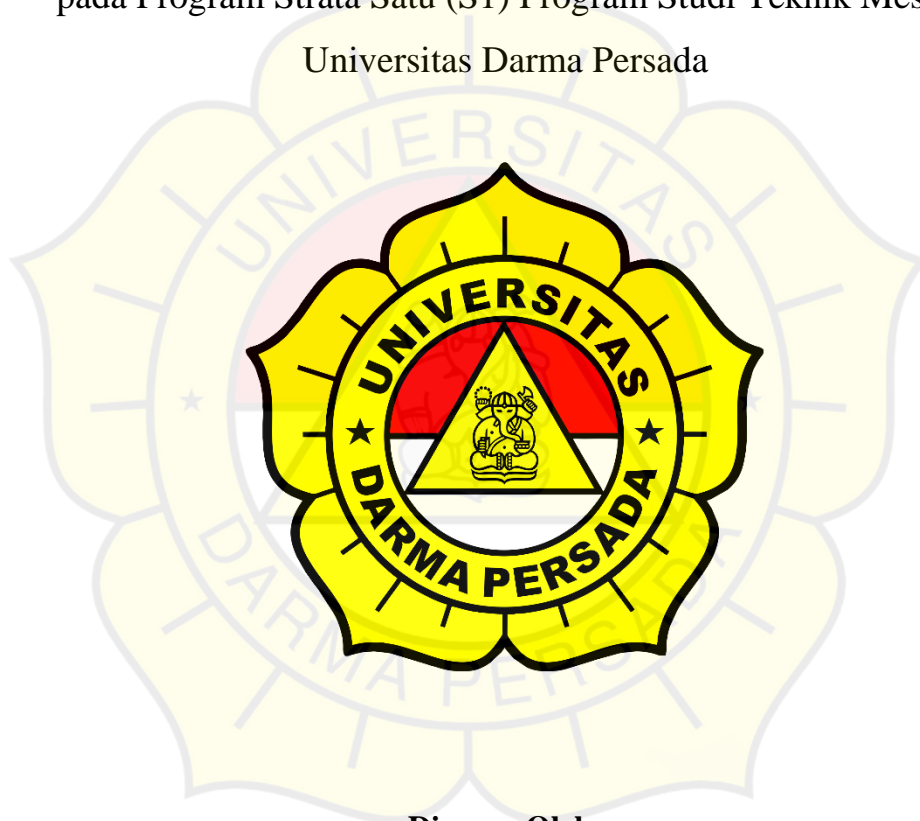


# **LAPORAN TUGAS AKHIR**

## **REKAYASA MATERIAL PIPA RADIATOR RAMAH LINGKUNGAN BERBASIS PADUAN KUNINGAN DAUR ULANG**

Diajukan sebagai Syarat Kelulusan Mencapai Gelar Sarjana Teknik  
pada Program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Mesin  
Universitas Darma Persada



**Disusun Oleh:**

**Nicky Hidayat**

**NIM: 2019250034**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS DARMA PERSADA JAKARTA**

**2024**

## LEMBAR PERETUJUAN

Laporan Tugas Akhir dengan Judul:  
Rekayasa Material Pipa Radiator Ramah Lingkungan Berbasis Paduan  
Kuningan Daur Ulang

Telah disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir untuk dipertahankan di depan  
Dewan Penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Mesin  
Universitas Darma Persada, pada :

Hari : Jumat  
Tanggal : 25 Juli 2025

Disusun Oleh :

Nama : Nicky Hidayat  
NIM : 2019250034  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Mahasiswa



Dr. Ir. Erwin S.T., M.T  
NIDN: 0430107902



Nicky Hidayat

## LEMBAR PENGESAHAN

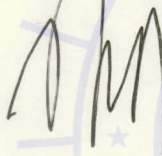
Laporan Tugas Akhir dengan Judul:  
Rekayasa Material Pipa Radiator Ramah Lingkungan Berbasis Paduan  
Kuningan Daur Ulang

