

TUGAS AKHIR

**KAJI EKSPERIMEN PENGARUH VARIASI KETEBALAN
DAN WAKTU PENUAAN PADA PROSES PERLAKUAN
PANAS T6 TERHADAP KESTABILAN DIMENSI
MATERIAL AL 6061**



Disusun Oleh :

YOHANES HENRY GUNAWAN
1422000044

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

2025

TUGAS AKHIR

KAJI EKSPERIMEN PENGARUH VARIASI KETEBALAN DAN WAKTU PENUAAN PADA PROSES PERLAKUAN PANAS T6 TERHADAP KESTABILAN DIMENSI MATERIAL AL 6061



Disusun oleh:
YOHANES HENRY GUNAWAN
1422000044

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2025**

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

NAMA : YOHANES HENRY GUNAWAN
NBI : 1422000044
PROGRAM STUDI : TEKNIK MESIN
FAKULTAS : TEKNIK
JUDUL : KAJI EKSPERIMEN PENGARUH VARIASI
KETEBALAN DAN WAKTU PENUAAN PADA
PROSES PERLAKUAN PANAS T6 TERHADAP
KESTABILAN DIMENSI MATERIAL Al 6061

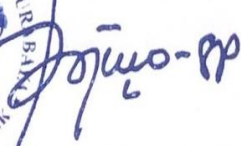
Mengetahui / Menyetujui
Dosen Pembimbing



Harjo Seputro, ST., MT
NPP. 20420960471



Dekan
Fakultas Teknik



Dr. Ir. Saipyo, ST., M.Kes., IPU., ASEAN Eng.
NPP. 20410900197

Ketua Program Studi
Teknik Mesin



Edi Santoso, S.T., M.T
NPP. 20420960485

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan Judul: **KAJI EKSPERIMEN PENGARUH VARIASI KETEBALAN DAN WAKTU PENUAAN PADA PROSES PERLAKUAN PANAS T6 TERHADAP KESTABILAN DIMENSI MATERIAL Al 6061** 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, 8 Januari 2025



Yohanes Henry Gunawan



UNIVERSITAS
17 AGUSTUS 1945
SURABAYA

BADAN PERPUSTAKAAN
Jl. SEMOLOWARU 45 SURABAYA
TELP. 031 593 1800 (Ext. 311)
e-mail : perpus@untag-sby.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai Civitas Akademik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yohanes Henry Gunawan
NBI/ NPM : 1422000044
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin
Jenis Karya : Skripsi/ ~~Tesis/ Disertasi/ Laporan Penelitian/Praktek*~~

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

**Kaji Eksperimen Pengaruh Variasi Ketebalan dan Waktu Penuaan pada
Proses Perlakuan Panas T6 terhadap Kestabilan Dimensi Material Al
6061**

Dengan **Hak Bebas Royalti Noneklusif (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 : 18 Desember 2024

Yang Menyatakan,



(Yohanes Henry Gunawan)

*Coret yang tidak perlu

LEMBAR PERSEMBAHAN

PERSEMBAHAN:

Saya ucapkan terimakasih kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, petunjuk, dan kemudahan yang diberikan kepada saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Dengan penuh rasa syukur, saya persembahkan tugas akhir ini kepada keluarga terutama untuk kedua orang tua saya yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dan dukungan tanpa henti, serta menjadi sumber kekuatan saya untuk terus berusaha dan berkembang. Dan juga kepada dosen pembimbing Bapak Harjo Seputro, ST., MT yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi yang luar biasa selama proses penyusunan tugas akhir ini. Serta kepada teman-teman dan sahabat saya terutama kepada septa vandy putra yang selalu memberikan semangat, berbagi ilmu, dan menciptakan suasana yang mendukung selama pelajaran akademik yang saya tempuh selama ini.

KATA-KATA MUTIARA:

“SERAHKANLAH HIDUPMU KEPADA TUHAN, DAN PERCAYALAH
KEPADA-NYA, DAN IA AKAN BERTINDAK”

Mazmur 37 : 5

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul “**Kaji Eksperimen Pengaruh Variasi Ketebalan dan Waktu Penuaan Pada Proses Perlakuan Panas T6 Terhadap Tegangan Sisa Material Komposit Al 6061 dengan Penguat Abu Terbang Batu Bara**” ini dengan baik. Maksud dan tujuan dari menyusun Proposal Tugas Akhir ini adalah sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi mahasiswa Fakultas Teknik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Starta 1 di Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis tak lepas dari pihak-pihak yang telah membantu dari awal hingga proposal tugas akhir dapat terselesaikan dengan baik. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

