

**STUDI PENGARUH KOMPOSISI Si TERHADAP KEKUATAN TARIK
DAN TEKAN AISi AMORF MENGGUNAKAN SIMULASI DINAMIKA
MOLEKULER**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Jenjang Strata Satu (S1)

Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Ponorogo



ANIS FITRIANI

21511545

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PONOROGO

2025

HALAMAN PENGESAHAN

Nama : Anis Fitriani
NIM : 21511545
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Studi Pengaruh Komposisi Si Terhadap Kekuatan Tarik
dan Tekan AlSi Amorf 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 Universitas Muhammadiyah Ponorogo

Ponorogo, 12 Agustus 2025

Menyetujui,

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



Dosen Pembimbing Pendamping
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 Program Studi Teknik Mesin



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

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Anis Fitriani

NIM : 21511545

Program Studi : Teknik Mesin

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul : “Studi Pengaruh Komposisi Si Terhadap Kekuatan Tarik dan Tekan AlSi Amorf 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, 12 Agustus 2025

Mahasiswa,



Anis Fitriani

NIM. 21511545

HALAMAN BERITA ACARA UJIAN

Nama : Anis Fitriani
NIM : 21511545
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Studi Pengaruh Komposisi Si Terhadap Kekuatan Tarik
dan Tekan AlSi Amorf Menggunakan Simulasi
Dinamika Molekuler.

Telah diuji dan dipertahankan dihadapan

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

Hari : Kamis
Tanggal : 7 Agustus 2025

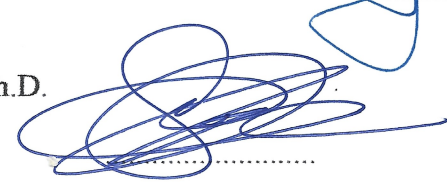
Dosen Penguji
Rizal Arifin, S.Si.,M.Si.,M.Sc.,Ph.D.
NIK. 19870920 201204 12.



Anggota Penguji I
Dr. Sudarno, S.T.,M.T.
NIK. 19680705 199904 11.



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 Program Studi Teknik Mesin



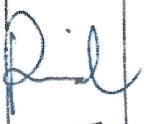
Yoyok Winardi, S.T.,M.T.
NIK. 19860803 201909 13

HALAMAN BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI

BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : ANIS FITRIANI
 NIM : 21511545
 Judul Skripsi : Studi Pengaruh komposisi Si Terhadap Ketepatan
 Torsi dan Tekan Alas Amorf Menggunakan Simulasi Dinamika
 Molekuler
 Dosen Pembimbing Utama : Rizal Artfin S.Si., M.Sc., Ph.D

PROSES PEMBIMBINGAN

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
1	11/11/2024	Konsultasi Judul	Acc Judul	
2	16/01/2025	Konsultasi Bab 1	- Latar belakang - Penambahan rumusan masalah	
3	24/01/2025	Konsultasi Bab 2	- Penambahan penelitian terdahulu - Penambahan detail tentang persamaan hukum Newton II	
4	6/02/2025	Revisi Bab 2	- Menambahkan materi tentang persamaan MP dan potensial EAM	

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
5	19/02/2025	Konsultasi Bab 3	- Penyiapan struktur jumlah simulasi	<u>Pil</u>
6	10/03/2025	Revisi Bab 3	- Menambahkan langkah - langkah simulasi	<u>Pil</u>
7	19/09/2025	Revisi Bab 3	- Menambahkan tabel analisis data	<u>Pil</u>
8	5/5 2025		- Ace sempur.	<u>Pil</u>
9	8/06/2025	Revisi sempur	• Penomoran rumus / Persamaan	<u>Pil</u>
10	20/05/2025	Bab 4	• Penjelasan grafik uji tarik	<u>Pil</u>

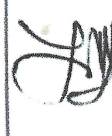
No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
11	26/06/2025	Bab 4	Revisi pembahasan tabel	<u>Ril</u>
12	8/07/2025	Bab 4	menjalankan simulasi uji tekan	<u>Ril</u>
13	16/6/2025	Bab 4	Menentukan nilai tegangan luluh, tegangan maksimum, dan modulus elastisitas.	<u>Ril</u>
14	2/7/2025	Bab 4	Memvisualisasikan hasil uji tarik dan tekan menggunakan AUTO	<u>Ril</u>
15	16/7/2025	Bab 5	Revisi Kesimpulan.	<u>Ril</u>
16	30/7/25		<u>Ace Hidayat</u>	<u>Ril</u>

BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Anis Fitriani
 NIM : 21511545
 Judul Skripsi : Studi Pengaruh Komposisi Si Terhadap Kekuatan Tarik dan
 Tegangan Alsir Anisotrop mengkurasi Simulasi Dinamika Molekuler
 Dosen Pembimbing Pendamping : Yoyot Winardi S.T., M.T

PROSES PEMBIMBINGAN

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
1	11/11/2024	Konsultasi Judul	Acc Judul	
2	17/01/2025	Konsultasi Bab 1	- Penambahan batasan masalah	
3	3/02/2025	Konsultasi Bab 2	- Menambahkan dan menentukan AI type berapa dan paduan Alsir seri berapa	
4	17/02/2025	Revisi Bab 2	- Merapikan tata cara penulisan Sub bab	

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
5	24/02/2025	Konsultasi Bab 2	Acc Bab 2	
6	16/03/2025	Konsultasi Bab 3	Menambahkan diagram alur penelitian	
7	21/04/2025	Konsultasi Bab 3	Mengubah langkah - langkah simulasi ke dalam kalimat paraf	
8	5/5/2025	Revisi Bab 3	Acc	
9	7/05/2025	Revisi sempro	- Penomoran rumus - rumus	
10	19/05/2025	Bab 4	Memperbaiki software dan pembuatan directory mobax term	

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
11	20/06/2023	Bab 4	Menjalankan simulasi dinamika molekuler pada uji tarik	
12	20/06/2023	Bab 4	Menjalankan simulasi uji tekan	
13	07/07/2023	Bab 4	Analisa grafik hasil pengujian tarik, untuk mengetahui tegangan tarik maksimum dan nilai modulus elastisitas	
14	16/07/2023	Bab 4	Visualisasi hasil uji tarik menggunakan software OVITO.	
15	29/07/2023	Bab 4	Analisa grafik hasil uji tekan dan visualisasi menggunakan OVITO.	
16	20/08 09/08/2023		ACC sedang	

MOTTO

“Tak ada yang mudah, tapi bukan berarti tak mungkin.”

“Bukan hanya AI- Si yang tertekan, penulisnya juga.”



PERSEMBAHAN

Untuk setiap langkah kecil yang pernah goyah, namun tetap memilih maju.

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Kepada Bapak dan Ibu tercinta, terima kasih karena tidak pernah berhenti percaya, bahkan ketika saya meragukan diriku sendiri. Karya ini hanyalah setitik dari lautan harapan yang pernah Bapak dan Ibu tanam dalam hidup saya. Tanpa kasih, kesabaran, pengorbanan dan doa kalian perjalanan ini takkan tiba di titik ini.
2. Untuk Adik saya yang tersayang, terima kasih telah menjadi teman berbagi cerita dan pengingat bahwa perjalanan ini layak untuk diperjuangkan.
3. Untuk Keluarga yang saya cintai sepenuh hati, terima kasih atas doa, cinta, dan dukungan tanpa batas yang mengiringi setiap langkah perjalanan ini.
4. Untuk Dosen pembimbing, yang bimbingan, kesabaran dan arahnya menjadi penuntun di setiap langkah penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas waktu, perhatian, dan ilmu yang telah diberikan, serta kesediaan untuk mendampingi proses penelitian ini hingga selesai.
5. Untuk seluruh Dosen pengajar, terima kasih telah membekali saya dengan pengetahuan, wawasan, dan nilai-nilai berharga selama masa perkuliahan. Setiap pelajaran dan nasihat yang diberikan menjadi bagian penting dari perjalanan akademik saya.
6. Untuk teman-teman terdekat, Tri Adma Wiadi, Adam Ma'rufi, Ryan Dwipahayu.Q, Reza Kenia A.P, Fadhil Bahrul Ilmi dan, Tryo Febrianata L, yang telah menjadi bagian dari perjalanan ini sejak hari pertama sebagai mahasiswa baru, menemani tawa, kerja keras dan semua cerita yang tak terlupakan. Terima kasih karena tetap ada di saat langkah saya mantap, dan lebih-lebih di saat saya goyah dan hampir menyerah. Dukungan kalian saat saya ingin meninggalkan kampus bukan hanya membuat saya bertahan, tetapi menjadi kenangan berharga yang akan selalu saya bawa sepanjang hidup.
7. Untuk teman-teman seperbimbingan, Abrar Putra M, Muhamad Aldila A.W, Shahihul Qhulub R, dan Wahyu Setyo P, yang setiap hari berbagi

