

TUGAS AKHIR

KAJI EKSPERIMENT PENGARUH VARIASI TEMPERATUR AGING DAN WAKTU AGING PADA PROSES PERLAKUAN PANAS ALUMINIUM 2024 TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO



Disusun oleh:
RISQI FATONI
421304384
AMIRUL ANGGA FAHRUDIN
421304301

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2019

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

NAMA : RISQI FATONI
NBI : 421304384
PROGRAM STUDI : TEKNIK MESIN
FAKULTAS : TEKNIK
JUDUL : KAJI EKSPERIMENT PENGARUH VARIASI
TEMPERATUR AGING DAN WAKTU AGING
PADA PROSES PERLAKUAN PANAS
ALUMINIUM 2024 TERHADAP SIFAT
MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO

Mengetahui / Menyetujui
Dosen Pembimbing

Ir. Ichlas Wahid, M.T.
NPP. 20420900207

Dekan
Fakultas Teknik

Ketua Program Studi
Teknik Mesin

Dr. Ir. Sajiyo, M.Kes.
NPP. 20420900197

Ir. Ichlas Wahid, M.T.
NPP. 20420900207

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan Judul:
KAJI EKSPERIMENT PENGARUH VARIASI TEMPERATUR AGING DAN WAKTU AGING PADA PROSES PERLAKUAN PANAS ALUMINIUM 2024 TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO

yang dibuat untuk melengkapi persyaratan menjadi Sarjana Teknik Mesin pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan duplikasi dari Tugas Akhir yang sudah dipublikasikan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di lingkungan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya maupun di perguruan tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang bersumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 22 Juli 2019



Risqi Fatoni
421304384



LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : RISQI FATONI

Fakultas : TEKNIK

Program Studi : TEKNIK MESIN

Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi/Laporan Penelitian/Makalah

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya meyujui untuk memberikan kepada Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya **Hak Bebas Royalti Nonekslusif (Nonexclusive Royalty-Free Right)**, atas karya saya yang berjudul:

KAJI EKSPERIMENT PENGARUH VARIASI TEMPERATUR AGING DAN WAKTU AGING PADA PROSES PERLAKUAN PANAS ALUMINIUM 2024 TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO

Dengan **Hak Bebas Royalti Nonekslusif (Nonexclusive Royalty-Free Right)**, Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya berhak menyimpan, mengalihkan media atau memformatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, mempublikasikan karya ilmiah saya selama tetap tercantum.

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Pada Tanggal : 29 JULI 2019

Yang Menyatakan



(RISQI FATONI)

“MOTTO”

MENYESALI NASIB TIDAK AKAN
MENGUBAH KEADAANMU
TERUSLAH BERKARYA DAN
BEKERJALAH AKAN MEMBUAT
KITA BAHAGIA

ABSTRAK

KAJI EKSPERIMENT PENGARUH VARIASI TEMPERATUR AGING DAN WAKTU AGING PADA PROSES PERLAKUAN PANAS ALUMINIUM 2024 TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur aging 130⁰ C,160⁰C,190⁰C dengan waktu aging 40 menit,80 menit,120 menit.Setelah proses perlakuan panas dilakukan pengujian sifat mekanis meliputi uji kekerasan,uji tarik,dan struktur mikro.Dalam penelitian ini penulis menggunakan material aluminium 2024.

Dari hasil penelitian didapatkan hasil uji kekerasan tertinggi terletak pada aluminium 2024 tanpa perlakuan panas sebesar 82,4 HRB dan untuk hasil uji kekerasan terendah terletak pada aluminium 2024 setelah perlakuan panas dengan temperatur aging 190⁰C dan waktu tahan aging 120 menit sebesar 67,8 HRB.Untuk nilai tarik tertinggi terletak pada aluminium 2024 tanpa perlakuan panas sebesar 59,68 Kg/mm² dan nilai tarik terendah terletak pada aluminium 2024 setelah proses perlakuan panas dengan temperatur aging 190⁰C dan waktu tahan aging 120 menit sebesar 40,56 Kg/mm².Ukuran butir struktur mikro paling besar terletak pada aluminium 2024 setelah perlakuan panas dengan temperatur aging 190⁰C dengan waktu tahan 120 menit ukuran butir rata-rata sebesar 60,47 µm dan ukuran butir paling kecil terletak pada aluminium 2024 tanpa perlakuan panas ukuran butir rata-rata sebesar 42,2 µm.