1. Kedua Orang Tua Saya yang selalu memberikan bantuan materil maupun non materil, mendoakan memberikan semangat dan dorongan sampai detik ini.
2. Bapak Harjo Seputro, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang membantu dalam penyusunan laporan ini.
3. Bapak Edi Santoso, ST., MT. selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
4. Seluruh Bapak/Ibu dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis selama mengikuti kegiatan kuliah.
5. Seluruh teman-teman Mahasiswa Teknik Mesin Untag Surabaya yang telah banyak memberi support, semangat, bantuan, saran selama menyelesaikan Tugas Akhir ini.

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

Surabaya, Desember 2024

Yohanes Henry Gunawan
NBI. 1422000044

ABSTRAK

KAJI EKSPERIMEN PENGARUH VARIASI KETEBALAN DAN WAKTU PENUAAN PADA PROSES PERLAKUAN PANAS T6 TERHADAP KESTABILAN DIMENSI MATERIAL ALUMINIUM 6061

Tegangan sisa merupakan salah satu faktor utaman yang dapat mempengaruhi suatu sifat mekanik metrial seperti, kekuatan material, plastis, dan integrasi permukaan. Selama pembuatan bahan, bahan itu sendiri dapat berubah bentuk secara tidak seragam karna terdapat pengaruh eksternal seperti, deformasi mekanis yang tidak merata, perubahan suhu, dan perubahan fase yang dapat menghasilkan ketidakstabilan dimensi. Dalam penelitian ini terdapat tujuan antara lain dapat menganalisis pengaruh variasi waktu penuaan dan ketebalan spesimen pada proses perlakuan panas T6 terhadap kestabilan dimensi material Aluminium 6061. Dalam metode penelitian ini material yang digunakan seperti Aluminium paduan 6061. Setelah itu dilakukan proses Permesinan dengan metode pemotongan dan penyekrapan dengan variasi ketebalan 2, 4, dan 6 mm. Variasi pada perlakuan panas T6 pada saat waktu penuaan dengan waktu 1 jam, 3 jam, dan 5 jam. Penelitian material aluminium 6061 masih belum banyak dilakukan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian material aluminium 6061 yang divariasikan pada ketebalan spesisem dan waktu penuaan pada perlakuan panas T6 terhadap kestabilan dimensi.

Kata kunci : aluminium 6061, CMM, kestabilan dimensi, T6

ABSTRACT

STUDY THE EFFECT OF THICKNESS VARIATION EXPERIMENT AND THE AGING TIME OF THE T6 HEAT TREATMENT PROCESS AGAINST THE DIMENSIONAL STABILITY OF 6061 ALUMINUM MATERIAL

Residual stress is one of the main factors that can affect the mechanical properties of a material such as material strength, plasticity, and surface integration. During the manufacture of materials, the material itself can change shape non-uniformly due to external influences such as uneven mechanical deformation, temperature changes, and phase changes that can result in dimensional instability. In this study, there are objectives, among others, to analyze the effect of variations in aging time and specimen thickness in the T6 heat treatment process on the dimensional stability of Aluminum 6061 material. In this research method, the material used is Aluminum alloy 6061. After that, the Machining process was carried out with the cutting and scraping method with variations in thickness of 2, 4, and 6 mm. Variations in T6 heat treatment at the time of aging with a time of 1 hour, 3 hours, and 5 hours. Research on aluminum 6061 material has not been widely carried out. Therefore, research is needed on aluminum 6061 material which is varied in specimen thickness and aging time in T6 heat treatment on dimensional stability.

Keywords : aluminium 6061, CMM, dimensional stability, T6

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xviii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Coordinate Measuring Machine (CMM).....	5
2.2 Tegangan Sisa	5
2.2.1 Definisi Terjadinya Tegangan Sisa	5
2.2.2 Pengaruh Perlakuan Panas T6 Terhadap Tegangan Sisa.....	6
2.3 Bahan.....	7
2.3.1 Aluminium 6061	7
2.4 Perlakuan Panas T6	7
2.4.1 Solution Heat Treatment	8
2.4.2 Quenching	8
2.4.3 Artificial aging	8

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Rencana Penelitian	9
3.2 Diagram Alir Penelitian	9
3.3 Penjelasan Diagram Alir Penelitian	11

