

**STUDI PENGARUH SUBSTITUSI Cu PADA LOGAM Al
TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN TEKAN
PADUAN AlCu MENGGUNAKAN SIMULASI
DINAMIKA MOLEKULER**

SKRIPSI

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



Muhamad Aldila Anggoro Wicaksono
NIM 21511598

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PONOROGO
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Nama : Muhamad Aldila Anggoro Wicaksono
Nim : 21511598
Prodi studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Studi Pengaruh Substitusi Cu Pada Logam Al Terhadap Kekuatan Tarik dan Tekan Paduan AlCu Menggunakan Simulasi Dinamika Molekuler

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

Ponorogo, 31 Juli 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

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Edi Kurniawan, S.T., M.T.

NIK. 19771026 200810 12



Yoyok Winardi, S.T., M.T.

NIK. 19860803 201909 13

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhamad Aldila Anggoro Wicaksono

NIM : 21511598

Program Studi : Teknik Mesin

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul **“Studi Pengaruh Substitusi Cu Pada Logam Al Terhadap Kekuatan Tarik dan Tekan Paduan AlCu Menggunakan Simulasi Dinamika Molekuler”** bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang saya rancang atau 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 sebenarnya.

Ponorogo, 17 Juli 2025

Mahasiswa,



Muhamad Aldila Anggoro Wicaksono

NIM. 21511598

HALAMAN BERITA ACARA UJIAN

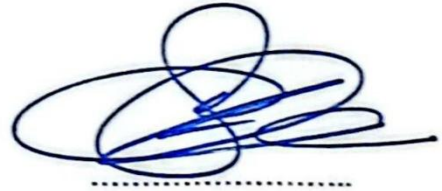
Nama : Muhamad Aldila Anggoro Wicaksono
Nim : 21511598
Prodi studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Studi Pengaruh Substitusi Cu Pada Logam Al Terhadap Kekuatan Tarik dan Tekan Paduan AlCu Menggunakan Simulasi Dinamika Molekuler

Telah diuji dan dipertahankan dihadapan
Dosen penguji tugas akhir jenjang Strata Satu (S1) pada:

Hari : Selasa
Tanggal : 5 Agustus 2025

Dosen Penguji,

Ketua Penguji
Wawan Trisnadi Putra, S.T., MT., Ph.D.
NIK. 19800220 202109 12



Anggota Penguji I
Dr. Munaji, S.Si, M.Si.
NIK. 19840805 201701 11



Anggota Penguji II
Ir. Fadelan, M.T.
NIK. 19610509 199009 12



Mengetahui,



Dekan Fakultas Teknik

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

Ketua Program Studi Teknik Mesin


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

BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Muhamad Aldila Anggoro Wicaksono

NIM : 21511598

Judul Skripsi : Study Pengaruh doping Cu pada logam Al terhadap kekuatan Tarik dan tekan Paduan AlCu 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	28/10/2024	Konsultasi Judul	ACC JUDUL	
2	27/11/2024	Konsultasi Bab 1	- Perubahan kalimat - Penambahan latar belakang yang lebih Spesifik - merubah batasan masalah - mengubah sedikit kata pada judul	
3	5/12/2024	Konsultasi Revisi Bab 1	ACC BAB 1	
4	16/12/2024	Konsultasi Bab 2	- menambah Penelitian terdahulu (3-5) - Penambahan rumus uji tarik - menambahkan Energi Potensial antar atom - menambahkan potensial ensemble - mengubah sedikit tabel	

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
5	02/01/2025	Konsultasi Revisi bab 2	ACC BAB 2	<u>Pil</u>
6	07/01/2025	Konsultasi bab 3	- melakukan tutorial Pembuatan Struktur awal Al-cu - merubah sedikit flowchart - merubah sedikit langkah-langkah Pengujian - Penambahan Satuan Tegangan luluh, Tegangan maksimum dan modulus elastisitas	<u>Pil</u>
7	15/01/2025	Konsultasi Revisi bab 3	ACC BAB 3	<u>Pil</u>
8	24/01/2025		ACC Sempro	<u>Pil</u>
9	13/06/2025	Bab 4	mempersiapkan Software dan membuat directory mobaXtrem	<u>Pil</u>
10	26/06/2025	Bab 4	Pembuatan Struktur awal AlCu	<u>Pil</u>