Hasil penilitian menunjukkan bahwa aluminium 2024 dengan diberi proses perlakuan dengan variasi temperatur dan waktu aging dapat menurunkan sifat mekanis dan dapat merubah ukuran butir struktur mikro menjadi lebih besar pada aluminium 2024.

Kata kunci:*Perlakuan panas, sifat mekanis, struktur mikro,aluminium 2024.*

ABSTRACT

EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECT OF AGING TEMPERATURES AND AGING TIME VARIATIONS IN THE PROCESS OF ALUMINUM 2024 HEAT TREATMENT ON MECHANICAL PROPERTIES AND MICRO STRUCTURES

This study aims to determine the effect of variations in temperature aging 1300 °C, 1600°C, 1900C with an aging time of 40 minutes, 80 minutes, 120 minutes. After the heat treatment process testing the mechanical properties include hardness test, tensile test, and micro structure. In this study the authors using 2024 aluminum material.

The results showed that the highest hardness test was located on aluminum 2024 without heat treatment of 82.4 HRB and for the lowest hardness test results located on aluminum 2024 after heat treatment with an aging temperature of 190 °C and 120 minutes aging resistance time of 67.8 HRB For the highest tensile value lies 2024 aluminum without heat treatment of 59.68 Kg / mm² and the lowest tensile value is located on 2024 aluminum after the heat treatment process with a temperature aging of 1900C and an aging time of 120 minutes at 40.56 Kg / mm². the largest microstructure grain is located on aluminum 2024 after heat treatment with temperature aging 1900C with a hold time of 120 minutes grain size an average of 60.47 μm and the smallest grain size is located on aluminum 2024 without heat treatment average grain size of 42 , 2 μm.

The results of the research show that aluminum 2024 with the treatment process with variations in temperature and aging time can reduce mechanical properties and can change the grain size of microstructure to be greater on aluminum 2024.

Keywords: *Heat treatment, mechanical properties, microstructure, aluminum 2024.*

KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah kehadirat Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik sebagai syarat yang harus di penuhi mahasiswa Fakultas Teknik Mesin untuk menyelesaikan program studi Sarjana Teknik Mesin Strata 1 (S-1) di Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. Dengan arahan dan usaha dosen pembimbing maka penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini tepat pada waktunya

Dibalik keberhasilan penulis dalam menyusun skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak. Penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan, pengarahan serta motivasi dari berbagai pihak sehingga segala kendala dan kesulitan yang ada dapat teratasi. Untuk itu pada kesempatan yang berbahagia ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Kedua orang tua saya, beribu terima kasih yang sebesar-besarnya saya ucapan karena sudah merawat, menjaga, mendukung dan memotivasi serta bersabar dalam menghadapi saya dan terima kasih telah mendoakan saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir.Ichlas Wahid,MT selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan banyak waktunya untuk memberi bimbingan dan memberikan banyak ilmu yang bermanfaat bagi kami, sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan tepat waktu.
3. Bapak Ir. Ichlas Wahid, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang telah memberikan izin untuk penulisan Tugas Akhir ini.
4. Dosen Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, yang telah mendidik dan mengajarkan ilmu pengetahuan tentang perkuliahan jurusan mesin, dengan ilmu tersebut sangat bermanfaat atas terselesaiya laporan Tugas Akhir ini.

5. Bapak Dr. Ir. Sajiyo, M.Kes., selaku Dekan Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
6. Seluruh teman-teman Mahasiswa Teknik Mesin Untag surabaya yang telah banyak memberi support, semangat, bantuan, saran selama menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tetap kompak dan solid buat teman-teman Teknik Mesin Untag surabaya.
7. Masih banyak pihak-pihak lainnya yang juga berperan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang belum bisa saya sebutkan satu persatu.