Telah disidangkan pada Tanggal 31 Juli 2025 dihadapan  
Dewan Penguji dan dinyatakan Lulus sebagai Sarjana Teknik Mesin  
Program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Mesin

Nama : Nicky Hidayat  
NIM : 2019250034  
Program Studi : Teknik Mesin

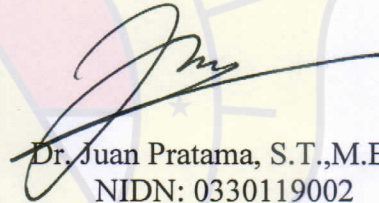
Mengesahkan,

Dosen Penguji I



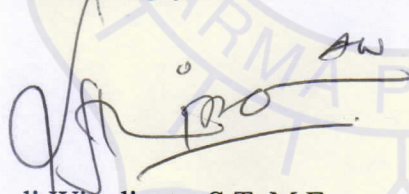
Didik Sugiyanto, S.T.,M.Eng  
NIDN: 0625098201

Dosen Penguji II



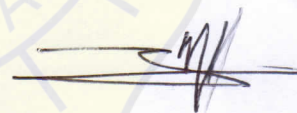
Dr. Juan Pratama, S.T.,M.Eng  
NIDN: 0330119002

Dosen Penguji III



Trisna Ardi Wiradinata, S.T.,M.Eng  
NIDN: 0303019501

Dosen Penguji IV



Dr. Ir. Erwin, S.T.,M.T.  
NIDN: 0430107902

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Mesin



Didik Sugiyanto, S.T.,M.Eng  
NIDN: 0625098201

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nicky Hidayat  
NIM : 2019250034  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik Universitas Darma persada  
Judul Tugas Akhir : **Rekayasa Material Pipa Radiator Ramah  
Lingkungan Berbasis Paduan Kuningan  
Daur Ulang**

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini saya susun sendiri berdasarkan hasil penelitian, bimbingan dan panduan dari buku-buku referensi yang terkait tema Tugas Akhir ini dengan menuliskan citasinya. Selanjutnya laporan Tugas ini bebas dari Plagiasi. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan bertanggungjawab atas semua yang ditulis dalam laporan Tugas Akhir ini.

Jakarta, 5 Agustus 2025

Penulis



Nicky Hidayat  
2019250034

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum, Wr. Wb

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir yang berjudul "Rekayasa Material Pipa Radiator Ramah Lingkungan Berbasis Paduan Kuningan Daur Ulang". Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin di Universitas Darma Persada.

Penulis menyadari dalam pembuatan Tugas Akhir ini menemukan beberapa kesulitan disebabkan keterbatasan penulis dalam menguasai materi, namun berkat bimbingan, bantuan, serta doa dari berbagai pihak, akhirnya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan tepat waktu dengan baik. Maka dalam kesempatan ini, penulis tidak lupa untuk mengucapkan terimakasih kepada :