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
11	4/07/2025	Bab 4	menjalankan simulasi dinamika molekuler pada uji tarik	<u>Ril</u>
12	8/07/2025	Bab 4	menjalankan simulasi uji Tekan	<u>Ril</u>
13	14/07/2025	Bab 4	Analisis data hasil dari simulasi uji tarik dan tekan, serta Pembuatan gambar visualisasi di OOVITO	<u>Ril</u>
14	21/07/2025	Bab 4	Analisis data dengan magicplot untuk mengetahui nilai modulus tegangan max dan luluh	<u>Ril</u>
15	25/07/2025	Bab 5	Revisi kesimpulan dan Saran	<u>Ril</u>
16	30/07/2025	Acc sidang		<u>Ril</u>

BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Muhamad Aldila Anggoro Wicaksono

NIM : 21511590

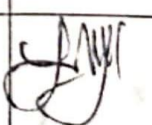
Judul Skripsi : Study Pengaruh doping Cu Pada logam Al terhadap kekuatan tarik dan tekan Paduan AlCu menggunakan Simulasi dinamika molekuler

Dosen Pembimbing Pendamping : YoYok Winardi, S.T. M.T

PROSES PEMBIMBINGAN

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
1	29/10/2024	konsultasi Judul	ACC Judul	
2	28/11/2024	konsultasi Bab 1	- Perubahan kalimat - Penambahan latar belakang yang lebih spesifik - mengubah batasan masalah	
3	6/12/2024	konsultasi Revisi Bab 1	ACC BAB 1	
4	17/12/2024	konsultasi Bab 2	- menambah Penelitian terdahulu - Penambahan rumus uji tarik - menambah Energi Potensial antar atom - menambah kan Potensial ensemble - mengubah Susunan Tabel	

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
5	03/01/2025	Konsultasi Revisi Bab 2	ACC Bab 2	
6	03/01/2025	Konsultasi Bab 3	- merubah sedikit flowchart - merubah sedikit langkah-langkah pengujian - Penambahan Satuan Tegangan luluh, Tegangan maksimum dan modulus elastisitas	
7	16/01/2025	Konsultasi Revisi Bab 3	ACC Bab 3	
8			ACC Sempuro	
9	16/06/2025	Bab 4	Penjelasan dan Grafik uji Tarik	
10	27/06/2025	Bab 4	Revisi Pembahasan tabel	

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
11	7/07/2025	Bab 4	Tata letak Tabel	
12	9/07/2025	Bab 4	Revisi Penambahan Penelitian terdahulu di Pembahasan	
13	15/07/2025	Bab 4	Revisi Penambahan gambar Visualisasi Alcu	
14	22/07/2025	Bab 4	Revisi Penulisan other menjadi amorf	
15	28/07/2025	Bab 5	Revisi Lampiran.	
16	30/07/2025		Ace fidang.	

MOTTO

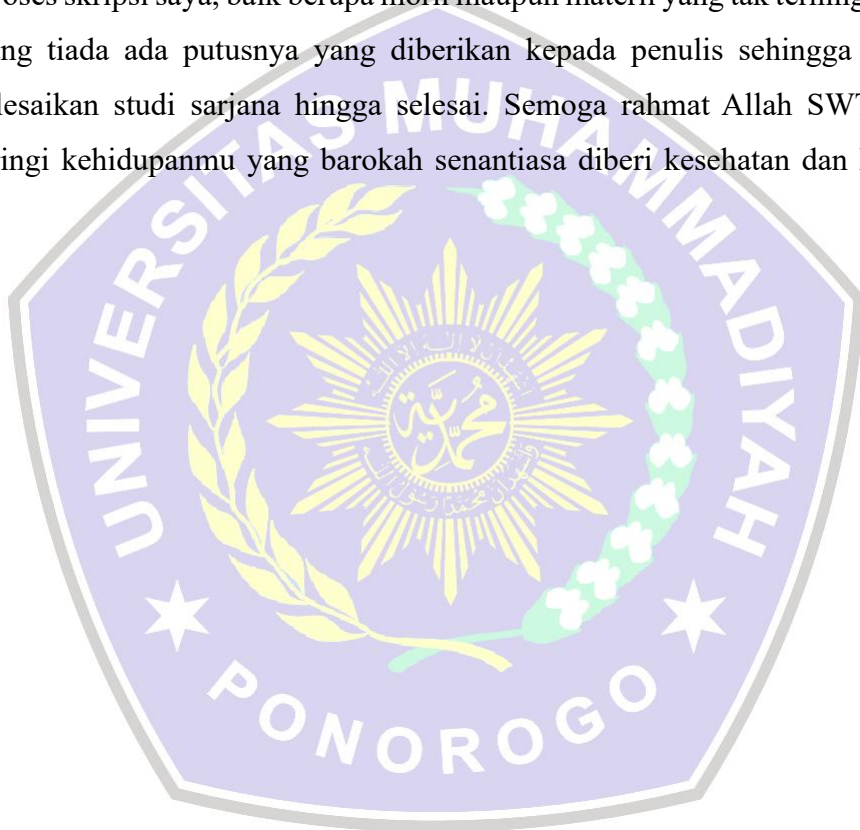
“Act with caution — what seems small to you may carry consequences beyond measure”



PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim....

Segala puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktu. Keberhasilan dalam penulisan skripsi ini tentunya tidak lepas dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada kedua orang tua saya Bapak Sarmun dan Ibu Warsini dan gelar sarjana ini saya persembahkan untuk kedua orang tua dan saudara saya yang tercinta, yang selalu memberikan dukungan pada proses skripsi saya, baik berupa moril maupun materil yang tak terhingga serta doa yang tiada ada putusnya yang diberikan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan studi sarjana hingga selesai. Semoga rahmat Allah SWT selalu mengiringi kehidupanmu yang barokah senantiasa diberi kesehatan dan Panjang umur.



Study Pengaruh Substitusi Cu Pada Logam Al Terhadap Kekuatan Tarik Dan Tekan Paduan AlCu Menggunakan Simulasi Dinamika Molekuler

Muhamad Aldila Anggoro Wicaksono, Rizal Arifin, Yoyok Winardi, Munaji, Fadelan

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo

e-mail: aldianggoro96@gmail.com

Abstrak

Aluminium merupakan logam yang ringan dan tahan korosi, namun memiliki kelemahan pada kekuatan mekaniknya. Untuk mengatasinya, dilakukan penambahan tembaga (Cu) guna meningkatkan sifat mekanik melalui pembentukan paduan AlCu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi Cu (0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%) terhadap kekuatan tarik, tekan, serta perubahan struktur kristal pada paduan AlCu menggunakan metode simulasi dinamika molekuler. Simulasi dilakukan pada suhu ruang (300 K) menggunakan ensemble NPT dengan arah pembebanan pada sumbu-z dengan laju deformasi 10^{10}s^{-1} . Parameter yang diamati meliputi tegangan maksimum, tegangan luluh, dan modulus elastisitas. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penambahan Cu meningkatkan performa mekanik paduan. Tegangan tarik maksimum tertinggi sebesar 9,36 GPa dan modulus elastisitas sebesar 141,28 GPa dicapai pada paduan $\text{Al}_{80}\text{Cu}_{20}$. Sementara itu, tegangan tekan maksimum tertinggi sebesar 8,92 GPa ditemukan pada paduan $\text{Al}_{85}\text{Cu}_{15}$. Selama proses pembebanan, struktur kristal mengalami transformasi dari bentuk Face-Centered Cubic (FCC) menjadi BCC, HCP, dan amorf. Perubahan ini menunjukkan terjadinya deformasi plastis yang dipengaruhi oleh konsentrasi Cu. Secara keseluruhan, komposisi Cu antara 15–20% memberikan peningkatan signifikan terhadap kekuatan mekanik paduan AlCu.

Kata kunci: Simulasi MD, Aluminium, Tembaga, Uji Tarik, Uji Tekan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“Studi Pengaruh Substitusi Cu Pada Logam Al Terhadap Kekuatan Tarik dan Tekan Paduan AlCu Menggunakan Simulasi Dinamika Molekuler”** dengan baik dan lancar. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Mesin. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa keberhasilan ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Rizal Arifin, S.Si., M.Si., M.Sc., Ph.D. selaku pembimbing 1
2. Bapak Yoyok Winardi, S.T., M.T. selaku pembimbing 2
3. Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo.
4. Kedua orang tua serta adik yang selalu memberikan doa dan support terbaiknya.
5. Rekan-rekan seperjuangan Wahyu, Qulub, Abrar, Anis yang telah membantu riset pada penelitian ini.
6. Teman-teman mahasiswa Fakultas Teknik, khususnya mahasiswa Prodi Teknik Mesin angkatan 2021
7. Seluruh elemen yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknik material dan simulasi dinamika molekuler.