cerita, ide, dan pendapat, yang tak segan mengoreksi dan menguatkan dan yang selalu menjadi pengingat bahwa kita tidak berjalan sendirian. Terima kasih atas perjuangan yang telah kita jalani bersama, atas tawa di tengah penat, dan atas dorongan yang membuat kita terus melangkah ketika lelah mulai menguasai. Kebersamaan ini telah mengajarkan saya bahwa keberhasilan menjadi lebih indah ketika diraih bersama orang-orang yang berjuang dengan hati.

8. Untuk teman-teman seangkatan Program Studi Teknik Mesin, yang telah menjadi bagian dari perjalanan panjang ini, terima kasih atas semangat, kebersamaan dan kerja sama yang tak ternilai, serta setiap bantuan dan dorongan yang membuat perkuliahan menjadi lebih berwarna. Kenangan perjuangan selama di bangku kuliah akan selalu menjadi pengikat yang tak akan lekang oleh waktu.
9. Terakhir, untuk diri saya sendiri, yang pernah ragu namun tetap melangkah, yang pernah lelah namun memilih untuk bertahan, dan yang belajar bahwa setiap jatuh adalah bagian dari proses untuk menjadi lebih kuat. Terima kasih telah berani mencoba, berani gagal dan berani bangkit lagi. Perjalanan ini bukan hanya tentang sampai di tujuan, tetapi juga tentang bagaimana saya tumbuh, belajar dan mengerti arti perjuangan.

STUDI PENGARUH KOMPOSISI Si TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN TEKAN AlSi AMORF MENGGUNAKAN SIMULASI DINAMIKA MOLEKULER

Anis Fitriani, Rizal Arifin, Yoyok Winardi

Program Studi Teknik Mesin , Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo
e-mail : anisfitriaan@gmail.com

ABSTRAK

Paduan Aluminium- Silikon (AlSi) berstruktur amorf memiliki potensi unggul dalam menahan deformasi plastis tanpa retakan tajam, sehingga menjadikannya kandidat material untuk aplikasi teknik berperforma tinggi. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh variasi komposisi silikon (0%, 5 %, 10%, 15%, dan 20%) terhadap sifat mekanik AlSi amorf menggunakan simulasi dinamika molekuler (Molecular Dynamics). Model awal berbasis struktur kristalin FCC dipanaskan hingga 2300 K dan didinginkan cepat (*quenching*) ke 300 K untuk menghasilkan fase amorf. Uji tarik dan tekan disimulasikan dengan perangkat lunak LAMMPS menggunakan ansambel NVT dan deformasi uniaxial, sedangkan perubahan struktur divisualisasikan melalui OVITO. Hasil menunjukkan bahwa komposisi Al₈₅Si₁₅ memberikan performa mekanik optimum, dengan tegangan maksimum 1,03 GPa pada uji tarik dan tekan, serta modulus elastisitas tertinggi masing- masing 31,78 GPa untuk tarik dan 20,55 GPa untuk tekan. Penambahan Si dalam batas moderat memperkuat ikatan antaratom, sementara kadar tinggi (20%) menurunkan performa akibat ketidakstabilan struktur. Mekanisme deformasi pada struktur amorf didominasi reorganisasi atom lokal dan pembentukan zona geser, berbeda dengan kristalin yang mengalami slip sistematis. Temuan ini memberikan wawasan penting untuk optimasi komposisi paduan amorf pada aplikasi otomotif, dirgantara, dan elektronik.

