

Aplikasi Thermopile Array untuk Thermoscanner Berbasis Mikrokontroler ATmega16

Disusun Oleh :

Nama : Wilbert Tannady

Nrp : 0822080

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha,
Jl. Prof.Drg.Suria Sumantri, MPH no.65, Bandung, Indonesia.

Email : wilz_tanz@yahoo.com

ABSTRAK

Pada industri tertentu sering kali dibutuhkan pendeteksian suhu tanpa menyentuh bidang permukaan. Untuk mendapatkan informasi/pendeteksian permukaan radiasi panas adalah dengan cara mengukur suhunya. Oleh karena itu, diperlukan sensor suhu *array* untuk *thermoscanner* yaitu sensor suhu yang dapat melakukan proses *scanning* untuk mendapatkan suhu objek.

Pada Tugas Akhir ini, *thermopile array* TPA81 digunakan untuk mendeteksi radiasi panas tanpa perlu menyentuh objek. Pendeteksiannya kemudian divisualisasi dalam bentuk warna semu (*false colour*) dengan bantuan program aplikasi pada *Microsoft Visual Basic*. TPA81 akan mendeteksi objek yang panas kemudian dilakukan *scanning* terhadap objek tersebut. ATmega16 akan mengirimkan data serial pada komputer kemudian data serial tersebut akan dihitung dan diolah untuk divisualisasikan dalam bentuk warna semu (*false colour*).

Dari hasil pengujian, pendeteksian dan pemantauan visualisasi radiasi panas permukaan objek yang dilakukan dengan tiga objek yang berbeda yaitu dengan objek *black body* kalibrator pada jarak 20 cm, 40 cm, 60 cm, 80 cm dengan suhu objek pada masing-masing jarak adalah 50°C, 75°C dan 100°C, objek lilin pada jarak 10 cm, 30 cm, 50 cm, 70 cm dan 90 cm dan objek tangan manusia pada jarak 15 cm, 20 cm, 25 cm dengan suhu *Background* yang berbeda-beda, maka hasil visualisasi radiasi panas permukaan objek dalam bentuk warna semu baik jika terdapat perbedaan suhu di atas 9°C antara suhu latar dengan suhu objek yang dideteksi. Persentase kesalahan yang paling kecil dari sensor *thermopile array* TPA81 dibandingkan dengan alat ukur *thermal camera* adalah pada jarak 40 cm.

Kata Kunci : *false colour*, *thermopile array*, *thermocanner*, *scanning*

Application of Thermopile Array for Thermoscanner Based on ATmega16 Microcontroller

Composed by :

Name : Wilbert Tannady

Nrp : 0822080

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,
Maranatha Christian University,
Jl. Prof.Drg.Suria Sumantri, MPH no.65, Bandung, Indonesia.
Email : wilz_tanz@yahoo.com

ABSTRACT

In certain industry, a temperature detection is often needed without touching the surface of the object. To get information/detection surface of the heat radiation is by measuring the temperature. Therefore, thermopile array is needed as a thermoscanner, it is used as a temperature sensor to scan the object's temperature.

In this final project, thermopile array TPA81 is used to detect the heat radiation without touching the object. The detection will be visualized into false colour with the help of application program in Microsoft Visual Basic software. TPA81 will detect the heat of the object, and scan the object. ATmega16 will send amount of certain data to the computer and the data will be collected and processed into false colour visualization.

As the result, from the testing, measuring and scouting result of the heat radiation from the object's surface. Three different object experiments are used, such as black body calibrator : 20 cm, 40 cm, 60 cm, 80 cm in distance of 50⁰C, 75⁰C, and 100⁰C temperature, candles : 10 cm, 30 cm, 50 cm, 70 cm and 90 cm, and human's hand : 15 cm, 20 cm, 25 cm with different room temperature, so the result of the visualization is the form of the objects as false colour, they are better if there is a difference temperature above 9⁰C between the detected object's temperature to the background's temperature. The smallest error percentage of the thermopile array TPA81 to the thermal camera measure device is at a distance of 40 cm.

