



LAPORAN SKRIPSI

**PENGEMBANGAN PENGUKURAN PANAS KONTAK *PAD*
DAN PIRINGAN CAKRAM MENJADI *COLORMAP ARRAY***

**ERIK NUR ARDIANSYAH
NIM. 201954095**

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Rochmad Winarso, S.T., M.T.

Dr. Akhmad Zidni Hudaya, S.T., M.Eng.

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MURIA KUDUS

2024

HALAMAN PERSETUJUAN

PENGEMBANGAN PENGUKURAN PANAS KONTAK *PAD* DAN PIRINGAN CAKRAM MENJADI *COLORMAP ARRAY*

ERIK NUR ARDIANSYAH
NIM. 201954095

Kudus, 28 Februari 2024

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Dr. Rochmad Winarso S.T., M.T.
NIDN. 0612037201

Dr. Akhmad Zidni Hudaya, S.T., M.Eng.
NIDN. 0021087301

Mengetahui,

Koordinator Skripsi/Tugas Akhir

Ratri Rahmawati, ST., M.Sc.
NIDN. 0613049403

HALAMAN PENGESAHAN

PENGEMBANGAN PENGUKURAN PANAS KONTAK *PAD* DAN PIRINGAN CAKRAM MENJADI *COLORMAP ARRAY*

ERIK NUR ARDIANSYAH
NIM. 201954095

Kudus, 28 Februari 2024

Menyetujui,

Ketua Penguji,

Anggota Penguji I,

Anggota Penguji II,

Rianto Wibowo, S.T., M.Eng.
NIDN. 0630037301

Qomaruddin, ST., M.T.
NIDN. 0626097102

Dr. Rochmad Winarso S.T., M.T.
NIDN. 0612037201

Mengetahui

Plt. Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Mesin

Dr. Eko Darmanto, S.Kom., M.Cs.
NIY. 0610701000001171

Rianto Wibowo, S.T., M.Eng.
NIDN. 0630037301

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Erik Nur Ardiansyah
NIM : 201954095
Tempat & Tanggal Lahir : Pati, 22 September 1999
Judul Skripsi : Pengembangan Pengukuran Panas Kontak *Pad* dan Piringan Cakram Menjadi *Colormap Array*.

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan lain yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Seluruh ide, pendapat, atau materi dari sumber lain telah dikutip dalam Skripsi dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muria Kudus.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Kudus, 14 Februari 2024

Yang memberi pernyataan,

Materai 10.000

Erik Nur Ardiansyah
NIM. 201954095

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan Pengukuran Panas Kontak *Pad* dan Piringan Cakram Menjadi *Colormap Array*”.

Penyusunan skripsi ini ditujukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) bidang Teknik Mesin di Universitas Muria Kudus.

Dalam penyusunan skripsi, penulis tak lepas dari bantuan dan dukungan beberapa pihak, untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Darsono, M.Si., selaku Rektor Universitas Muria Kudus,
2. Bapak Dr. Eko Darmanto, S.Kom., M.Cs., selaku Dekan Fakultas Teknik,
3. Bapak Rianto Wibowo, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin,
4. Bapak Dr. Rochmad Winarso, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I,
5. Bapak Dr. Akhmad Zidni Hudaya, S.T., M.Eng., selaku Dosen Wali dan Dosen Pembimbing II,
6. Segenap Dosen dan Tenaga Laboran Program Studi Teknik Mesin Universitas Muria Kudus yang telah memberikan motivasi dan dukungannya,
7. Bapak Jumadi dan Ibu Siti Juariah yang dengan tulus memberikan dukungan, perhatian, do’a, dorongan moril dan materiil sehingga penulis tetap termotivasi dalam proses penulisan skripsi,
8. Dek Amellia Nafiah yang telah memberikan dukungan, perhatian dan do’a sehingga penulis tetap termotivasi dalam proses penulisan skripsi,
9. Teman-teman angkatan 2019, yang telah memberikan bantuan, dukungan dan do’a selama menempuh perkuliahan sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan dengan baik.