3.3.1 Persiapan Alat dan Bahan	11
3.3.1.1 Alat dan Bahan Proses Permesinan Untuk Membuat Spesimen Uji CMM.....	11
3.3.2 Proses Permesinan Membuat Spesimen Uji CMM	12
3.3.3 Pengujian Kestabilan Dimensi dengan Metode CMM.....	14
3.3.4 Proses Perlakuan Panas T6.....	14
3.3.5 Pengujian Kestabilan Dimensi dengan Metode CMM.....	15

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Posisi Titik Koordinat yang Diamati.....	17
4.1.1 Bentuk 3D spesimen.....	17
4.1.2 Pengamatan Titik Koordinat Tampak Atas	18
4.1.3 Pengamatan Titik Koordinat Tampak Bawah	19
4.2 Hasil Pengujian	19
4.2.1 Perbandingan Koordinat Sebelum dan Sesudah Perlakuan panas T6	19
4.2.1.1 Pengamatan Spesimen Ketebalan 2mm dan Waktu Penuaan 1 Jam	19
4.2.1.2 Pengamatan Spesimen Ketebalan 4mm dan Waktu Penuaan 1 Jam	29
4.2.1.3 Pengamatan Spesimen Ketebalan 6mm dan Waktu Penuaan 1 Jam	39
4.2.1.4 Pengamatan Spesimen Ketebalan 2mm dan Waktu Penuaan 3 Jam	49
4.2.1.5 Pengamatan Spesimen Ketebalan 4mm dan Waktu Penuaan 3 Jam	59
4.2.1.6 Pengamatan Spesimen Ketebalan 6mm dan Waktu Penuaan 3 Jam	69
4.2.1.7 Pengamatan Spesimen Ketebalan 2mm dan Waktu Penuaan 5 Jam	79
4.2.1.8 Pengamatan Spesimen Ketebalan 4mm dan Waktu Penuaan 5 Jam	89
4.2.1.9 Pengamatan Spesimen Ketebalan 6mm dan Waktu Penuaan 5 Jam	99
4.2.2 Perhitungan Kemiringan Garis.....	109
4.2.2.1 Spesimen Ketebalan 2mm dan Waktu penuaan 1 Jam.....	109
4.2.2.2 Spesimen Ketebalan 4mm dan Waktu penuaan 1 Jam.....	112
4.2.2.3 Spesimen Ketebalan 6mm dan Waktu penuaan 1 Jam.....	116
4.2.2.4 Spesimen Ketebalan 2mm dan Waktu penuaan 3 Jam.....	120

4.2.2.5 Spesimen Ketebalan 4mm dan Waktu penuaan 3 Jam	124
4.2.2.6 Spesimen Ketebalan 6mm dan Waktu penuaan 3 Jam	127
4.2.2.7 Spesimen Ketebalan 2mm dan Waktu penuaan 5 Jam	131
4.2.2.8 Spesimen Ketebalan 4mm dan Waktu penuaan 5 Jam	135
4.2.2.9 Spesimen Ketebalan 6mm dan Waktu penuaan 5 Jam	138
4.2.3 Hasil Perhitungan Kemiringan Garis	142
4.3 Analisa Data	143
4.3.1 Pengaruh Variasi Ketebalan Terhadap Kestabilan Dimensi	143
4.3.2 Pengaruh Waktu Penuaan Terhadap Kestabilan Dimensi	147
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	151
5.2 Saran.....	151
DAFTAR PUSTAKA	153
LAMPIRAN.....	155

DAFTAR GAMBAR

3.1	Diagram Alir Penelitian	10
3.2	Bentuk dan Dimensi Spesimen Uji CMM (a) Ketebalan 2mm, (b) Ketebalan 4mm, (c) Ketebalan 6mm.....	14
3.3	Siklus Perlakuan Panas T6.....	14
4.1	Bentuk 3D spesimen (a) ketebalan 2mm, (b) ketebalan 4mm, (c) ketebalan 6mm	18
4.2	Posisi titik Koordinat Tampak Atas	18
4.3	Posisi Titik Koordinat Tampak Bawah.....	19
4.4	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X	22
4.5	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y	23
4.6	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z	23
4.7	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X	27
4.8	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y	28
4.9	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z	28
4.10	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X	32
4.11	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y	32
4.12	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z	33
4.13	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.....	37
4.14	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y.....	38
4.15	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z.....	38
4.16	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.....	42