Key Word: false colour, thermopile array, thermoscanner, scanning

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR RUMUS	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Identifikasi Masalah	2
I.3 Tujuan	2
I.4 Pembatasan Masalah	2
I.5 Spesifikasi Alat	3
I.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	
II.1 Radiasi Benda Hitam	4
II.2 Emisivitas.....	5
II.3 Interpolasi Linear	5
II.4 Warna	6
II.4.1 Bidang Warna.....	6
II.4.2 Warna Semu (<i>False Colour</i>)	7
II.5 <i>Thermal Array Sensor</i>	8
II.5.1 Pin TPA-81.....	9
II.5.2 <i>Field of View</i> (FOV)	10
II.5.3 Cara Kerja TPA-81	10
II.6 Motor Servo	11

II.7 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	15
II.7.1 Pin LCD	15
II.8 Mikrokontroler ATmega16	16
II.8.1 Fitur ATmega16	17
II.8.2 Konfigurasi Pin ATmega16	18
II.8.3 Pin <i>Input/Output</i> ATmega16.....	20
II.8.4 I2C (<i>Inter-Integrated Circuit</i>) ATmega16.....	21
II.8.5 USART (<i>The Universal Synchronous and Asynchronous Serial Receiver and Transmitter</i>) ATmega16.....	22
II.9 RS232	24
 BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI	
III.1 Perancangan Pendeteksian Panas Permukaan dengan Menggunakan TPA81.....	26
III.2 <i>Thermopile Array</i> TPA81	27
III.3 Servo.....	28
III.4 LCD.....	28
III.5 Perancangan Perangkat Lunak.....	29
III.5.1 Program Utama pada ATmega16.....	29
III.5.2 Fungsi servo_posisi_awal pada ATmega16	30
III.5.3 Fungsi suhu pada ATmega16.....	31
III.5.4 Program Aplikasi pada Visual Basic.....	32
III.5.5 Fungsi Bawah dan Kanan Program Aplikasi pada Visual Basic .	35
III.5.6 Fungsi Tampil Bawah dan Tampil Kanan pada Program Aplikasi Visual Basic	37
III.5.7 Fungsi Qbawah dan Qkanan pada Program Aplikasi Visual Basic	38
III.5.8 Fungsi Qtampil Bawah dan Qtampil Kanan pada Program Aplikasi Visual Basic	39
III.5.9 Fungsi Interpolasi Linear Program Aplikasi pada Visual Basic..	40
III.5.10 Fungsi Tampil Program Aplikasi pada Visual Basic	44
III.5.11 Desain Program Aplikasi pada Visual Basic	44

BAB IV HASIL DAN ANALISA

IV.1 Pengujian TPA81 dengan Objek <i>Black Body</i> Kalibrator	46
IV.1.1 Pada Jarak 20 cm dengan Suhu 49.9 ⁰ C	46
IV.1.2 Pada Jarak 20 cm dengan Suhu 74.9 ⁰ C	48
IV.1.3 Pada Jarak 20 cm dengan Suhu 99.9 ⁰ C	50
IV.1.4 Pada Jarak 40 cm dengan Suhu 50 ⁰ C	52
IV.1.5 Pada Jarak 40 cm dengan suhu 74.9 ⁰ C.....	54
IV.1.6 Pada Jarak 40 cm dengan Suhu 99.9 ⁰ C	56
IV.1.7 Pada Jarak 60 cm dengan Suhu 49.9 ⁰ C	58
IV.1.8 Pada Jarak 60 cm dengan Suhu 75 ⁰ C	60
IV.1.9 Pada Jarak 60 cm dengan Suhu 99.9 ⁰ C	62
IV.1.10 Pada Jarak 80 cm dengan Suhu 50 ⁰ C	64
IV.1.11 Pada Jarak 80 cm dengan Suhu 75 ⁰ C	66
IV.1.12 Pada Jarak 80 cm dengan Suhu 100 ⁰ C	68
IV.2 Pengujian Visualisasi Radiasi Panas Permukaan dengan Objek Lilin	71
IV.2.1 Pada Jarak 10 cm.....	71
IV.2.2 Pada Jarak 30 cm.....	73
IV.2.3 Pada Jarak 50 cm.....	75
IV.2.4 Pada Jarak 70 cm.....	77
IV.2.5 Pada Jarak 90 cm.....	79
IV.3 Pengujian Visualisasi Radiasi Panas Permukaan dengan Objek	
Tangan Manusia	81
IV.3.1 Pada Jarak 15 cm Suhu <i>Background</i> 26 ⁰ C	81
IV.3.2 Pada Jarak 20 cm Suhu <i>Background</i> 26 ⁰ C	83
IV.3.3 Pada Jarak 15 cm Suhu <i>Background</i> 29 ⁰ C	85
IV.3.4 Pada Jarak 25 cm Suhu <i>Background</i> 29 ⁰ C	87
IV.4 Analisa Data	89