Kata Kunci : AlSi amorf, dinamika molekuler, tegangan maksimum, deformasi plastis, simulasi LAMMPS , OVITO

KATA PENGANTAR

Segala puji penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah- Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul *“Studi Pengaruh Komposisi Si terhadap Kekuatan Tarik dan Tekan AlSi Amorf Menggunakan Simulasi Dinamika Molekuler.”*

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo. Penelitian ini difokuskan untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi Si terhadap sifat mekanik paduan Al amorf dengan metode simulasi dinamika molekuler, melalui serangkaian tahapan mulai dari pembuatan model, proses amorfisasi, uji tarik dan tekan, hingga analisis hasil menggunakan perangkat lunak pendukung.

Terselesaikannya penelitian ini tidak lepas dari arahan, bantuan dan dukungan yang diberikan oleh berbagai pihak, baik dalam bentuk bimbingan akademik maupun motivasi pribadi. Untuk itu, penulis menyampaikan penghargaan yang setulus- tulusnya kepada:

1. Bapak Dr. Rido Kurnianto, M.Ag selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Ponorogo, atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama penulis menempuh pendidikan.
2. Bapak Edy Kurniawan, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, atas dukungan, serta fasilitas yang telah diberikan selama penulis menempuh studi dan melaksanakan penelitian ini.
3. Bapak Yoyok Winardi, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, atas bimbingan, masukan, dan arahan yang berharga sejak tahap awal hingga terselesaikannya skripsi ini.
4. 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 pendamping, atas bimbingan, arahan, dan masukan yang diberikan sejak tahap perencanaan penelitian hingga penyusunan skripsi ini selesai. Dukungan dan motivasi yang diberikan telah menjadi dorongan besar bagi penulis untuk menyelesaikan penelitian ini dengan sebaik- baiknya.

5. Seluruh dosen dan staf akademik Program Studi Teknik Mesin, yang telah membagikan ilmu dan membantu kelancaran proses administrasi penulis selama masa studi.
6. Orang tua tercinta, atas doa, kasih sayang, dan dukungan yang tidak pernah berhenti diberikan sejak awal hingga akhir proses pendidikan.
7. Teman-teman seangkatan Program Studi Teknik Mesin yang telah memberikan semangat, berbagi pengetahuan, dan saling membantu menghadapi setiap tantangan akademik.
8. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, namun telah memberikan kontribusi berarti baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat dan menjadi kontribusi positif dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang material dan simulasi numerik.

Ponorogo, 12 Agustus 2025

Penulis,



Anis Fitriani

DAFTAR ISI

COVER	
HALAMAN PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI.....	ii
HALAMAN BERITA ACARA UJIAN	iii
HALAMAN BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI.....	iv
MOTTO.....	x
PERSEMBAHAN	xi
ABSTRAK	xiii
KATA PENGANTAR.....	xiv
DAFTAR ISI	xvi
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB 1 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	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Aluminium (Al).....	7
2.3 Silikon (Si)	9
2.3.1 Sifat fisik silikon.	9
2.3.2 Sifat fisik silikon.	10
2.3.3 Peran silikon dalam paduan.....	11
2.4 Paduan AlSi (Aluminium- Silikon).....	11
2.4.2 Fasa - fasa dalam AlSi.	12
2.5 Struktur Amorf	13
2.6 Sifat Mekanik Bahan	13