Akhir kata dari penulis, besar harapan penulis semoga Proposal Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaaat bagi semua pihak yang memerlukan, walaupun penulis menyadari bahwa Proposal Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan.

Surabaya, 10 Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan	ii
Lembar Keaslian Tuugas Akhir.....	iii
Motto.....	iv
Abstrak.....	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar.....	viii
Daftar Tabel	ix

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	1
1.3. Batasan Masalah	1
1.4. Tujuan Penlitian	2
1.5. Sistematika Penulisan.....	2

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Aluminium	3
2.2. Sifat Mekanis	5
2.3. Perlakuan Panas.....	5
2.4. Uji Tarik.....	10
<i>2.4.1. Detail profil uji tarik dan sifat mekanik logam.</i>	12
2.5. Uji Kekerasan	14
<i>2.5.1. Uji Kekerasan Rockwell.</i>	15
2.6. Struktur Mikro	17
<i>2.6.1. Uji Metalografi.</i>	18
<i>2.6.2. Metode Perhitungan Besar Butir.</i>	20
<i>2.6.3. Alat Mikroskop</i>	21

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alur Penelitian (<i>Flowchart</i>)	23
3.2. Penjelasan Diagram Alur Penelitian.....	25
<i>3.2.1. Start.....</i>	25
<i>3.2.2. Permasalahan</i>	25
3.3. Persiapan Alat dan Bahan	25
3.4. Proses Perlakuan panas	27
3.5. Pengujian Kekerasan.....	27

3.6. Pengujian Tarik	28
3.7. Uji Struktur Mikro	30
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1. Uji Kekerasan	31
4.2. Data Hasil Pengujian <i>Rockwell B</i>	31
4.3. Analisa Data Uji Kekerasan	40
4.4. Data Hasil Pengujian Tarik	42
4.5. Analisa Data Uji Tarik.....	70
4.6. Data Hasil Uji Struktur Mikro	74
4.7. Analisa Struktur Mikro Besar Butir	78
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	91
DAFTAR PUSTAKA	93
LAMPIRAN	95

DAFTAR GAMBAR

2.1.	Siklus Perlakuan Panas	6
2.2.	Diagram Fasa Perubahan Mikrostruktur Paduan Al-Cu.....	9
2.3.	Gambaran Uji Tarik	10
2.4.	Kurva Tegangan Regangan	11
2.5.	Spesimen Uji Tarik (ASTM E8/E8M).....	12
2.6.	Profil Data Hasil Uji Tarik	12
2.7.	Penentuan Tegangan Luluh (<i>yield stress</i>) Untuk Kurva Tanpa Daerah Linier	14
2.8.	Langkah-Langkah Penekanan Metode <i>Rockwell</i>	15
2.9.	Bentuk Indentor <i>Rockwell</i> (a) Dari Samping (b) DarI Atas.....	16
2.10.	Spesimen, Ukuran dan Bentuk Obyek Pembesaran.....	18
2.11.	Pengaruh <i>Etsa</i> Terhadap Permukaan Spesimen	19
2.12.	Alat Mikroskop Merk <i>Axiolab</i>	21
3.1.	Diagram Alur Penelitian	24
3.2.	Aluminium 2024	25
3.3.	Alat Pengujian Kekerasan <i>Rockwell</i>	28
3.4.	Spesimen Uji Tarik ASTM E8/E8 M.....	28
3.5.	Proses Uji Tarik ASTM E8	29
3.6.	Spesimen Uji Setelah Pengujian Tarik	29
4.1.	Pengambilan data uji kekerasan.....	31
4.2.	Grafik Hasil Uji Kekerasan Aluminium 2024 Diurutkan Sesuai Dengan Variasi Suhu Temperatur <i>Aging</i>	40
4.3.	Grafik Hasil Uji Kekerasan Aluminium 2024 Diurutkan Sesuai Dengan Variasi Waktu tahan <i>Aging</i>	41
4.4.	Data Hasil Uji Tarik Aluminium 2024 Tanpa Perlakuan Panas.	42
4.5.	Grafik Tegangan Regangan Aluminium 2024 Tanpa Perlakuan Panas.....	44
4.6.	Grafik Hasil Uji Tarik Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 130°C Dan Waktu Tahan 40 Menit.....	44
4.7.	Grafik Tegangan Regangan Temperatur <i>Aging</i> 130°C Waktu Tahan 40 Menit	46
4.8.	Grafik Hasil Uji Tarik Aluminium 2024 Dengan Temperatur <i>Aging</i> 130°C Dan Waktu Tahan 80 Menit	47
4.9.	Grafik Tegangan Regangan Aluminium 2024 Dengan Temperatur <i>Aging</i> 130°C Dan Waktu Tahan 80 Menit.....	49
4.10.	Grafik Hasil Uji Tarik Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 130°C Dan Waktu Tahan 120 Menit	49
4.11.	Grafik Tegangan Regangan Aluminium 2024 dengan Temperatur <i>aging</i> 130°C Dan Waktu Tahan 120 Menit.	51
4.12.	Grafik Hasil Uji Tarik Aluminium 2024 Dengan Temperatur <i>Aging</i> 160°C Dan Waktu Tahan 40 menit	52