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan	93
V.2 Saran	93

DAFTAR PUSTAKA	94
LAMPIRAN A FOTO ALAT	
LAMPIRAN B SKEMATIK PERANCANGAN TPA81 UNTUK THERMOSCANNER BERBASIS ATMEGA16	
LAMPIRAN C PROGRAM PADA ATMEGA16 DAN PROGRAM APLIKASI PADA MICROSOFT VISUAL BASIC	
LAMPIRAN D DATA SHEET ATMEGA16	
LAMPIRAN E DATA SHEET THERMOPILE ARRAY TPA81	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Emisivitas.....	5
Tabel 2.2 Daftar Register Sensor <i>Thermal Array</i>	11
Tabel 2.3 Pin pada LCD	16
Tabel 2.4 Fungsi Khusus Port B.....	19
Tabel 2.5 Fungsi Khusus Port C	19
Tabel 2.6 Fungsi Khusus Port D.....	20
Tabel 2.7 Konfigurasi <i>Port</i> Atmega16.....	21
Tabel 2.8 <i>Baud Rate</i>	23
Tabel 2.9 Keterangan pin DB 9	25
Tabel 3.1 Interpolasi antara dua data suhu	35
Tabel 3.2 Hasil Interpolasi dengan Menggunakan Fungsi.....	36
Tabel 3.3 Hasil Interpolasi dengan Menggunakan Fungsi Qbawah dan Qkanan.....	38
Tabel 3.4 Komponen Program Aplikasi pada Visual Basic.....	45
Tabel 4.1 Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 20 cm dan Suhu 49.9 ⁰ C Menggunakan TPA81	47
Tabel 4.2 Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 20 cm dan Suhu 49.9 ⁰ C Menggunakan <i>Thermal Camera</i>	47
Tabel 4.3 Persen Kesalahan Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 20 cm dan suhu 49.9 ⁰ C.....	48
Tabel 4.4 Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 20 cm dan Suhu 74.9 ⁰ C Menggunakan TPA81	49
Tabel 4.5 Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 20 cm dan Suhu 74.9 ⁰ C Menggunakan <i>Thermal Camera</i>	49
Tabel 4.6 Persen Kesalahan Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 20 cm dan suhu 74.9 ⁰ C.....	50
Tabel 4.7 Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 20 cm dan Suhu 99.9 ⁰ C Menggunakan TPA81	51

Tabel 4.8	Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 20 cm dan Suhu 99.9 ⁰ C Menggunakan <i>Thermal Camera</i>	51
Tabel 4.9	Persen Kesalahan Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 20 cm dan suhu 99.9 ⁰ C.....	52
Tabel 4.10	Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 40 cm dan Suhu 50 ⁰ C Menggunakan TPA81	53
Tabel 4.11	Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 40 cm dan Suhu 50 ⁰ C Menggunakan <i>Thermal Camera</i>	53
Tabel 4.12	Persen Kesalahan Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 40 cm dan suhu 50 ⁰ C.....	54
Tabel 4.13	Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 40 cm dan Suhu 74.9 ⁰ C Menggunakan TPA81	55
Tabel 4.14	Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 40 cm dan Suhu 74.9 ⁰ C Menggunakan <i>Thermal Camera</i>	55
Tabel 4.15	Persen Kesalahan Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 40 cm suhu 74.9 ⁰ C	56
Tabel 4.16	Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 40 cm dan Suhu 99.9 ⁰ C Menggunakan TPA81	57
Tabel 4.17	Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 40 cm dan Suhu 99.9 ⁰ C Menggunakan <i>Thermal Camera</i>	57
Tabel 4.18	Persen Kesalahan Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 40 cm dan suhu 99.9 ⁰ C.....	58
Tabel 4.19	Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 60 cm dan Suhu 49.9 ⁰ C Menggunakan TPA81	59
Tabel 4.20	Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 60 cm dan Suhu 49.9 ⁰ C Menggunakan <i>Thermal Camera</i>	59
Tabel 4.21	Persen Kesalahan Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 60 cm dan suhu 49.9 ⁰ C.....	60
Tabel 4.22	Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 60 cm dan Suhu 75 ⁰ C Menggunakan TPA81	61
Tabel 4.23	Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 60 cm dan Suhu 75 ⁰ C Menggunakan <i>Thermal Camera</i>	61