Penulis menyadari adanya kekurangan dan ketidaksempurnaan dalam penulisan skripsi ini, karena itu penulis menerima kritik, saran dan masukan dari pembaca sehingga penulis dapat lebih baik di masa yang akan datang. Akhirnya

penulis berharap semoga skripsi ini bisa bermanfaat khususnya bagi penulis dan umumnya bagi para pembaca.

Kudus, 14 Februari 2024

Erik Nur Ardiansyah



PENGEMBANGAN PENGUKURAN PANAS KONTAK *PAD* DAN PIRINGAN CAKRAM MENJADI *COLORMAP ARRAY*

Nama mahasiswa : Erik Nur Ardiansyah

NIM : 201954095

Pembimbing : 1. Dr. Rochmad Winarso, S.T., M.T.
2. Dr. Akhmad Zidni Hudaya, S.T., M.Eng.

RINGKASAN

Sistem pengereman pada kendaraan digunakan untuk mengurangi energi kinetik pada roda, sehingga dapat mengurangi atau bahkan menghentikan putaran roda. Jenis rem pada mobil listrik perkotaan yang dijual di pasaran adalah tipe rem cakram *solid* dengan kaliper dua piston. Gesekan yang terjadi pada saat proses pengereman akan menimbulkan kenaikan suhu pada permukaan pad dan permukaan piringan cakram. Penyebaran panas yang terjadi pada piringan cakram cukup berpengaruh dengan keamanan penggunaan piringan cakram itu sendiri. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui pemetaan panas yang terjadi pada permukaan piringan cakram secara real time setelah dilakukan pengereman. Metode yang digunakan adalah dengan memasang 6 sensor panas MLX90614 pada posisi masuk dan keluar kaliper, dengan 3 sensor di masing-masing posisi. 3 sensor tersebut dipasang pada titik r_i (radius *inner*), r_e (radius *efective*) dan r_o (radius *outer*). Hasil pengukuran sensor akan diolah menjadi visual peta panas (*colormap*) oleh perangkat lunak Matlab. Visual peta panas (*colormap*) dipilih untuk mempermudah pembacaan penyebaran panas pada permukaan piringan cakram. Gambar *colormap* yang berhasil dibuat menunjukkan titik terpanas berada pada titik r_e yang ditandai dengan warna yang mewakili temperatur tertinggi pada gambar.

Kata kunci : Rem Cakram, Arduino, MLX90614, *Colormap*

DEVELOPMENT OF CONTACT PAD AND DISC HEAT MEASUREMENTS INTO A COLORMAP ARRAY

Student Name : Erik Nur Ardiansyah

Student Identity Number : 201954095

Supervisor : 1. Dr. Rochmad Winarso, S.T., M.T.
2. Dr. Akhmad Zidni Hudaya, S.T., M.Eng.

ABSTRACT

The braking system on a vehicle is used to reduce kinetic energy in the wheels, so that it can reduce or even stop wheel rotation. The type of brake on urban electric cars sold on the market is a solid disc brake type with two-piston calipers. The friction that occurs during the braking process will cause an increase in temperature on the surface of the pad and disc surface. The spread of heat that occurs on discs has quite an impact on the safety of using the disc itself. The aim of the research is to determine the heat mapping that occurs on the surface of the disc in real time after braking. The method used is to install 6 MLX90614 heat sensors at the entry and exit positions of the caliper, with 3 sensors in each position. The 3 sensors are installed at points r_i (inner radius), r_e (effective radius) and r_o (outer radius). The sensor measurement results will be processed into a visual heat map (colormap) by Matlab software. A visual heat map (colormap) was chosen to make it easier to read the heat distribution on the surface of the disc. The colormap image that was successfully created shows that the hottest point is at the r_e point which is marked with the color that represents the highest temperature in the image.