4.13. Grafik Tegangan Regangan Aluminium 2024 Dengan Temperatur <i>Aging</i> 160 ⁰ C Dan Waktu Tahan 40 Menit.....	54
4.14. Grafik Hasil Uji Tarik Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 160 ⁰ C Dan Waktu Tahan 80 Menit.	55
4.15. Grafik Tegangan Regangan Aluminium 2024 Dengan Temperatur <i>Aging</i> 160 ⁰ C Dan Waktu Tahan 80 Menit	57
4.16. Grafik Hasil Uji Tarik Aluminium 2024 Dengan Temperatur <i>Aging</i> 160 ⁰ C Dan Waktu Tahan 120 Menit.....	58
4.17. Grafik Tegangan Regangan Aluminium 2024 Dengan Temperatur <i>Aging</i> 160 ⁰ C Dan Waktu Tahan 120 Menit	60
4.18. Grafik Hasil Uji Tarik Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 190 ⁰ C Dan Waktu Tahan 40 Menit	60
4.19. Grafik Tegangan Regangan Aluminium 2024 Dengan Temperatur <i>Aging</i> 190 ⁰ C Dan Waktu Tahan 40 Menit	62
4.20. Grafik Hasil Uji Tarik Aluminium 2024 Dengan Temperatur <i>Aging</i> 190 ⁰ C Dan Waktu Tahan 80 Menit.....	63
4.21. Grafik Tegangan Regangan Aluminium 2024 Dengan Temperatur <i>Aging</i> 190 ⁰ C Dan Waktu Tahan 80 Menit	65
4.22. Grafik hHasil Uji Tarik Aluminium 2024 Dengan Temperatur <i>Aging</i> 190 ⁰ C Dan Waktu Tahan 120 Menit	66
4.23. Grafik Tegangan Regangan Aluminium 2024 Dengan Temperatur <i>Aging</i> 190 ⁰ C Dan Waktu Tahan 120 Menit.....	68
4.24. Grafik Tegangan Dan Regangan Uji Tarik Aluminium 2024 Dengan Temperatur <i>Aging</i> 130 ⁰ C Dan Variasi Waktu Tahan <i>Aging</i>	70
4.25. Grafik Tegangan Dan Regangan Uji Tarik Aluminium 2024 Dengan Temperatur <i>Aging</i> 160 ⁰ C Dengan Variasi Waktu Tahan <i>Aging</i>	71
4.26. Grafik Tegangan Dan Regangan Uji Tarik Aluminium 2024 Dengan Temperatur <i>Aging</i> 190 ⁰ C Dengan Variasi Waktu Tahan.....	72
4.27. Grafik Tegangan Dan Regangan Uji Tarik Aluminium 2024 Dengan Semua Variasi Temperatur Dan Waktu <i>Aging</i>	74
4.28. Struktur Mikro Aluminium 2024 Tanpa Perlakuan Panas	74
4.29. Struktur Mikro Aluminium 2024 Dengan Temperatur <i>Aging</i> 130 ⁰ C Dan Waktu Tahan 40 Menit.....	75
4.30. Struktur Mikro Aluminium 2024 Dengan Temperatur <i>Aging</i> 130 ⁰ C Dan Waktu Tahan 80 Menit	75
4.31. Struktur Mikro Aluminium 2024 Dengan Temperatur <i>Aging</i> 130 ⁰ C Dan Waktu Tahan 120 Menit.....	75
4.32. Struktur Mikro Aluminium 2024 Dengan Temperatur <i>Aging</i> 160 ⁰ C Dan Waktu Tahan 40 Menit.....	76
4.33. Struktur Mikro Aluminium 2024 Dengan Temperatur <i>Aging</i> 160 ⁰ C Dan Waktu Tahan 80 Menit	76
4.34. Struktur Mikro Aluminium 2024 Dengan Temperatur <i>Aging</i> 160 ⁰ C Dan Waktu Tahan 120 Menit.....	76