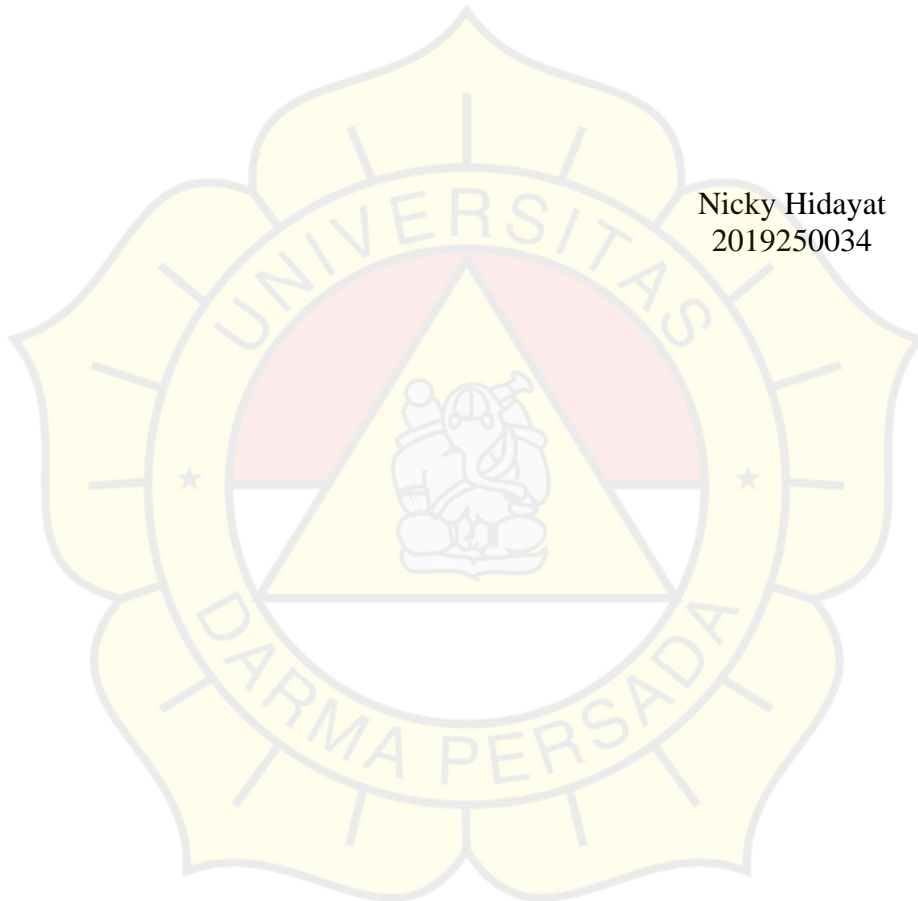
1. Kepada kedua orang tua yang senantiasa mendoakan, memberikan semangat, serta dukungan moral maupun material, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Bapak Dr. Erwin, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing Skripsi Sekaligus Dosen Universitas Darma Persada Jurusan Teknik Mesin
3. Bapak Didik Sugiyanto, ST.,M.Eng. sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin, Universitas Darma Persada.
4. Bapak dan Ibu Dosen Universitas Darma Persada yang telah memberikan ilmunya selama mengajar dalam perkuliahan.
5. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Darma Persada yang memberikan bekal ilmu dan pengetahuan yang sangat berharga.
6. Rekan-rekan sidang bareng yang telah memberikan bantuan, semangat dan mengingatkan agar laporan tugas akhir bisa cepat diselesaikan.
7. Rekan-rekan angkatan 2019, terimakasih atas semua dukungan dan kebersamaan kita selama masa perkuliahan.
8. Ucapan terima kasih disampaikan kepada seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas segala bentuk bantuan dan dukungan yang telah diberikan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan akibat keterbatasan pengetahuan dan kemampuan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan ke depan. Semoga segala bantuan yang telah diberikan mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT.

Jakarta, 5 Agustus 2025

Penulis

Nicky Hidayat  
2019250034



## ABSTRAK

Penelitian ini membahas rekayasa material pipa radiator ramah lingkungan berbasis paduan kuningan daur ulang sebagai solusi untuk mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan keberlanjutan industri otomotif. Permasalahan utama yang diangkat adalah pengaruh proses pengecoran ulang terhadap komposisi kimia paduan kuningan serta dampaknya terhadap sifat mekanik seperti kekuatan tarik, kekuatan luluh, dan regangan pada material pipa radiator. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental, dimana scrap kuningan dilebur pada suhu 978°C menggunakan tungku tahanan listrik, kemudian dicor dalam cetakan permanen dengan proses pendinginan alami. Komposisi kimia dianalisis menggunakan SEM-EDX pada tiga area sampel, dan pengujian sifat mekanik dilakukan pada tiga spesimen hasil pengecoran menggunakan mesin uji tarik sesuai standar ASTM E8. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pengecoran ulang meningkatkan kemurnian paduan kuningan dengan kandungan tembaga berkisar 68–69% dan seng sekitar 31%, serta distribusi unsur yang relatif homogen. Nilai kekuatan tarik maksimum yang diperoleh mencapai 225,2 MPa, lebih rendah sekitar 26% dibandingkan dengan standar CDA 230 sebesar 305 MPa, sedangkan kekuatan luluh mencapai 179,8 MPa yang melebihi standar minimum 125 MPa. Namun, nilai regangan maksimum hanya sebesar 7,32%, jauh di bawah standar yang mensyaratkan minimum 45%, menunjukkan rendahnya keuletan material hasil daur ulang. Kondisi ini menandakan perlunya pengembangan proses lebih lanjut, seperti pengendalian komposisi bahan dan perlakuan panas, agar paduan kuningan daur ulang dapat memenuhi kriteria mekanik untuk aplikasi pipa radiator. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan material pipa radiator yang lebih ramah lingkungan dan hemat biaya, sekaligus mendukung prinsip produksi berkelanjutan dalam industri otomotif nasional.