Keywords : Disc Brake, Arduino, MLX90614, Colormap

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
RINGKASAN	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR SIMBOL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Sistem Pengereman	4
2.2 Rem Cakram.....	5
2.3 Tribologi.....	7
2.4 Mekanika Kontak	7
2.5 Area Kontak Anular Pad Dengan Piringan Cakram.....	8
2.6 Alat Uji Rem Cakram.....	9
2.7 Sistem Pengukuran	9
2.8 Mikrokontroler Arduino	10
2.1.1 Arduino UNO.....	10
2.1.2 Power Supply Arduino.....	12
2.1.3 Breadboard.....	12
2.1.4 Sensor MLX90614.....	13

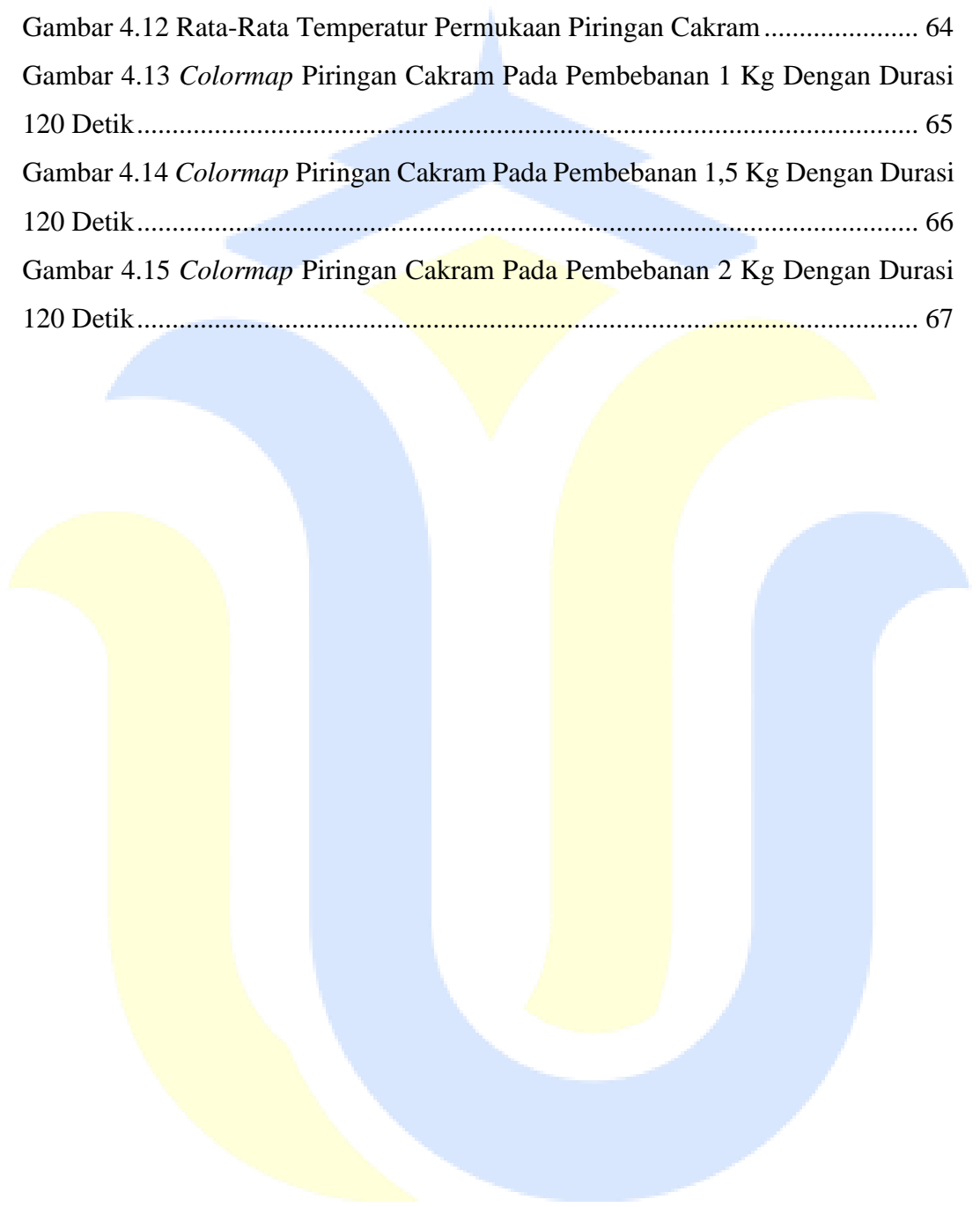
2.1.5 Multiplekser TCA9548A	15
2.9 MATLAB	15
2.10 Colormaps	16
BAB III METODOLOGI	17
3.1 Tempat dan Waktu	17
3.2 Diagram Alir Proses Penelitian	18
3.3 Studi Literatur	19
3.4 Mempersiapkan Alat dan Bahan	19
3.5 Proses Kalibrasi Infrared Temperature Sensor MLX90614.....	25
3.6 Menentukan Penomoran Posisi Pemasangan <i>Infrared Temperature Sensor</i> MLX90614 pada Cakram.....	31
3.7 <i>Wiring Diagram</i> Elektrikal.....	32
3.8 Membuat <i>Coding</i> Arduino IDE Untuk Mengoperasikan 6 <i>Infrared Temperature Sensor</i> MLX90614 Dan 3 LCD I2C 16x2.....	34
3.9 Instalasi/Perakitan	34
3.10 Uji Pengeriman.....	34
3.11 Pengambilan Data Pengukuran Temperatur Permukaan Piringan Cakram	35
3.12 Mengubah Data Menjadi Visual Peta Panas Dengan Menggunakan MATLAB	35
3.13 Kesimpulan.....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Hasil Kalibrasi <i>Infrared Temperature Sensor</i> MLX90614.....	45
4.2 Penentuan Posisi Pemasangan Infrared Temperature Sensor MLX90614 pada Cakram.....	48
4.3 <i>Wiring Diagram</i>	50