4.17 Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y	42
4.18 Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z	43
4.19 Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.....	47
4.20 Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y	48
4.21 Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z	48
4.22 Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.....	52
4.23 Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y	52
4.24 Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z	53
4.25 Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.....	57
4.26 Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y	58
4.27 Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z	58
4.28 Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.....	62
4.29 Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y	62
4.30 Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z	63
4.31 Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.....	67
4.32 Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y	51
4.33 Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z	67
4.34 Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.....	68
4.35 Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y	68

4.36	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z	72
4.37	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.....	72
4.38	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y	73
4.39	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z	77
4.40	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.....	78
4.41	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y.....	78
4.42	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z	82
4.43	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.....	82
4.44	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y	83
4.45	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z	87
4.46	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.....	88
4.47	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y	88
4.48	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z	92
4.49	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.....	92
4.50	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y.....	93
4.51	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z	97
4.52	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.....	102
4.53	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y	102
4.54	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z	103

4.55	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.....	107
4.56	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y.....	108
4.57	Pola Pergeseran Titik Koordinat Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z.....	108
4.58	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.	109
4.59	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y.	110
4.60	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z.	110
4.61	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.	111
4.62	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y.	111
4.63	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.	112
4.64	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y.	113
4.65	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z.	114
4.66	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.	114
4.67	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y.	115
4.68	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z.	116
4.69	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.	116
4.70	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y.	117
4.71	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z.	117
4.72	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.	118
4.73	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y.	119
4.74	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z.	119
4.75	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.	120
4.76	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y.	121
4.77	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z.	121
4.78	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.	122
4.79	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y.	122
4.80	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z.	123
4.81	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.	124
4.82	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y.	124
4.83	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z.	124
4.84	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.	126
4.85	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y.	126
4.86	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z.	127
4.87	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.	128
4.88	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y.	128
4.89	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z.	129

4.90	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.	129
4.91	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y.	130
4.92	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z.	130
4.93	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.	131
4.94	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y.	132
4.95	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z.	132
4.96	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.	133
4.97	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y.	134
4.98	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z.	134
4.99	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.	135
4.100	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y.	135
4.101	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z.	136
4.102	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.	137
4.103	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y.	137
4.104	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z.	138
4.105	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.	139
4.106	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y.	139
4.107	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Z.	140
4.108	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.	140
4.109	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu Y.	141
4.110	Selisih Kemiringan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Sumbu X.	142
4.111	Grafik Pengaruh Ketebalan Terhadap Kestabilan Dimensi Tampak Atas Sumbu X.....	143
4.112	Grafik Pengaruh Ketebalan Terhadap Kestabilan Dimensi Tampak Bawah sumbu X.....	143
4.113	Grafik Pengaruh Ketebalan Terhadap Kestabilan Dimensi Tampak Atas sumbu Y.....	144
4.114	Grafik Pengaruh Ketebalan Terhadap Kestabilan Dimensi Tampak Bawah sumbu Y.....	144
4.115	Grafik Pengaruh Ketebalan Terhadap Kestabilan Dimensi Tampak Atas sumbu Z.....	145
4.116	Grafik Pengaruh Ketebalan Terhadap Kestabilan Dimensi Tampak Bawah sumbu Z.....	145
4.117	Grafik Pengaruh Waktu Penuaan Terhadap Kestabilan Dimensi Tampak Atas Sumbu X.....	147
4.118	Grafik Pengaruh Waktu Penuaan Terhadap Kestabilan Dimensi Tampak Bawah Sumbu X.....	147

4.119 Grafik Pengaruh Waktu Penuaan Terhadap Kestabilan Dimensi Tampak Atas Sumbu Y.....	148
4.120 Grafik Pengaruh Waktu Penuaan Terhadap Kestabilan Dimensi Tampak Bawah Sumbu Y	148
4.121 Grafik Pengaruh Waktu Penuaan Terhadap Kestabilan Dimensi Tampak Atas Sumbu Z.....	149
4.122 Grafik Pengaruh Waktu Penuaan Terhadap Kestabilan Dimensi Tampak Bawah Sumbu Z.....	149