Kata kunci: paduan kuningan, daur ulang, pipa radiator, sifat mekanik, SEM-EDX, pengecoran ulang, ramah lingkungan.

## ABSTRACT

This study focuses on the development of environmentally friendly radiator pipe materials based on recycled brass alloys, aiming to reduce environmental impact and promote sustainability in the automotive industry. The main issues addressed are the effects of the remelting and casting process on the chemical composition of brass alloys and the resulting mechanical properties such as tensile strength, yield strength, and elongation for radiator pipe applications. The experimental method involved melting brass scrap at 978°C using an electric resistance furnace, followed by gravity casting into permanent molds and natural air cooling. Chemical composition was analyzed using SEM-EDX at three sample locations, and mechanical properties were tested on three cast specimens following ASTM E8 standards.

The results indicated an improvement in alloy purity with copper content ranging from 68% to 69% and zinc around 31%, with relatively homogeneous elemental distribution. The maximum tensile strength reached 225.2 MPa, approximately 26% lower than the CDA 230 standard of 305 MPa, while the yield strength was 179.8 MPa, exceeding the minimum standard of 125 MPa. However, the maximum elongation was only 7.32%, far below the required minimum of 45%, indicating limited ductility of the recycled brass alloy. These findings suggest the need for further process optimization, including enhanced composition control and heat treatment, to meet mechanical property requirements for radiator pipe use.

This research contributes significantly to developing more sustainable and cost-effective radiator pipe materials, supporting green manufacturing principles in the national automotive sector.

Keywords: brass alloy, recycling, radiator pipe, mechanical properties, SEM-EDX, remelting, environmentally friendly.

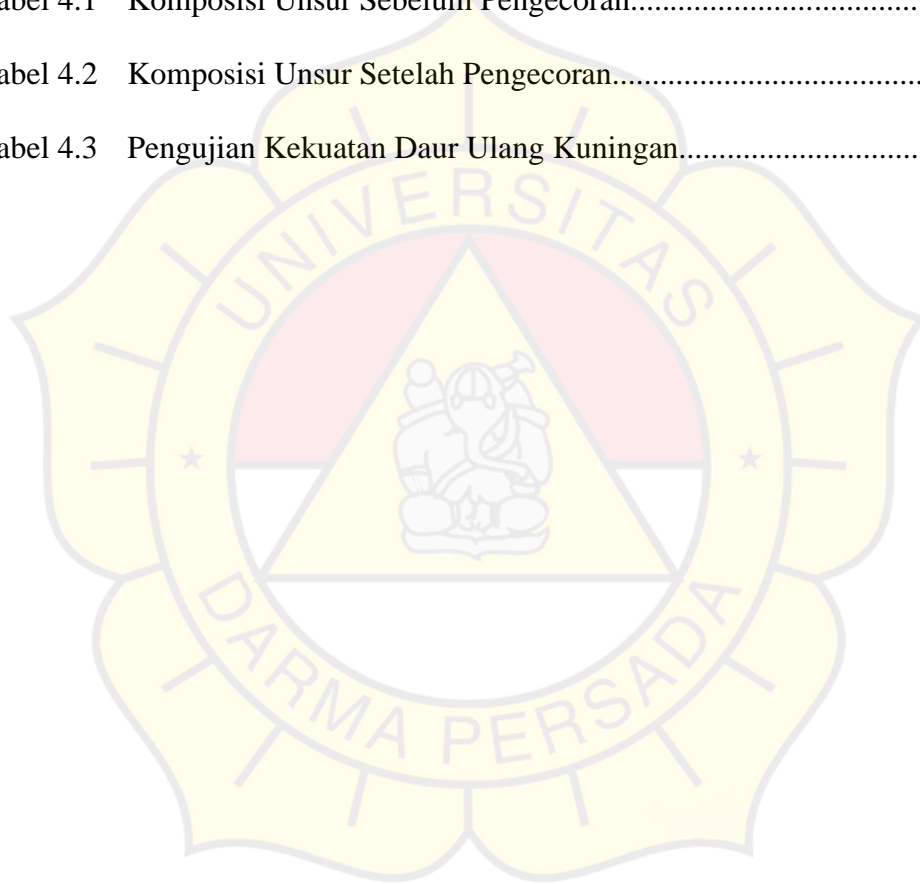
## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR SYMBOL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	5
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Batasan Masalah.....	6
1.5. Mafaat Penelitian.....	6
1.6. Sistematika Penulisan.....	8
BAB II LANDASAN TEORI.....	10
2.1. Kuningan.....	10
2.2. Sifat Kimia dan Mekanik Paduan Kuningan.....	17
2.3. Manfaat Lingkungan dari Daur Ulang Kuningan.....	26