2.6.1 Regangan.....	14
2.6.2 Tegangan.....	14
2.6.3 Modulus elastisitas.	16
2.7 Kekuatan Tarik dan Tekan.....	17
2.7.1 Kekuatan tarik maksimum (Ultimate Tensile Strength).....	17
2.7.2 Kekuatan tekan maksimum (<i>compressive strength</i>).....	18
2.7.3 Tegangan luluh (<i>yield stress</i>).....	18
2.8 Simulasi Dinamika Molekuler	19
2.8.1 Prinsip dasar simulasi dinamika molekuler.....	19
2.8.2 Model potensial antaratom dalam simulasi MD.....	20
2.8.3 Ansambel termodinamika dalam simulasi MD.	22
2.9 Substitusi Atom.....	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	25
3.1 Peralatan dan Perlengkapan Penelitian.....	25
3.1.1 Perangkat keras.	25
3.1.2 Perangkat lunak.	25
3.1.3 Diagram Alur Penelitian.....	27
3.2 Tahapan Proses Simulasi.....	28
3.3 Analisis Data	30
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Kekuatan Tarik dan Perilaku Struktural Paduan $Al_{100-m} Si_m$ ($m = 0,5,10,15,20$).....	31
4.1.1 Perbandingan hasil uji tarik dengan penelitian terdahulu.	37
4.2 Kekuatan Tekan dan Perubahan Struktur Paduan $Al_{100-m} Si_m$ ($m = 0,5,10,15,20$).....	38
4.2.1 Perbandingan hasil uji tekan dengan penelitian terdahulu.	43
BAB V PENUTUP	47
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat Mekanis Aluminium	8
Tabel 2. 2 Sifat Mekanis Silikon	10
Tabel 3. 1 Teknik Analisis Data	30
Tabel 4. 1 Hasil Uji Tarik Simulasi Dinamika Molekuler.....	333
Tabel 4. 2 Hasil Uji Tekan Simulasi Dinamika Molekuler	400



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Aluminium.....	7
Gambar 2.2. Silikon	9
Gambar 2.3. Kurva Tegangan - Regangan	155
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian.....	277
Gambar 3. 2. Visualisasi Paduan Al-Si Kristal, dengan Komposisi Si 10%.....	288
Gambar 4. 1 Grafik tegangan- regangan kekuatan tarik dengan konsentrasi paduan (A) Al murni, (B) $Al_{95}Si_5$, (C) $Al_{90}Si_{10}$, (D) $Al_{85}Si_{15}$, (E) $Al_{80}Si_{20}$...	322
Gambar 4. 2 Visualisasi Uji Tarik Paduan $Al_{85}Si_5$	344
Gambar 4. 3 Grafik tegangan- regangan kekuatan tekan dengan konsentrasi paduan (A) Al murni, (B) $Al_{95}Si_5$, (C) $Al_{90}Si_{10}$, (D) $Al_{85}Si_{15}$, (E) $Al_{80}Si_{20}$.	3939
Gambar 4. 4 Visualisasi uji tekan paduan $Al_{85}Si_5$	422



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Modulus elastisitas dari uji tarik Al_{100}	53
Lampiran 2. Modulus elastisitas dari uji tarik $Al_{95}Si_5$	53
Lampiran 3. Modulus elastisitas hasil uji tarik $Al_{90}Si_{10}$	54
Lampiran 4. Modulus elastisitas uji tarik $Al_{85}Si_{15}$	54
Lampiran 5. Modulus elastisitas hasil uji tarik $Al_{80}Si_{20}$	55
Lampiran 6. Modulus elastisitas hasil uji tekan Al_{100}	55
Lampiran 7. Modulus elastisitas hasil uji tekan $Al_{95}Si_5$	56
Lampiran 8. Modulus elastisitas hasil uji tekan $Al_{90}Si_{10}$	56
Lampiran 9. Modulus elastisitas hasil uji tekan $Al_{85}Si_{15}$	57
Lampiran 10. Modulus elastisitas hasil uji tekan $Al_{80}Si_{20}$	57
Lampiran 11. Visualisasi hasil uji tarik Al_{100}	58
Lampiran 12. Visualisasi hasil uji tarik $Al_{95}Si_5$	58
Lampiran 13. Visualisasi hasil uji tarik $Al_{90}Si_{10}$	58
Lampiran 14. Visualisasi hasil uji tarik $Al_{85}Si_{15}$	59
Lampiran 15. Visualisasi hasil uji tarik $Al_{80}Si_{20}$	59
Lampiran 16. Visualisasi hasil uji tekan Al_{100}	59
Lampiran 17. Visualisasi hasil uji tekan $Al_{95}Si_5$	60
Lampiran 18. Visualisasi hasil uji tekan $Al_{90}Si_{10}$	60
Lampiran 19. Visualisasi hasil uji tekan $Al_{85}Si_{15}$	60
Lampiran 20. Visualisasi hasil uji tekan $Al_{80}Si_{20}$	61