4.4 <i>Coding</i> Arduino IDE Untuk Mengoperasikan 6 <i>Infrared Temperature Sensor</i> MLX90614 Dan 3 LCD I2C 16x2.....	53
4.5 Instalasi/Perakitan	57
4.6 Hasil Pengukuran Temperatur Permukaan Piringan Cakram	58
4.7 Rata-rata Temperatur Permukaan Piringan Cakram	64
4.8 Hasil Pengubahan Data Temperatur Piringan Cakram Menjadi Visual Peta Panas Menggunakan MATLAB R2022a	65
BAB V PENUTUP	68
5.1. Kesimpulan.....	68
5.2. Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rem Cakram (Sidhhant Uttam dkk., 2018).....	5
Gambar 2.2 Jenis Rem Cakram (Reif, 2014)	6
Gambar 2.3 Area Kontak Anular <i>Pad</i> Dengan Piringan Cakram (Budynas & Nisbett, 2006).....	8
Gambar 2.4 Alat Uji Rem Cakram.....	9
Gambar 2.5 Sebuah Sistem (Bolton, 2004).....	10
Gambar 2.6 Arduino UNO (Bales, 2020)	11
Gambar 2.7 <i>Power Supply</i> Arduino	12
Gambar 2.8 <i>Breadboard</i> (Bales, 2020).....	13
Gambar 2.9 Kabel <i>Jumper</i>	13
Gambar 2.10 Sensor MLX90614	14
Gambar 2.11 Multiplexer TCA9548A.....	15
Gambar 2.12 Perangkat lunak MATLAB	16
Gambar 2.13 Skema Warna Jet <i>Colormap Array</i> (Anonim, 2023a).....	16
Gambar 3. 1 Diagram Alir Proses Penelitian.....	18
Gambar 3.2 Laptop.....	19
Gambar 3.3 Mistar Baja	20
Gambar 3.4 Jangka Sorong	20
Gambar 3.5 Obeng (+)	21
Gambar 3. 6Kunci <i>Shock</i> Heksagonal Mini.....	21
Gambar 3.7 Plat <i>Stainless Steel</i>	22
Gambar 3.8 Tang.....	22
Gambar 3.9 Kompor Gas	22
Gambar 3.10 <i>Thermogun</i> Krisbow KW0600304.....	23
Gambar 3.11 LCD I2C 16x2.....	24
Gambar 3.12 Kabel USB.....	25
Gambar 3.13 Akrilik	25
Gambar 3.14 <i>Infrared Temperature Sensor</i> MLX90614 Yang Sudah Diberi Nomor 1- 6	26

