Kandungan Oksigen.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Rencana Pengukuran Weight Loss Pack Carburizing. **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3.2 Rencana Pengukuran Weight Loss Quenching **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3.3 Rencana Pengukuran Nilai Kekerasan Vickers ... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3.4 Rencana Hasil Pengujian Struktur Mikro Pack Carburizing **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3.5 Rencana Hasil Pengujian Struktur Mikro Quenching. **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.1 Pengukuran Weight Loss Pack Carburizing **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.2 Pengukuran Weight Loss Quenching **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.3 Mikrostruktur Spesimen RAW Material **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.4 Mikrostruktur Spesimen dengan proses Pack Carburizing **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.5 Mikrostruktur Spesimen dengan proses Pack Carburizing **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.6 Mikrostruktur Spesimen dengan proses Pack Carburizing **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.7 Mikrostruktur Spesimen dengan proses Quenching ... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.8 Mikrostruktur Spesimen dengan proses Quenching ... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.9 Mikrostruktur Spesimen dengan proses Quenching ... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.10 Nilai Kekerasan Vickers Proses Pack Carburizing dan Quenching:
..... **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Pengujian SEM RAWError! Bookmark not defined.**
- Lampiran 2. Pengujian SEM Pack Carburizing 700°C . Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 3. Pengujian SEM Pack Carburizing 800°C . Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 4. Pengujian SEM Pack Carburizing 900°C Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 5. Pengujian SEM Quenching 700°C Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 6. Pengujian SEM Quenching 800°C Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 7. Pengujian SEM Quenching 900°C Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 8. Pengujian Kekerasan VickersError! Bookmark not defined.**
- Lampiran 9. Keterangan Bebas Plagiasi.....Error! Bookmark not defined.**

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan segala kerendahan hati, saya panjatkan puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan penyertaan-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini hingga tahap akhir.

Perjalanan ini bukanlah hal yang mudah. Banyak tantangan, kegelisahan, dan keraguan yang saya alami selama proses penyusunan. Namun, berkat dukungan dan doa dari banyak pihak, saya mampu melewatinya. Oleh karena itu, saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada:

1. Kedua orang tua saya yang tercinta, atas segala doa, cinta, dan dukungan tanpa batas yang selalu menjadi sumber kekuatan dan semangat dalam setiap langkah saya.
2. Dosen pembimbing saya, yang telah dengan sabar membimbing dan memberikan arahan selama proses penelitian ini berlangsung.
3. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Mesin, Universitas Widya Karya Malang, atas ilmu, bimbingan, dan pengalaman berharga yang saya peroleh selama masa studi.
4. Teman-teman seperjuangan dan sahabat-sahabat saya, yang selalu memberikan semangat, berbagi cerita, serta menemani dalam suka dan duka selama perkuliahan.
5. Semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Saya sadar bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Namun, besar harapan saya bahwa karya ini dapat memberikan manfaat, meskipun kecil, bagi dunia pendidikan dan bagi siapa pun yang membacanya.

Malang, 14 Juli 2025

LEMBAR PERUNTUKAN

"Fortis fortuna adiuvat"

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Kedua orang tuaku yang aku cintai dan sayangi, Kukuh dan Rita yang tak henti mengiringi langkahku dengan doa, yang diam-diam menyeka peluh dan air mata, tanpa lelah memberi restu dan harapan.
3. Saudariku tersayang, kepada Mareta Putih yang telah menasehati, menghibur, memberikan doa, dukungan, dan semangat yang tidak didapatkan dimanapun.
4. Kepada Pak B.C, Pak Prisma serta Dosen Teknik Mesin lainnya yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, dan selalu sabar dalam membantu menyusun sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Kepada teman-teman Jurusan Teknik Mesin yang selalu membantu dan memberikan dukungan dalam proses penyusunan skripsi ini.
6. Dan yang terakhir untuk Daniel Angger Bagus Sungging Priyanto, diri saya sendiri yang telah bertahan, belajar, dan percaya bahwa setiap usaha, sekecil apa pun, tak pernah sia-sia.