Ponorogo, 17 Juli 2025



Muhamad Aldila Anggoro Wicaksono

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI	iii
HALAMAN BERITA ACARA UJIAN	iv
BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI	v
MOTTO	xi
PERSEMBAHAN	xii
KATA PENGANTAR	xiv
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Aluminium (Al)	5
2.3 Tembaga (Cu)	7
2.4 Paduan AlCu	8
2.5 Struktur Kristal	9
2.5.1 Simple cubic	9
2.5.2 Body-centered cubic (BCC)	9

2.5.3 Face-centered cubic (FCC)	10
2.5.4 Hexagonal close-packed (HCP)	10
2.6 Uji Tarik	11
2.7 Uji Tekan	13
2.8 Simulasi Dinamika Molekuler	14
2.9 Energi Potensial Antar Atom	15
2.10 Ensemble	17
2.10.1 Ensemble Mikrokanonikal (NVE)	17
2.10.2 Ensemble Kanonik (NVT)	17
2.10.3 Ensemble Isobarik-isotermal (NPT)	17
BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1 Peralatan dan Perlengkapan Penelitian	19
3.1.1 Perangkat Keras	19
3.1.2 Perangkat Lunak	19
3.2 Diagram Alur Penelitian	21
3.3 Membuat Struktur Awal AlCu	22
3.4 Simulasi Uji Tarik dan Uji Tekan	23
3.5 Analisis Data	24
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Hasil Kekuatan Tarik dan Perubahan Struktur Paduan $Al_{100-m}Cu_m$ ($m = 0, 5, 10, 15, 20$)	25
4.2 Hasil Kekuatan Tekan dan Perubahan Struktur Paduan $Al_{100-m}Cu_m$ ($m = 0, 5, 10, 15, 20$)	31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	38

DAFTAR PUSTAKA.....	39
LAMPIRAN.....	42



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Aluminium.....	5
Gambar 2. 2 Tembaga	7
Gambar 2. 3 Susunan stuktur kristal simple cubic [17]	9
Gambar 2. 4 Susunan struktur kristal body-centered cubic [17].....	10
Gambar 2. 5 Susunan struktur kristal face-centered cubic [17]	10
Gambar 2. 6 Susunan struktur kristal hexagonal close-packed.....	11
Gambar 2. 7 Kurva tegangan-regangan teknis [18]	12
Gambar 2. 8 Kurva tegangan-regangan [16].....	14
Gambar 3. 1 Diagram alur penelitian.....	21
Gambar 3. 2 Visualisasi paduan AlCu.....	22
Gambar 4. 1 Grafik tegangan dan regangan dari paduan: (A) Al Murni (B) Al ₉₅ Cu ₅ (C) Al ₉₀ Cu ₁₀ (D) Al ₈₅ Cu ₁₅ (E) Al ₈₀ Cu ₂₀	25
Gambar 4. 2 Visualisasi struktur atom paduan Al ₈₀ Cu ₂₀ pada pengujian tarik.....	27
Gambar 4. 3 Visualisasi paduan Al ₈₀ Cu ₂₀ pada pengujian tarik.....	28
Gambar 4. 4 Grafik tegangan dan regangan dari paduan: (A) Al Murni (B) Al ₉₅ Cu ₅ (C) Al ₉₀ Cu ₁₀ (D) Al ₈₅ Cu ₁₅ (E) Al ₈₀ Cu ₂₀	31
Gambar 4. 5 Visualisasi struktur atom paduan Al ₈₀ Cu ₂₀ pada pengujian tekan....	33
Gambar 4. 6 Visualisasi struktur atom paduan Al ₈₀ Cu ₂₀ pada pengujian tekan .	34

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat Mekanis Aluminium	7
Tabel 2. 2 Sifat Mekanis Tembaga	8
Tabel 3. 1 Pengaruh konsentrasi tembaga terhadap sifat mekanik material	24
Tabel 4. 1 Data hasil uji tarik simulasi dinamika molekuler	26
Tabel 4. 2 Kondisi struktur atom paduan AlCu pada saat tegangan maksimum saat diberi pembebanan tarik	29
Tabel 4. 3 Kondisi struktur atom paduan AlCu ketika sesudah diberi pembebanan tarik	29
Tabel 4. 4 Data hasil uji tekan simulasi dinamika molekuler	32
Tabel 4. 5 Kondisi atom paduan pada saat tegangan maksimum ketika diberi pembebanan tekan	35
Tabel 4. 6 Kondisi struktur atom paduan AlCu ketika sesudah diberi pembebanan tekan	35