Gambar 3. 15 Penghubungan Sensor dan LCD dengan Arduino UNO.....	27
Gambar 3.16 Penghubungan Arduino UNO dengan Laptop	28
Gambar 3.17 Pemanasan Plat <i>Stainlees Steel</i> Menggunakan Kompor Gas	29
Gambar 3.18 Anjuran Pakai <i>Thermogun</i>	30
Gambar 3.19 Proses Kalibrasi.....	30
Gambar 3.20 Penomoran Posisi Pemasangan Sensor MLX90614, [1&4] ri, [2&5] re dan [3&6] ro.....	31
Gambar 3.21 Proses Pengukuran ri dan ro.....	32
Gambar 3.22 Desain Koordinat Peletakan Sensor dan Batas Piringan Cakram ...	36
Gambar 3.23 Hasil <i>Measure</i> 2 mm	37
Gambar 3.24 Hasil <i>List</i> Pada Piringan Cakram	37
Gambar 3.25 Salinan Data Koordinat Pada Microsoft Word	38
Gambar 3.26 Koordinat X Y Z Sensor dan Piringan Cakram Yang Belum Dipisah	39
Gambar 3.27 Pemisahan Data Koordinat X Y Z.....	39
Gambar 3.28 Data Koordinat X, Y dan Z Sensor dan Piringan Cakram	40
Gambar 3.29 Gambar Koordinat Sensor dan Batas Piringan Cakram.....	42
Gambar 3.30 Keterangan Koordinat X, Y dan Z	43
Gambar 3.31 <i>Colormap Editor</i>	43
Gambar 4.1 Grafik Kalibrasi <i>Infrared Temperature Sensor</i> MLX90614.....	47
Gambar 4.2 Hasil pengukuran ri dan ro	48
Gambar 4.3 Posisi Breket Sensor.....	49
Gambar 4.4 Jarak pemasangan <i>infrared temperature sensor</i> MLX90614 dengan kampas rem	50
Gambar 4.5 Breket <i>infrared temperature sensor</i> MLX90614	50
Gambar 4. 6 <i>Wiring Diagram</i>	51
Gambar 4.7 Hasil perakitan Arduino UNO, 6 <i>infrared temperature sensor</i> MLX90614 dan 3 LCD I2C 16x2.....	57
Gambar 4.8 Posisi pemasangan <i>Infrared temperature sensor</i> MLX90614	58
Gambar 4.9 Grafik Temperatur Permukaan Piringan Cakram Pada Pembebanan 1 Kg.....	59