4.35. Struktur Mikro Aluminium 2024 Dengan Temperatur Aging 190 ⁰ C Dan Waktu Tahan 40 Menit.....	77
4.36. Struktur Mikro Aluminium 2024 Dengan Temperatur Aging 160 ⁰ C Dan Waktu Tahan 80 Menit	77
4.37. Struktur Mikro Aluminium 2024 Dengan Temperatur Aging 160 ⁰ C Dan Waktu Tahan 120 Menit.....	77
4.38. Analisa Besar Butir Aluminium 2024 Tanpa Perlakuan Panas.....	78
4.39. Analisa Besar Butir Aluminium 2024 Dengan Temperatur Aging 130 ⁰ C Dan Waktu Tahan 40 Menit	79
4.40. Analisa Besar Butir Aluminium 2024 Dengan Temperatur Aging 130 ⁰ C Dan Waktu Tahan 80 Menit	80
4.41. Analisa Besar Butir Aluminium 2024 Dengan Temperatur Aging 130 ⁰ C Dan Waktu Tahan 120 Menit.....	81
4.42. Analisa Besar Butir Aluminium 2024 Dengan Temperatur Aging 160 ⁰ C Dan Waktu Tahan 40 Menit	82
4.43. Analisa Besar Butir Aluminium 2024 Dengan Temperatur Aging 160 ⁰ C Dan Waktu Tahan 80 Menit	83
4.44. Analisa Besar Butir Aluminium 2024 Dengan Temperatur Aging 160 ⁰ C Dan Waktu Tahan 120 Menit.....	84
4.45. Analisa Besar Butir Aluminium 2024 Dengan Temperatur Aging 190 ⁰ C Dan Waktu Tahan 40 Menit.....	85
4.46. Analisa Besar Butir Aluminium 2024 Dengan Temperatur Aging 190 ⁰ C Dan Waktu Tahan 80 Menit	86
4.47. Analisa Besar Butir Aluminium 2024 Dengan Temperatur Aging 190 ⁰ C Dan Waktu Tahan 120 Menit.....	87
4.48. Ukuran Butir Struktur Mikro Aluminium 2024 Sebelum Dan Sesudah Perlakuan Panas.....	89

