



**ANALISA *HEAT TRANSFER* PADA ALUMINIUM 7075
DENGAN MENGGUNAKAN *ELECTRIC OVEN FURNACE***

PROYEK AKHIR

**ANANDA RIZKY WAHYUDI
40040218650026**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG
MEI 2025**



**ANALISA *HEAT TRANSFER* PADA ALUMINIUM 7075
DENGAN MENGGUNAKAN *ELECTRIC OVEN FURNACE***

PROYEK AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan**

**ANANDA RIZKY WAHYUDI
40040218650026**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG
MEI 2025**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Proyek Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, dan
semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Ananda Rizky Wahyudi

Nim : 40040218650026

Tanda Tangan : 

Tanggal : 30 Juni 2025

SURAT TUGAS PROYEK AKHIR



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
PROGRAM STUDI

Jalan Prof. Sudarto, S.H. Tambora Semarang
Kode Pos 50275
Telp/Fax (024) 7471379
Laman www.vokasi.undip.ac.id
e-mail vokasi@live.undip.ac.id

SURAT TUGAS PROYEK AKHIR

No. 42/PA/RPM/X/2024

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut:

Nama : Ananda Rizky Wahyudi
NIM : 40040218650026
Judul Proyek Akhir : Analisa *Heat Transfer* pada Aluminium 7075 Dengan
Menggunakan *Electric Oven Furnance*
Dosen Pembimbing : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T.
NIP : 197110301998021001

Isi Tugas:

1. Rancang bangun *electric oven furnance*
2. Menghitung perpindahan panas (*heat transfer*) setelah proses annealing pada aluminium 7075 menggunakan *electric oven furnance*
3. Menghitung *heat loss* pada aluminium 7075 menggunakan *electric oven furnance*

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang, 2 Oktober 2024
Ketua Prodi Sarjana Terapan
Rekayasa Perancangan Mekanik

Sri Utami Handayani, S.T., M.T.
NIP. 198102152005012002

Tembusan:

1. Ketua Prodi
2. Bagian pengajaran
3. Mahasiswa ybs

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PENGESAHAN

Proyek Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ananda Rizky Wahyudi

Nim : 40040218650026

Program Studi : Rekayasa Perancangan Mekanik

Judul Tugas Akhir : Analisa *Heat Transfer* pada Aluminium 7075 Dengan Menggunakan *Electric Oven Furnace*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T. ()

Penguji 1 : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T. ()

Penguji 2 : Alaya Fadllu Hadi Mukhammad ()
S.T., M.Eng.

Penguji 3 : Drs. Ireng Sigit Atmanto M.Kes. ()

Semarang,

Ketua PSD IV Rekayasa Perancangan
Mekanik



Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T.

NIP. 198102152005012002

HALAMAN LEMBAR PERSETUJUAN

HALAMAN LEMBAR PERSETUJUAN

Dengan ini menerangkan bahwa Laporan Proyek Akhir dengan judul: "ANALISA
HEAT TRANSFER PADA ALUMINIUM 7075 DENGAN MENGGUNAKAN
ELECTRIC OVEN FURNANCE"

yang telah disusun oleh :

Nama : Ananda Rizky Wahyudi
NIM : 40040218650026
Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik
Perguruan Tinggi : Universitas Diponegoro

Telah disetujui dan disahkan di Semarang pada:

Hari : 27 Juni 2025
Tanggal :

Menyetujui,
Dosen Pembimbing


Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T.
NIP 197110301998021001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ananda Rizky Wahyudi
NIM : 40040218650026
Jurusan/Program Studi : D-IV Rekayasa Perancangan Mekanik
Departemen : Teknologi Industri
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Proyek Akhir

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (None-exclusive Royalty Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul : ***Analisa Heat Transfer Pada Aluminium 7075 Dengan Menggunakan Electric Oven Furnace***

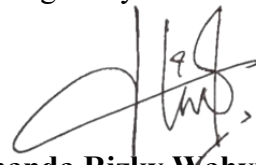
berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : 30 Juni 2025