Gambar 4.10 Grafik Temperatur Permukaan Piringan Cakram Pada Pembebanan 1,5 Kg.....	61
Gambar 4.11 Grafik Temperatur Permukaan Piringan Cakram Pada Pembebanan 2 Kg.....	63
Gambar 4.12 Rata-Rata Temperatur Permukaan Piringan Cakram	64
Gambar 4.13 <i>Colormap</i> Piringan Cakram Pada Pembebanan 1 Kg Dengan Durasi 120 Detik.....	65
Gambar 4.14 <i>Colormap</i> Piringan Cakram Pada Pembebanan 1,5 Kg Dengan Durasi 120 Detik.....	66
Gambar 4.15 <i>Colormap</i> Piringan Cakram Pada Pembebanan 2 Kg Dengan Durasi 120 Detik.....	67

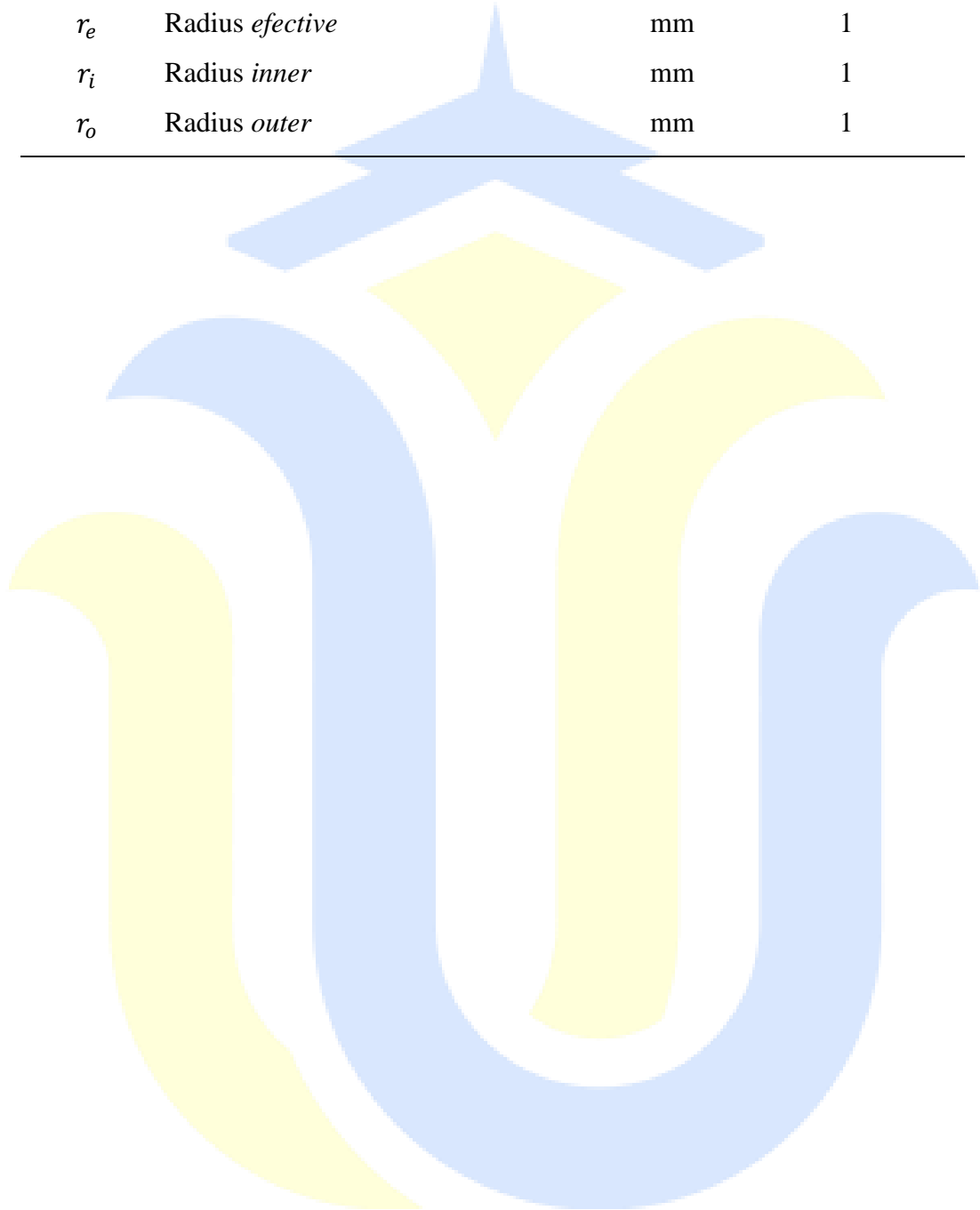


DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nama Komponen Arduino dan Fungsinya.....	11
Tabel 2.2 Spesifikasi Sensor MLX90614	14
Tabel 3.1 Spesifikasi Laptop.....	19
Tabel 3.2 Spesifikasi Thermogun	23
Tabel 3.3 Kalibrasi Sensor MLX90614	26
Tabel 3.4 Data Temperatur Permukaan Piringan Cakram	35
Tabel 4.1 Kalibrasi Sensor MLX90614 Nomor 1	45
Tabel 4.2 Kalibrasi Sensor MLX90614 Nomor 2.....	45
Tabel 4.3 Kalibrasi Sensor MLX90614 Nomor 3.....	46
Tabel 4.4 Kalibrasi Sensor MLX90614 Nomor 4.....	46
Tabel 4.5 Kalibrasi Sensor MLX90614 Nomor 5.....	46
Tabel 4.6 Kalibrasi Sensor MLX90614 Nomor 6.....	47
Tabel 4.7 Data Temperatur Permukaan Piringan Cakram Pada Pembebanan 1 Kg	58
Tabel 4.8 Data Temperatur Permukaan Piringan Cakram Pada Pembebanan 1,5 Kg	60
Tabel 4.9 Data Temperatur Permukaan Piringan Cakram Pada Pembebanan 2 Kg	62

