

**Studi Pengaruh Penambahan Unsur Mg pada Logam Al terhadap
Kekuatan Tarik dan Tekan Paduan Al-Mg Menggunakan
Simulasi Dinamika Molekuler**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Jenjang Strata Satu (S1)
Pada Progam Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Ponorogo



WAHYU SETIO PAMUNGKAS
NIM 21511592

PROGAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PONOROGO
2025

HALAMAN PENGESAHAN

Nama : Wahyu Setio Pamungkas
Nim : 21511592
Prodi studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Studi Pengaruh Penambahan Mg pada Logam Al terhadap
Kekuatan Tarik dan Tekan Paduan Al-Mg Menggunakan Simulasi
Dinamika Molekuler

Isi dan formatnya telah disetujui dan dinyatakan memenuhi syarat
Untuk melengkapi persyaratan guna memperoleh Gelas Sarjana pada
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Ponorogo

Ponorogo, 6 Agustus 2025

Menyetujui,

Rizal Arifin, S.Si., M.Si., M.Sc., Ph.D.
NIK. 19870920 201204 12



Yoyok Winardi, S.T., M.T.
NIK. 19860803 201909 13



Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Edy Kurniawan, S.T., M.T.
NIK. 19771026 200810 12

Ketua Progam Studi Teknik Mesin



Yoyok Winardi, S.T., M.T.
NIK. 19860803 201909 13

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Wahyu Setio Pamungkas

NIM : 21511592

Progam Studi : Teknik Mesin

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul “Studi Pengaruh Penambahan Mg Pada Logam Al Dengan Kekuatan Tarik Dan Tekan Paduan Al-Mg Menggunakan Simulasi Dinamika Molekuler” bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang saya rancang/teliti di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar Pustaka.

Apabila ternyata di dalam Naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiatisme, saya bersedia Ijazah saya dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Ponorogo, 6 Agustus 2025

Mahasiswa



Wahyu Setio Pamungkas

NIM. 21511592

HALAMAN BERITA ACARA UJIAN

Nama : Wahyu Setio Pamungkas
NIM : 21511592
Progam Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul : Studi Pengaruh Penambahan Mg pada Logam Al terhadap Kekuatan Tarik dan Tekan Paduan Al-Mg Menggunakan Simulasi Dinamika Molekuler.

Telah diuji dan dipertahankan dihapam

Dosen penguji tugas akhir jenjang Strata Satu (S1) pada :

Hari : Senin
Tanggal : 4 Agustus 2025

Dosen Penguji

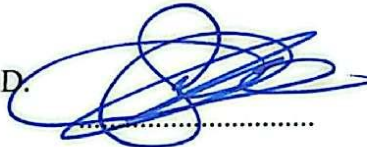
Ketua Penguji
Rizal Arifin, S.Si., M.Si., M.Sc., Ph.D.
NIK. 19870920 201204 12



Anggota Penguji I
Dr. Kuntang Winangun, M.Pd.
NIK. 19900421 202109 12



Anggota Penguji II
Wawan Trisnadi Putra, S.T., M.T., Ph.D.
NIK. 19800220 202109 12



Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Edy Kurniawan, S.T., M.T.
NIK.19771026 200810 12

Ketua Progam Studi Teknik Mesin



Yoyok Winardi, S.T., M.T.
NIK.19860803 201909 13

BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI

BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Wahyu Setio Pamungkas
NIM : 21511572
Judul Skripsi : Studi Pengaruh Penambahan Unsur Mg pada Logam Al terhadap Kekuatan Lahir dan Ekan paduan Al-Mg menggunakan Simulasi Dinamika Molekuler
Dosen Pembimbing Utama : Rizal Arifin, S.Si., M.Si., M.Sc. Ph.D.

PROSES PEMBIMBINGAN

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
1	25/10/2024	Konsultasi judul	Acc judul	
2	18/11/2024	Konsultasi Bab I	- penambahan bagian penelitian - penambahan rumusan masalah	
3	28/11/2024	Revisi Bab I	merevisi label belakang	
4	06/12/2024	Konsultasi Bab 2	- penambahan label karakteristik Al dan Mg	