Yang menyatakan



Ananda Rizky Wahyudi

MOTTO

“Man jadda wajada”

Pepatah Arab

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat-Nya sehingga dapat menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir yang berjudul *Analisa Heat Transfer* pada Aluminium 7075 Dengan Menggunakan *Electric Oven Furnace*.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang. Laporan Tugas Akhir ini tidak akan terselesaikan tanpa bimbingan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu dalam penulisan Laporan Tugas Akhir penyusun menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Budiyono, M.Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro,
2. Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro,
3. Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan arahan dan masukan kepada penyusun dalam penyelesaian pembuatan Laporan Tugas Akhir ini,
4. Alaya Fadllu Hadi Mukhammad S.T., M.Eng. selaku dosen penguji Tugas Akhir serta memiliki peran penting dalam memberikan kritik, saran dan masukan untuk memperbaiki penulisan laporan Tugas Akhir,

5. Drs. Ireng Sigit Atmanto M.Kes. selaku dosen penguji Tugas Akhir serta memiliki peran penting dalam memberikan kritik, saran dan masukan untuk memperbaiki penulisan laporan Tugas Akhir,
6. Drs. Sutrisno, M.T., selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan serta bantuan sejak awal perkuliahan,
7. Seluruh staf Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro,
8. Kedua orang tua yang telah memberikan kesempatan untuk mengenyam bangku perkuliahan dan selalu mendoakan yang terbaik akan studi saya,
9. Semua teman-teman Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik angkatan 2018 dan semua pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu per satu yang telah membantu penyusunan Laporan Tugas Akhir.

Penyusun menyadari masih memiliki kekurangan dalam penyusunan laporan ini baik dalam penulisan maupun materi, untuk itu kritik dan saran dari semua pihak sangat penyusun harapkan demi penyempurnaan pembuatan laporan ini.

Semarang, 29 Juni 2025



Ananda Rizky Wahyudi

ABSTRAKSI

ANALISA *HEAT TRANSFER* PADA ALUMINIUM 7075 MENGUNAKAN *ELECTRIC OVEN FURNACE*

Electric Oven Furnace merupakan alat pemanas menggunakan sumber panas berupa *coil heater* dengan cara mengkonversi listrik menjadi panas yang selanjutnya digunakan untuk memanaskan benda uji. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perpindahan panas (*heat transfer*) pada material Aluminium 7075 melalui proses annealing menggunakan alat yang dirancang khusus yaitu *Electric Oven Furnace*. Oven ini dirancang berbasis mikrokontroler dengan elemen pemanas jenis *tubular finned heater* serta dilengkapi bak quenching untuk mendukung proses pendinginan. Aluminium 7075 dipilih karena kekuatan mekaniknya yang tinggi. Metode penelitian mencakup perancangan, pembuatan, dan pengujian alat *Electric Oven Furnace*, serta pengukuran laju perpindahan panas dan *heat loss* pada Aluminium 7075 dengan variasi temperatur annealing 275°C, 300°C, dan 325°C. Proses perhitungan dilakukan berdasarkan teori perpindahan panas secara konveksi. Hasil dari proyek akhir ini berupa rancang bangun *electric oven furnace* memiliki dimensi ruang pemanas 310mm x 310 x 150mm, sumber pemanas yang digunakan yaitu *finned tubular heater* dengan daya 2500 Watt. Dengan lama waktu pemanasan 140 menit untuk mencapai temperatur 325°C. Aluminium 7075 setelah proses annealing menghasilkan *heat loss* pada temperatur 275°C yaitu 5,37 W, untuk temperatur 300°C yaitu 6,01 W, dan pada temperatur 325°C yaitu 6,64 W.