DAFTAR TABEL

3.1	Alat untuk proses permesinan membuat spesimen uji	11
3.2	Bahan untuk proses permesinan membuat spesimen uji	12
4.1	Kedudukan Titik Koordinat Tampak Atas Ketebalan 2mm dan Waktu Penuaan 1 Jam	19
4.2	Presentase Titik Koordinat yang Berubah Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Ketebalan 2mm Tampak Atas	22
4.3	Kedudukan Titik Koordinat Tampak Bawah Ketebalan 2mm dan Waktu Penuaan 1 Jam	24
4.4	Presentase Titik Koordinat yang Berubah Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas T6 Ketebalan 2mm Tampak Bawah	27
4.5	Kedudukan Titik Koordinat Tampak Atas Ketebalan 4mm dan Waktu Penuaan 1 Jam	29
4.6	Presentase Titik Koordinat yang Berubah Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan T6 Ketebalan 4mm Tampak Atas	31
4.7	Kedudukan Titik Koordinat Tampak Bawah Ketebalan 4mm dan Waktu Penuaan 1 Jam	34
4.8	Presentase Titik Koordinat yang Berubah Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan T6 Ketebalan 4mm Tampak Bawah	37
4.9	Kedudukan Titik Koordinat Tampak Atas Ketebalan 6mm dan Waktu Penuaan 1 Jam	39
4.10	Presentase Titik Koordinat yang Berubah Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan T6 Ketebalan 6mm Tampak Atas	41
4.11	Kedudukan Titik Koordinat Tampak Bawah Ketebalan 6mm dan Waktu Penuaan 1 Jam	44
4.12	Presentase Titik Koordinat yang Berubah Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan T6 Ketebalan 6mm Tampak Bawah	47
4.13	Kedudukan Titik Koordinat Tampak Atas Ketebalan 2mm dan Waktu Penuaan 3 Jam	49
4.14	Presentase Titik Koordinat yang Berubah Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan T6 Ketebalan 2mm Tampak Atas	51
4.15	Kedudukan Titik Koordinat Tampak Bawah Ketebalan 2mm dan Waktu Penuaan 3 Jam	54
4.16	Presentase Titik Koordinat yang Berubah Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan T6 Ketebalan 2mm Tampak Bawah	57

4.17 Kedudukan Titik Koordinat Tampak Atas Ketebalan 4mm dan Waktu Penuaan 3 Jam.....	59
4.18 Presentase Titik Koordinat yang Berubah Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan T6 Ketebalan 4mm Tampak Atas.....	61
4.19 Kedudukan Titik Koordinat Tampak Bawah Ketebalan 4mm dan Waktu Penuaan 3 Jam.....	64
4.20 Presentase Titik Koordinat yang Berubah Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan T6 Ketebalan 4mm Tampak Bawah.....	67
4.21 Kedudukan Titik Koordinat Tampak Atas Ketebalan 6mm dan Waktu Penuaan 3 Jam.....	69
4.22 Presentase Titik Koordinat yang Berubah Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan T6 Ketebalan 6mm Tampak Atas.....	71
4.23 Kedudukan Titik Koordinat Tampak Bawah Ketebalan 6mm dan Waktu Penuaan 3 Jam.....	74
4.24 Presentase Titik Koordinat yang Berubah Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan T6 Ketebalan 6mm Tampak Bawah.....	77
4.25 Kedudukan Titik Koordinat Tampak Atas Ketebalan 2mm dan Waktu Penuaan 5 Jam.....	79
4.26 Presentase Titik Koordinat yang Berubah Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan T6 Ketebalan 2mm Tampak Atas.....	81
4.27 Kedudukan Titik Koordinat Tampak Bawah Ketebalan 2mm dan Waktu Penuaan 5 Jam.....	84
4.28 Presentase Titik Koordinat yang Berubah Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan T6 Ketebalan 2mm Tampak Bawah.....	87
4.29 Kedudukan Titik Koordinat Tampak Atas Ketebalan 4mm dan Waktu Penuaan 5 Jam.....	89
4.30 Presentase Titik Koordinat yang Berubah Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan T6 Ketebalan 4mm Tampak Atas.....	91
4.31 Kedudukan Titik Koordinat Tampak Bawah Ketebalan 4mm dan Waktu Penuaan 5 Jam.....	94
4.32 Presentase Titik Koordinat yang Berubah Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan T6 Ketebalan 4mm Tampak Bawah.....	97
4.33 Kedudukan Titik Koordinat Tampak Atas Ketebalan 6mm dan Waktu Penuaan 5 Jam.....	99
4.34 Presentase Titik Koordinat yang Berubah Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan T6 Ketebalan 6mm Tampak Atas.....	101
4.35 Kedudukan Titik Koordinat Tampak Bawah Ketebalan 6mm dan Waktu Penuaan 5 Jam.....	104

4.36	Presentase Titik Koordinat yang Berubah Antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan T6 Ketebalan 6mm Tampak Bawah.....	107
4.37	Hasil Perhitungan Data Spesimen Variasi Ketebalan dan Waktu Penuaan	142