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
5	20/12/2024	Revisi Bab 2	menambahkan sub bab ensemble NVT dan NPT, persamaan potensial antar atom	<u>Pil</u>
6	30/12/2024	Konsultasi Bab 3	menambahkan gambar struktur awal al-rg	<u>Pil</u>
7	3/1/2025	Revisi Bab 3	menambahkan tahapan proses simulasi	<u>Pil</u>
8	7/1/2025	Acc Sempurna.		<u>Pil</u>
9	15/5/2025	Bab 4	membuat draft copy pada moba xebm dan persiapan software simulasi	<u>Pil</u>
10	28/5/2025	Bab 4	membuat struktur awal/ paduan menggunakan potensial Eam yang sudah tersedia pada openkim.org.id	<u>Pil</u>

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
11	3/6 2025	Bab 4	menjalankan simulasi dinamika meliputi pengujian tarik dan tekan.	<u>Pil</u>
12	16/6 2025	Bab 4	menentukan nilai regangan maksimum, modulus elastisitas dan tegangan luluh	<u>Pil</u>
13	26/6 2025	Bab 4	memvisualisasikan gambar paduan pada saat regangan maksimum dan setelah mencapai regangan maksimum	<u>Pil</u>
14	2/7 2025	Bab 4	revisi pembahasan tabel statistik atom paduan Almg	<u>Pil</u>
15	16/7 2025	Bab 5	revisi kesimpulan (menjawab rumusan masalah)	<u>Pil</u>
16	16/7 2025		acc sidang.	<u>Pil</u>

BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Wahyu Setio Pamungkas
 NIM : 21511592
 Judul Skripsi : Studi pengaruh penambahan unsur Mg pada logam Al terhadap kekuatan tarik dan beban paduan Al-Mg : menggunakan simulasi dinamika molekul
 Dosen Pembimbing Pendamping : Yo. Yek WINARDI, S.T., M.T.

PROSES PEMBIMBINGAN

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
1	28/10/2024	Konsultasi judul	Acc judul	
2	20/11/2024	Konsultasi Bab 1	revisi latar belakang	
3	29/11/2024	Revisi Bab 1	menambahkan batasan masalah yang relevan dan tujuan penelitian	
4	10/11/2024	Konsultasi Bab 2	menambahkan rumus tegangan, regangan, dan modulus elastisitas	

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
5	23/12/2024	revisi Bab 2	mengganti kutipan pada gambar dengan format IEEE	
6	31/12/2024	konsultasi Bab 3	menambahkan diagram alir penelitian	
7	4/1/2025	revisi Bab 3	mengubah langkah - langkah simulasi kedalam kalimat pasif	
8	8/1/2025		Acc sempro	
9	15/2025 /05	Bab 4	penjelas grafik uji etik dan tekan dan gambar grafik di beri satuan	
10	21/2025 /05	Bab 4	member satuan pada tabel dan berapa angka dibelakang koma	

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
11	19/2025 07	Bab 4	menambahkan gambar visualisasi paduan pada bab 4 dan lainnya dilampirkan	
12	26/2025 07	Bab 4	Caption gambar jangan panjang-panjang, lebih baik dipisahkan pada paragraf	
13	1/2025 02	Bab 4	menambahkan penelitian terdahulu untuk memperkuat hasil simulasi	
14	14/2025 07	Bab 5	Kesimpulan dan saran jangan panjang-panjang	
15	24/2025 07		Revisi daftar pustaka dan lampiran	
16	29/2025 07		ACC Sidang	

MOTTO

"Sukses tidak akan datang kepada mereka yang menunggu, tetapi kepada mereka yang pergi mencarinya"

-Thomas Edison-



Studi Pengaruh Penambahan Unsur Mg pada Logam Al terhadap Kekuatan Tarik dan Tekan Paduan Al-Mg Menggunakan Simulasi Dinamika Molekuler

Wahyu Setio Pamungkas, Rizal Arifin, Yoyok Winardi

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo

e-mail : whysetia16@gmail.com

Abstrak

Aluminium (Al) banyak digunakan dalam industri kerana ringan dan kuat. Magnesium (Mg) yang ringan dan kuat sering dipadukan dengan al untuk membentuk paduan AlMg yang memiliki kekuatan mekanik yang tinggi untuk berbagai aplikasi teknik. Simulasi dilakukan pada suhu ruang (300 K) dengan variasi konsentrasi Mg sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak LAMMPS dengan pendekatan potensial EAM (*Embedded Atom Method*). Fokus utama penelitian ini adalah mempelajari respon paduan terhadap beban tarik dan tekan pada tingkat atom, serta perubahan susunan struktur kristalnya. Hasil simulasi pengujian tarik menunjukkan nilai tegangan maksimum tertinggi pada Al murni sebesar 8,02 GPa, modulus elastisitas 50,62 GPa dan titik luluh 1,29 GPa. Selanjutnya pada pengujian tekan nilai tegangan maksimum tertinggi sebesar 5,77 GPa terdapat pada Al murni, tegangan luluh 5,33 GPa, dan modulus elastisitas 77,02 GPa. Dari sisi struktur atom, penambahan Mg menimbulkan perubahan struktur kristal, terutama penurunan jumlah struktur FCC (*Face-Centered Cubic*) dan peningkatan struktur lain seperti HCP, BCC, dan amorf. Transformasi struktur ini mempengaruhi sifat mekanik paduan AlMg.