Kata Kunci: *Electric Oven Furnace, Heat Treatment, Aluminium 7075, Heat Transfer, Annealing*

ABSTRACT

HEAT TRANSFER ANALYSIS ON ALUMINIUM 7075 USING ELECTRIC OVEN FURNACE

The Electric Oven Furnace is a heating device that utilizes a coil heater to convert electrical energy into heat, which is then used to heat test specimens. This research aims to analyze the heat transfer characteristics of Aluminium 7075 during the annealing process using a specially designed electric oven furnace. The furnace is microcontroller-based and equipped with a tubular finned heater as the heat source, along with a quenching tank to support the cooling process. Aluminium 7075 was chosen due to its high mechanical strength. The research methodology includes the design, fabrication, and testing of the electric oven furnace, as well as the measurement of heat transfer rate and heat loss in Aluminium 7075 at various annealing temperatures: 275°C, 300°C, and 325°C. The calculations are based on the theory of heat transfer through convection. The final outcome of this project is a functional electric oven furnace with a heating chamber dimension of 310 mm × 310 mm × 150 mm, utilizing a 2500-watt finned tubular heater. The furnace reaches a temperature of 325°C in 140 minutes. After the annealing process, the heat loss observed in Aluminium 7075 is 5.37 W at 275°C, 6.01 W at 300°C, and 6.64 W at 325°C.

Keywords: *Electric Oven Furnace, Heat Treatment, Aluminium 7075, Annealing, Heat Transfer.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
SURAT TUGAS PROYEK AKHIR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN LEMBAR PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAKSI	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR NOTASI	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan	3
1.5. Luaran	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Sistem Pemanas (Oven Pemanas)	4

2.2. Perlakuan Panas	4
2.2.1 Annealing	5
2.2.2 Holding Time	6
2.3 Prinsip Kerja <i>Electric Oven Furnace</i>	7
2.4 Aluminium	8
2.4.1 Aluminium 7075	8
2.5. Teori Perpindahan Panas	9
2.5.1 Perpindahan Panas Secara Konduksi	10
2.5.2 Perpindahan Panas Secara Konveksi	12
2.5.3 Perpindahan Panas <i>Natural Convection</i>	13
BAB III METODE DAN PROSEDUR PELAKSANAAN	17
3.1. Diagram Alir Penelitian	17
3.2. Metode Penelitian	18
3.3. Desain <i>Electric Oven Furnace</i>	19
3.4. Material Rancang Bangun <i>Electric Oven Furnace</i>	21
3.4.1 Mild Steel Sheet	22
3.4.2 Plat Aluminium	22
3.4.3 Bahan Refractory	23
3.4.4 Tubular Finned Heater	25
3.4.5 Thermocouple	27
3.4.6 Thermocontrol	28
3.4.7 Kontaktor	29
3.4.8 Lampu Indikator	30
3.4.9 Panel Box	31
3.5 Fabrikasi <i>Electric Oven Furnace</i>	32
3.5.1 Rangka	33

3.5.2 Plat Luar Oven	34
3.5.3 Lapisan Cor <i>Castable</i> LCC-16.....	36
3.5.4 Refactory Rockwool	38
3.5.5 Plat Dalam Oven	39
3.5.6 Pemasangan Bata Api SK-34.....	41
3.5.7 Pelapisan Semen Castable Bagian Dalam.....	42
3.5.8 Bak Quenching.....	43
3.5.9 Perakitan Kelistrikan.....	44
3.6 Spesimen Pengujian	47
3.7 Prosedur Penelitian.....	47
3.7.1 Persiapan Alat Uji	48
3.7.2 Persiapan Benda Uji.....	48
3.7.3 Pelaksanaan Perlakuan Annealing	49
3.7.4 Perhitungan Heat Transfer	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	54
4.1 Rancang Bangun <i>Electric Oven Furnace</i>	54
4.1.1 Dimensi Ruang Pemanas.....	54
4.1.2 Spesifikasi Dinding Oven	55
4.1.3 Prosedur Penggunaan <i>Electric Oven Furnace</i>	56
4.1.4 Hasil Pengujian Laju Pemanasan	57
4.2 Analisa Perpindahan Panas	58
4.2.1 Laju Perpindahan Panas Aluminium Pada Temperatur 275°C.....	59
4.2.1.1 Laju Perpindahan Panas Sisi Depan (Q_{loss1}).....	59
4.2.1.2 Laju Perpindahan Panas Sisi Belakang (Q_{loss2}).....	60
4.2.1.3 Laju Perpindahan Panas Sisi Kanan (Q_{loss3}).....	62
4.2.1.4 Laju Perpindahan Panas Sisi Kiri (Q_{loss4}).....	63