2.4. Pengecoran Logam.....	28
2.5. Hipotesis Penelitian.....	33
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>34</b>
3.1. Diagram Alir Penelitian.....	34
3.2. Variabel Penelitian.....	36
3.3. Bahan dan Alat.....	37
3.4. Desain Eksperimen.....	38
3.5. Langkah Penelitian.....	40
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>42</b>
4.1. Proses Pengecoran.....	42
4.2. Hasil Uji Komposisi.....	46
4.3. Hasil Uji Kekuatan Tarik, Kekuatan Luluh, dan Regangan.....	49
4.4. Pembahasan.....	50
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>58</b>
5.1. Kesimpulan.....	58
5.2. Saran.....	59
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>61</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>64</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Kimia dan Sifat Mekanik Menurut ASM.....	25
Tabel 2.2	Komposisi Kimia dan Sifat Mekanik Menurut DIN.....	25
Tabel 3.1	Parameter Pengecoran.....	37
Tabel 3.2	Desain Ekperimen.....	38
Tabel 4.1	Komposisi Unsur Sebelum Pengecoran.....	46
Tabel 4.2	Komposisi Unsur Setelah Pengecoran.....	47
Tabel 4.3	Pengujian Kekuatan Daur Ulang Kuningan.....	49



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Fasa CuZn.....	12
Gambar 3.1	Contoh diagram alir penelitian.....	34
Gambar 3.2	Spesimen Uji Tarik ASTM E8 Bentuk Round Bar.....	39
Gambar 3.3	Desain Spesimen Uji Komposisi.....	40
Gambar 4.1	Proses Pengecoran.....	43
Gambar 4.2	Proses Persiapan Pengecoran.....	44
Gambar 4.3	Spesimen Hasil Pengujian Tarik.....	45
Gambar 4.4	Hasil Uji SEM-EDX.....	47
Gambar 4.5	Grafik Hasil Uji Tarik.....	48
Gambar 4.6	Pengaruh Komposisi Unsur Cu Zn.....	50
Gambar 4.7	Perbandingan Kekuatan Tarik dan Kekuatan Luluh.....	56
Gambar 4.8	Perbandingan Regangan.....	57

## DAFTAR UNSUR

Symbol	Keterangan
Cu	Kuningan
Zn	Seng
Al	Aluminium
Pb	Timbal
Sn	Timah
Ni	Nikel
Fe	Besi
Si	Silikon
Mn	Mangan
P	Fosfor
As	Arsenik
Sb	Antimon