Kata kunci : Simulasi dinamika molekuler, Al, Mg, Uji tarik, Uji tekan

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Studi Pengaruh Menambahkan Unsur Mg pada Logam Al terhadap Kekuatan Tarik dan Tekan Paduan Al-Mg Menggunakan Simulasi Dinamika Molekuler" dengan baik dan tepat waktu.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo. Penulis menyadari bahwa pencapaian ini tidak terlepas dari dukungan, doa, serta bantuan dari berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi selama proses penyusunan skripsi. Untuk itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Rido Kurnianto, M.Ag. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Ponorogo, atas fasilitas dan dukungan akademik yang telah diberikan. Bapak Edy Kurniawan, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, atas motivasi dan bimbingan selama masa studi; serta Bapak Yoyok Winardi, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, atas Arah dan dukungan selama penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Bapak Rizal Arifin, S.Si., M.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Bapak Yoyok Winardi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing pembantu, yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan saran yang sangat membantu dalam proses penyusunan skripsi ini. Tidak lupa, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh dosen dan staf akademik Fakultas Teknik Mesin atas ilmu, dukungan, serta pelayanan yang diberikan selama masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun sebagai bahan perbaikan ke depan. Semoga karya ini bermanfaat bagi para pembaca dan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknik material dan simulasi dinamika molekuler.

Ponorogo, 8 Agustus 2025


Wahyu Setio Panungkas

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat, hidayah, dan kemudahan yang diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Studi Pengaruh Menambahkan Unsur Mg pada Logam Al terhadap Kekuatan Tarik dan Tekan Paduan Al-Mg Menggunakan Simulasi Dinamika Molekuler" ini dengan baik. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, atas segala doa, kasih sayang, dukungan moral maupun materi, serta semangat yang tak pernah putus asa dalam setiap langkah penulis. Doa dan pengorbanan mereka menjadi kekuatan utama dalam menyelesaikan studi ini.
2. Sahabat-sahabat terdekat, yang telah banyak membantu dalam proses penyusunan skripsi, mulai dari berdiskusi, memberi semangat, hingga mengerjakannya secara bersama-sama dalam suka dan duka.
3. Teman-teman seangkatan teknik mesin, atas kebersamaan, kerja sama, serta dukungan yang luar biasa selama masa perkuliahan hingga tahap akhir penyusunan skripsi.
4. Sim bay kopi parkir, bukan hanya sebagai tempat melepas lelah, tetapi juga sebagai ruang berkumpul yang penuh motivasi, candaan, dan semangat yang membantu penulis dan teman-teman terus maju dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa segala pencapaian dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, doa, dan bantuan berbagai pihak. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI.....	iii
HALAMAN BERITA ACARA UJIAN	iv
HALAMAN BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIP	v
MOTTO.....	xi
Abstrak.....	xii
KATA PENGANTAR.....	xiii
UCAPAN TERIMA KASIH	xiv
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Aluminium	6
2.3 Magnesium.....	8
2.4 Paduan Al-Mg	9
2.5 Struktur Kristal.....	9
2.5.1. <i>Face-Centered Cubic</i> (FCC)	10
2.5.2. <i>Body-Centered Cubic</i> (BCC)	10
2.5.3. <i>Hexagonal Close-Packed</i> (HCP).....	11
2.6 Simulasi Dinamika Molekuler	11
2.7 Energi Potensial Antar Atom.....	12
2.8 Motode <i>Ensamble</i>	13
2.9 Substitusi.....	14