4.2.1.5 Laju Perpindahan Panas Sisi Atas ($Q_{\text{loss}5}$).....	65
4.2.1.6 Laju Perpindahan Panas Sisi Bawah ($Q_{\text{loss}6}$).....	66
4.2.2 Laju Perpindahan Panas Aluminium Pada Temperatur 300°C	68
4.2.2.1 Laju Perpindahan Panas Sisi Depan ($Q_{\text{loss}7}$).....	68
4.2.2.2 Laju Perpindahan Panas Sisi Belakang ($Q_{\text{loss}8}$).....	69
4.2.2.3 Laju Perpindahan Panas Sisi Kanan ($Q_{\text{loss}9}$).....	71
4.2.2.4 Laju Perpindahan Panas Sisi Kiri ($Q_{\text{loss}10}$)	72
4.2.2.5 Laju Perpindahan Panas Sisi Atas ($Q_{\text{loss}11}$)	74
4.2.2.6 Laju Perpindahan Panas Sisi Bawah ($Q_{\text{loss}12}$).....	75
4.2.3 Laju Perpindahan Panas Aluminium Pada Temperatur 325°C	77
4.2.3.1 Laju Perpindahan Panas Sisi Depan ($Q_{\text{loss}13}$)	77
4.2.3.2 Laju Perpindahan Panas Sisi Belakang ($Q_{\text{loss}14}$).....	78
4.2.3.3 Laju Perpindahan Panas Sisi Kanan ($Q_{\text{loss}15}$)	80
4.2.3.4 Laju Perpindahan Panas Sisi Kiri ($Q_{\text{loss}16}$)	81
4.2.3.5 Laju Perpindahan Panas Sisi Atas ($Q_{\text{loss}17}$)	83
4.2.3.6 Laju Perpindahan Panas Sisi Bawah ($Q_{\text{loss}18}$).....	84
4.3 Total Heat Loss Setiap Sisi Aluminium.....	86
4.4 Perhitungan Daya Yang Dibutuhkan.....	88
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	90
5.1 Kesimpulan	90
5.2 Saran.....	91
DAFTAR PUSTAKA	92
LAMPIRAN	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Siklus annealing	5
Gambar 2.2. Diagram temperatur dan waktu	7
Gambar 2.3. Perpindahan panas konduksi, konveksi, dan radiasi	10
Gambar 2.4. Perpindahan panas konduksi dengan difusi energi akibat aktivitas molekuler.....	11
Gambar 2.5. Konduksi satu dimensi steady	12
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	17
Gambar 3.2 Desain <i>Electric Oven Furnance</i>	20
Gambar 3.3 lapisan refractory yang digunakan.....	21
Gambar 3.4 Plat Mild Steel Sheet	22
Gambar 3.5 Plat Aluminium	23
Gambar 3.6 Refractory semen castable LCC-16.....	23
Gambar 3.7 Refractory bata tahan api SK-34	24
Gambar 3.8 Refractory Rockwool.....	24
Gambar 3.9 Refractory Mortar SK-34.....	25
Gambar 3.10 Tubular finned heater	26
Gambar 3.11 Dimensi tubular finned.....	26
Gambar 3.12 Thermocuple type-K	27
Gambar 3.13 Thermocontrol Autonics TC4S	28
Gambar 3.14 <i>Wiring diagram</i> autonics TC4S	29
Gambar 3.15 Kontaktor.....	30
Gambar 3.16 Lampu indikator	31
Gambar 3.17 Panel Box	32
Gambar 3.18 Desain 3D Rangka.....	33
Gambar 3.19 Drawing 3D Plat Luar Oven.....	35
Gambar 3.20 Drawing 2D lapisan cor castable.....	37
Gambar 3.21 Desain setelah dipasang refractory rockwool.....	38
Gambar 3.22 Desain 3D setelah pemasangan plat oven bagian dalam.....	39
Gambar 3.23 Desain setelah pemasangan bata api	41
Gambar 3.24 Desain setelah pelapisan semen castable bagian dalam	42
Gambar 3.25 Desain 3D bak quenching	43