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan	Nomor Persamaan
r_e	Radius <i>efective</i>	mm	1
r_i	Radius <i>inner</i>	mm	1
r_o	Radius <i>outer</i>	mm	1



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Kalibrasi <i>Infrared Temperature Sensor</i> MLX90614 Nomor 1	71
LAMPIRAN 2 Kalibrasi <i>Infrared Temperature Sensor</i> MLX90614 Nomor 2	72
LAMPIRAN 3 Kalibrasi <i>Infrared Temperature Sensor</i> MLX90614 Nomor 3	73
LAMPIRAN 4 Kalibrasi <i>Infrared Temperature Sensor</i> MLX90614 Nomor 4	74
LAMPIRAN 5 Kalibrasi <i>Infrared Temperature Sensor</i> MLX90614 Nomor 5	75
LAMPIRAN 6 Kalibrasi <i>Infrared Temperature Sensor</i> MLX90614 Nomor 6	76
LAMPIRAN 7 Hasil Pengukuran Temperatur Permukaan Piringan Cakram Pada Pembebanan 1 Kg	77
LAMPIRAN 8 Hasil Pengukuran Temperatur Permukaan Piringan Cakram Pada Pembebanan 1 Kg	79
LAMPIRAN 9 Hasil Pengukuran Temperatur Permukaan Piringan Cakram Pada Pembebanan 2 Kg	81
LAMPIRAN 10 Buku Konsultasi Skripsi/Tugas Akhir.....	83
LAMPIRAN 11 Turnitin.....	86
BIODATA PENULIS	87

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

DIY	: <i>Do It Yourself</i> (lakukan sendiri)
USB	: <i>Universal Serial Bus</i> (bus serial untuk perangkat penghubung)
MHz	: <i>Megahertz</i> (satu juta siklus per detik)
KHz	: <i>Kilohertz</i> (seribu siklus per detik)
ICSP	: <i>In-Circuit Serial Programming</i> (memungkinkan pengguna untuk memprogram <i>microcontroller</i> secara langsung, tanpa melalui <i>bootloader</i> (kemampuan untuk menangani <i>input/output</i> data saat memuat sebuah program instruksi ke dalam memori sehingga dapat dieksekusi))
FTDI	: <i>Future Technology Devices International</i> (sebuah perusahaan yang mengkhususkan diri dalam pengembangan dan produksi berbagai chip dan modul komunikasi)
AC	: <i>Alternating Current</i> (arus listrik bolak-balik)
DC	: <i>Direct Current</i> (arus listrik searah)
PWM	: <i>Pulse Width Modulation</i> (teknik untuk mendapatkan hasil analog dengan cara digital)
AREF	: <i>Analog Reference</i> (tegangan referensi untuk mikrokontroler arduino konverter analog ke digital)
TX	: <i>Transmitter</i> (alat yang digunakan untuk mengirim data)
RX	: <i>Receiver</i> (alat yang digunakan untuk menerima data)
VIN	: <i>Voltage In</i>
VCC	: <i>Voltage at the Common Collector</i> (sumber tegangan positif dalam suatu rangkaian)
GND	: <i>Ground</i>
SDA	: <i>Serial Data</i> (untuk mengirimkan data antara 2 <i>device I2C</i>)
SCL	: <i>Serial Clock</i> (untuk mengirimkan rangkaian <i>clock pulse</i> dan mensinkronisasikan transfer data diantara 2 <i>device I2C</i>)
F	: <i>Force</i>
RGB	: <i>Red Green Blue</i>

- LED : *Light Emitting Diode* (perangkat semi-konduktor yang mampu mengubah energi listrik menjadi cahaya)
- IC : *Integrated Circuit* (komponen elektronika aktif yang terdiri dari gabungan ratusan, ribuan bahkan jutaan transistor, dioda, resistor dan kapasitor yang diintegrasikan menjadi suatu rangkaian elektronika dalam sebuah kemasan kecil)
- I2C : *Inter Integrated Circuit* (standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didesain khusus untuk mengirim maupun menerima data)
- ESD : *Electrostatic Discharge* (pelepasan muatan listrik statis)