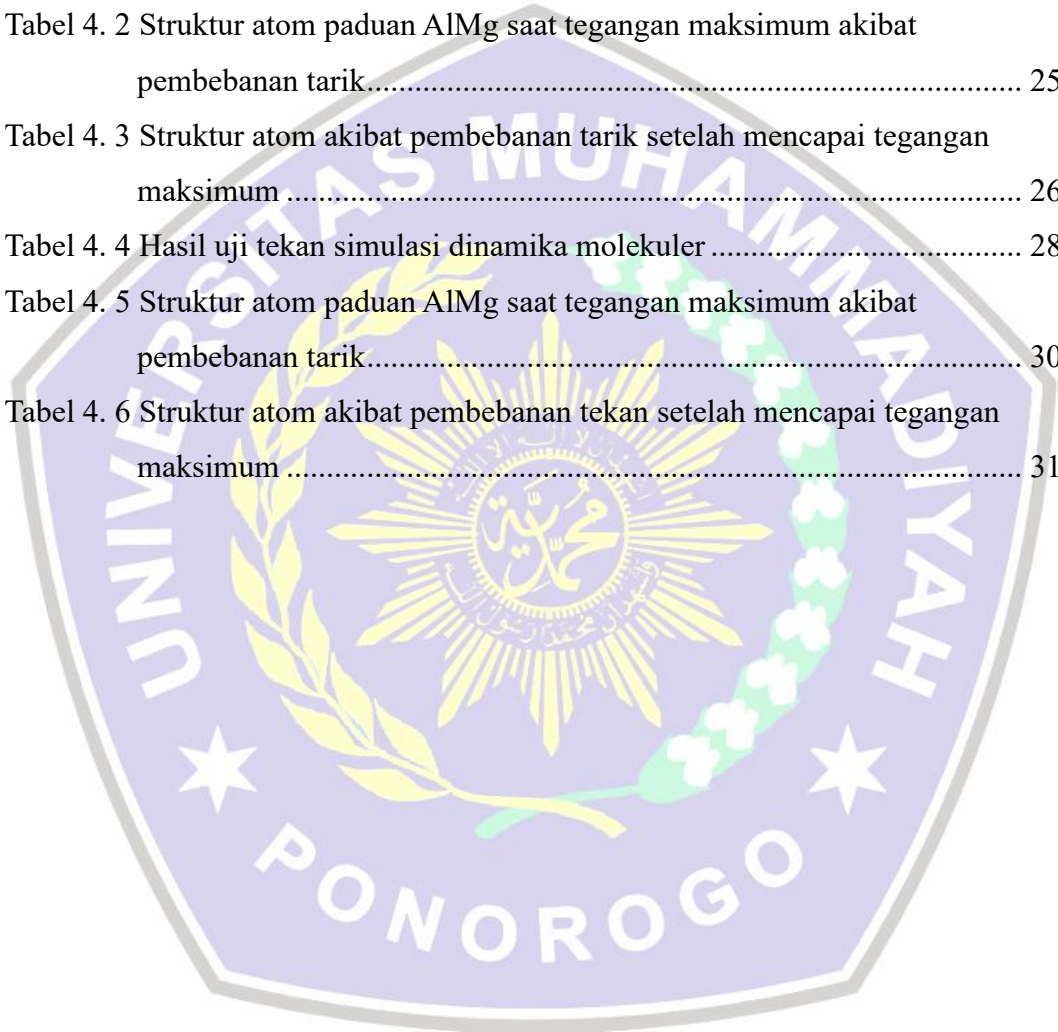
2.10	Pengujian Uji Tarik	14
2.11	Pengujian Uji Tekan	15
BAB III METODE PENELITIAN.....		17
3.1	Alat dan Kelengkapan Penelitian	17
3.1.1.	Perangkat Keras	17
3.1.2.	Perangkat Lunak.....	17
3.2	Diagram Alur Penelitian.....	18
3.3	Membuat Struktur Awal Al-Mg.....	19
3.4	Simulasi Uji Tarik dan Uji Tekan.....	19
3.5	Analisis Data	20
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN.....		22
4.1	Kekuatan tarik dan perubahan struktur paduan $Al_{100-m} Mg_m$ ($m = 0, 5, 10, 15, 20$).....	22
4.2	Kekuatan tekan dan perubahan struktur paduan $Al_{100-m} Mg_m$ ($m = 0, 5, 10, 15, 20$).....	27
BAB V PENUTUP.....		33
5.1	Kesimpulan.....	33
5.2	Saran.....	33
DAFTAR PUSTAKA		35
LAMPIRAN.....		39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Almunium.....	7
Gambar 2. 2 Magnesium.....	8
Gambar 2. 3 Struktur kristal FCC	10
Gambar 2. 4 Struktur kristal BCC.....	11
Gambar 2. 5 Struktur krista HCP	11
Gambar 2. 6 Tegangan Regangan	14
Gambar 3. 1 Visualisasi Paduan Al-mg.....	20
Gambar 4. 1 Grafik tegangan regangan kekuatan tarik dengan konsentrasi paduan : (A) Al murni, (B) $Al_{95}Mg_5$, (C) $Al_{90}Mg_{10}$, (D) $Al_{85}Mg_{15}$, dan (E) $Al_{80}Mg_{20}$	22
Gambar 4. 2 Visualisasi kekuatan tarik paduan $Al_{85}Mg_{15}$	24
Gambar 4. 3 Grafik tegangan regangan kekuatan tekan dengan konsentrasi paduan : (A) Al murni, (B) $Al_{95}Mg_5$, (C) $Al_{90}Mg_{10}$, (D) $Al_{85}Mg_{15}$, dan (E) $Al_{80}Mg_{20}$	27
Gambar 4. 4 Gambar 4. 4 visualisasi kekuatan tekan paduan $Al_{85}Mg_{15}$	29