Gambar 3.26 Penempatan komponen pada box panel	45
Gambar 3.27 Wiring diagram <i>electric oven furnace</i>	46
Gambar 3.28 Dimensi spesimen pengujian.....	47
Gambar 3.29 Raw material plat strip aluminium 7075	48
Gambar 3.30 Hasil pemotongan aluminium 7075	49
Gambar 3.32 Mengatur suhu oven 275 °C	50
Gambar 3.33 Mengatur suhu oven 325 °C	50
Gambar 3.31 Mengatur suhu oven 300 °C	51
Gambar 4.1 Spesifikasi dinding <i>electric oven furnace</i>	55
Gambar 4.2 Pengujian laju pemanasan	57
Gambar 4.3 Perhitungan Laju Perpindahan Panas	87

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Jenis baja dan waktu tahan yang dibutuhkan pada perlakuan panas.....	6
Tabel 2.2. Properti pemrosesan	9
Tabel 3.1 Daftar penggunaan <i>refractory</i> pada <i>electric oven furnace</i>	25
Tabel 3.2 Spesifikasi Tubular Finned Heater.....	27
Tabel 3.3 Spesifikasi termokopel type K	28
Tabel 3.4 Spesifikasi thermocontrol autonics TC4S.....	29
Tabel 3.5 Spesifikasi Kontaktor	30
Tabel 3.6 Spesifikasi Lampu Indikator Hijau	31
Tabel 3.7 Spesifikasi Panel Box	32
Tabel 3.8 Spesimen raw material benda uji	48
Tabel 4.1 Spesifikasi <i>electric oven furnace</i>	54
Tabel 4.2 Spesifikasi dinding <i>electric oven furnace</i>	55
Tabel 4.3 Data pengukuran temperature setelah <i>heat treatment annealing</i>	58
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Laju Perpindahan Panas	87

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Hal.
q_x	Laju perpindahan panas (W)	11
q_x''	Fluks panas (W/m ²)	11
k	Konduktivitas panas material (W/m°C)	11
A	Luas permukaan (m ²)	11
dT	Perbedaan suhu (°C)	11
dx	Tebal material (m)	11
q_c	Laju perpindahan panas konveksi (W)	13
h	Koefisien perpindahan panas konveksi (W/m ² .K)	13
Gr_L	Bilangan <i>Grashof</i>	14
Ra_L	<i>Rayleigh Number</i>	14
Pr	<i>Prandtl Number</i>	14
g	Percepatan Gravitasi (m/s ²)	14
β	Koefisien Ekspansi Volume 1/K (1/T _f untuk gas ideal)	14
T_s	Temperatur <i>Surface</i> (K)	14
L	Panjang karakteristik (m)	14
T_∞	Temperatur <i>Ambient</i> (K)	14
N_{UL}	<i>Nusselt number</i>	15

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar teknik assembly electric oven furnace	94
Lampiran 2 Gambar teknik rangka	95
Lampiran 3 Gambar Teknik heater	96
Lampiran 4 Gambar teknik bak quenching	97
Lampiran 5 Gambar teknik dinding luar oven	98
Lampiran 6 Tabel Thermophysical Properties Gases	99
Lampiran 7 Tabel empirical correlations nusslet number	100
Lampiran 8 Dokumentasi pengukuran suhu aluminium	101
Lampiran 9 Dokumentasi pengujian annealing	101
Lampiran 10 Jadwal Realisasi Kegiatan	102
Lampiran 11 Realisasi anggaran pengujian aluminium 7075	102
Lampiran 12 Realisasi anggaran pembuatan electric oven furnance	103