DAFTAR TABEL

2.1.	Contoh alumunium dan paduanya(JISH4000~H4180).....	4
2.2.	<i>Rockwell Hardened Scale</i>	16
2.3.	Pengali Jefferies	20
2.4.	Pengukuran besar butir ASTM E112	21
3.1.	Dimensi <i>subsize</i> specimen uji tarik ASTM E8/E8.....	29
4.1.	Hasil Uji Kekerasan Aluminium 2024 Tanpa Perlakuan Panas.....	31
4.2.	Hasil Uji Kekerasan Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 130 ⁰ C Dan Waktu Tahan 40 Menit	32
4.3.	Hasil Uji Kekerasan Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 130 ⁰ C Dan Waktu Tahan 80 Menit	33
4.4.	Hasil Uji Kekerasan Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 130 ⁰ C Dan Waktu Tahan 120 Menit	34
4.5.	Hasil Uji Kekerasan Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 160 ⁰ C Dan Waktu Tahan 40 Menit.....	35
4.6.	Hasil Uji Kekerasan Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 160 ⁰ C Dan Waktu Tahan 80 Menit	36
4.7.	Hasil Uji Kekerasan Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 160 ⁰ C Dan Waktu Tahan 120 Menit	37
4.8.	Hasil Uji Kekerasan Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 190 ⁰ C Dan Waktu Tahan 40 Menit.....	37
4.9.	Hasil Uji Kekerasan Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 190 ⁰ C Dan Waktu Tahan 80 Menit	38
4.10.	Hasil Uji Kekerasan Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 190 ⁰ C Dan Waktu Tahan 120 Menit	39
4.11.	Hasil Kekerasan Rata-Rata Aluminium 2024.....	40
4.12.	Data Hasil Uji Tarik Aluminium 2024 Tanpa Perlakuan Panas.....	42
4.13.	Tegangan Regangan Teknik Aluminium 2024 Tanpa Perlakuan Panas	43
4.14.	Data Hasil Uji Tarik Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 130 ⁰ C Dan Waktu Tahan 40 Menit	45
4.15.	Tegangan Regangan Teknik Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 130 ⁰ C Dan Waktu Tahan 40 Menit.....	46
4.16.	Data Hasil Uji Tarik Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 130 ⁰ C Dan Waktu Tahan 80 Menit.	47
4.17.	Tegangan Regangan t <small>\Gamma</small> Teknik Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 130 ⁰ C Dan Waktu Tahan 80 Menit	48
4.18.	Data Hasil Uji Tarik Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 130 ⁰ C Dan Waktu Tahan 120 Menit	50

4.19. Tegangan Regangan Teknik Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 130°C Dan Waktu Tahan 120 Menit.....	51
4.20. Data Hasil Uji Tarik Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 160°C Dan Waktu Tahan 40 Menit.	52
4.21. Tegangan Regangan Teknik Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 160°C Dan Waktu Tahan 40 Menit	54
4.22. Data Hasil Uji Tarik Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 160°C Dan Waktu Tahan 80 Menit.....	55
4.23. Tegangan Regangan Teknik Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 160°C Dan Waktu Tahan 80 Menit	57
4.24. Data Hasil Uji Tarik Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 160°C Dan Waktu Tahan 120 Menit	58
4.25. Tegangan Regangan Teknik Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 160°C Dan Waktu Tahan 120 Menit.....	59
4.26. Data Hasil Uji Tarik Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 190°C Dan Waktu Tahan 40 Menit	60
4.27. Tegangan Regangan Teknik Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 190°C Dan Waktu Tahan 40 Menit.....	62
4.28. Data Hasil Uji Tarik Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 190°C Dan Waktu Tahan 80 Menit.....	63
4.29. Tegangan Regangan Teknik Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 190°C Dan Waktu Tahan 80 Menit	65
4.30. Data Hasil Uji Tarik Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 190°C Dan Waktu Tahan 120 Menit.	66
4.31. Tegangan Regangan Teknik Aluminium 2024 Temperatur <i>Aging</i> 190°C Dan Waktu Tahan 120 Menit.....	68
4.32. Hasil Pengujian Tarik Aluminium 2024 Sebelum Perlakuan Panas	69
4.33. Hasil Pengujian Tarik Aluminium 2024 Sesudah Perlakuan Panas.....	69
4.34. Hasil Pengujian Tarik Aluminium 2024 Dengan Temperatur <i>Aging</i> 130°C Dengan Variasi Waktu <i>Aging</i>	70
4.35. Hasil Pengujian Tarik Aluminium 2024 Dengan Temeperatur <i>Aging</i> 160°C Dengan Variasi Waktu <i>Aging</i>	71
4.36. Hasil Pengujian Tarik Aluminium 2024 Dengan Temperatur <i>Aging</i> 190°C Dengan Variasi Waktu <i>Aging</i>	72
4.37. Hasil Pengujian Tarik Aluminium 2024 Dengan Semua Variasi Temperatur Dan Waktu <i>Aging</i>	73
4.38. Hasil Analisa Ukuran Butir Struktur Mikro Aluminium 2024 Sebelum Dan Sesudah Perlakuan Panas	88