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Karakteristik Aluminium	7
Tabel 2. 2 Tabel Karakteristik Magnesium	9
Tabel 3. 1 Spesifikasi perangkat keras	17
Tabel 3. 2 Tabel pengaruh konsentrasi magnesium terhadap sifat mekanik material	21
Tabel 4. 1 Hasil uji tarik simulasi dinamika molekuler	23
Tabel 4. 2 Struktur atom paduan AlMg saat tegangan maksimum akibat pembebanan tarik.....	25
Tabel 4. 3 Struktur atom akibat pembebanan tarik setelah mencapai tegangan maksimum	26
Tabel 4. 4 Hasil uji tekan simulasi dinamika molekuler	28
Tabel 4. 5 Struktur atom paduan AlMg saat tegangan maksimum akibat pembebanan tarik.....	30
Tabel 4. 6 Struktur atom akibat pembebanan tekan setelah mencapai tegangan maksimum	31



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Visualisasi uji tarik Al murni	39
Lampiran 1. 2 Visualisasi uji tarik Al ₉₅ Mg ₅	39
Lampiran 1. 3 Visualisasi uji tarik Al ₉₀ Mg ₁₀	40
Lampiran 1. 4 Visualisasi tarik Al ₈₅ Mg ₁₅	40
Lampiran 1. 5 Visualisasi uji tarik Al ₈₀ Mg ₂₀	41
Lampiran 1. 6 Visualisasi uji tekan Al murni.....	41
Lampiran 1. 7 Visualisasi uji tekan Al ₉₅ Mg ₅	42
Lampiran 1. 8 Visualisasi uji tekan Al ₉₀ Mg ₁₀	42
Lampiran 1. 9 Visualisasi uji tekan Al ₈₅ Mg ₁₅	43
Lampiran 1. 10 Visualisasi uji tekan Al ₈₀ Mg ₂₀	43
Lampiran 2. 1 Menentukan modulus elastisitas dan teganan luluh paduan Al murni pada uji tarik.....	44
Lampiran 2. 2 Menentukan modulus elastisitas dan tegangan luluh paduan Al ₉₅ Mg ₅ pada uji tarik.....	44
Lampiran 2. 3 Menentukan modulus elastisitas dan tegangan luluh paduan Al ₉₀ Mg ₁₀ pada uji tarik.....	45
Lampiran 2. 4 Menentukan modulus elastisitas dan tegangan luluh paduan Al ₈₅ Mg ₁₅ pada uji tarik.....	45
Lampiran 2. 5 Menentukan modulus elastisitas dan tegangan luluh paduan Al ₈₀ Mg ₂₀ pada uji tarik.....	46
Lampiran 2. 6 Menentukan modulus elastisitas dan tegangan luluh paduan Al murni pada uji tekan	46
Lampiran 2. 7 Menentukan modulus elastisitas tegangan luluh paduan Al ₉₅ Mg ₅ pada uji tekan	47
Lampiran 2. 8 Menentukan modulus elastisitas dan tegangan luluh paduan Al ₉₀ Mg ₁₀ pada uji tekan	47
Lampiran 2. 9 Menentukan modulus elastisitas dan tegangan luluh paduan Al ₈₅ Mg ₁₅ pada uji tekan	48
Lampiran 2. 10 Menentukan modulus elastisitas dan tegangan luluh paduan Al ₈₀ Mg ₂₀ pada uji tekan	48