Tabel 4.24 Persen Kesalahan Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 60 cm dan suhu 75 ⁰ C.....	62
Tabel 4.25 Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 60 cm dan Suhu 99.9 ⁰ C Menggunakan TPA81	63
Tabel 4.26 Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 60 cm dan Suhu 99.9 ⁰ C Menggunakan <i>Thermal Camera</i>	63
Tabel 4.27 Persen Kesalahan Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 60 cm dan suhu 99.9 ⁰ C.....	64
Tabel 4.28 Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 80 cm dan Suhu 50 ⁰ C Menggunakan TPA81	65
Tabel 4.29 Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 80 cm dan Suhu 50 ⁰ C Menggunakan <i>Thermal Camera</i>	65
Tabel 4.30 Persen Kesalahan Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 80 cm dan suhu 50 ⁰ C.....	66
Tabel 4.31 Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 80 cm dan Suhu 75 ⁰ C Menggunakan TPA81	67
Tabel 4.32 Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 80 cm dan Suhu 75 ⁰ C Menggunakan <i>Thermal Camera</i>	67
Tabel 4.33 Persen Kesalahan Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 80 cm dan suhu 75 ⁰ C.....	68
Tabel 4.34 Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 80 cm dan Suhu 100 ⁰ C Menggunakan TPA81	69
Tabel 4.35 Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 80 cm dan Suhu 100 ⁰ C Menggunakan <i>Thermal Camera</i>	69
Tabel 4.36 Persen Kesalahan Pengukuran Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 80 cm dan suhu 100 ⁰ C.....	70
Tabel 4.37 Analisa Data <i>Black Body</i> Kalibrator.....	89
Tabel 4.38 Analisa Data Lilin	91
Tabel 4.39 Analisa Data Tangan Manusia	92

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Radiasi Benda Hitam	4
Gambar 2.2 Kurva untuk Interpolasi Linear	5
Gambar 2.3 Nilai Intensitas RGB	7
Gambar 2.4 Warna Semu	7
Gambar 2.5 TPA-81	8
Gambar 2.6 Konfigurasi Pin TPA-81	9
Gambar 2.7 Sudut Pandang TPA-81	10
Gambar 2.8 Struktur Dalam Motor Servo	12
Gambar 2.9 Koneksi Kabel Motor Servo	12
Gambar 2.10 Potensiometer Motor Servo	13
Gambar 2.11 Posisi dan Lebar Sinyal yang Diberikan	14
Gambar 2.12 LCD LMB162A	15
Gambar 2.13 Konfigurasi Pin ATmega16	18
Gambar 2.14 Gambaran Modul TWI Keseluruhan	22
Gambar 2.15 Blok USART	23
Gambar 2.16 IC MAX232	25
Gambar 2.17 Port Serial DB 9	25
Gambar 3.1 Perancangan Pendeteksian Panas Permukaan	27
Gambar 3.2 Hubungan antara ATmega16 dengan TPA81	27
Gambar 3.3 Hubungan Motor Servo dengan ATmega16	28
Gambar 3.4 Hubungan LCD dengan ATmega16	29
Gambar 3.5 Diagram Alir Program Utama ATmega16	30
Gambar 3.6 Diagram Alir Fungsi Servo	31
Gambar 3.7 Diagram Alir Fungsi Suhu	31
Gambar 3.8 Diagram Alir Program Aplikasi 1 pada Visual Basic	33
Gambar 3.9 Diagram Alir Program Aplikasi 2 pada Visual Basic	34
Gambar 3.10 Diagram Alir dari Fungsi Bawah dan Fungsi Kanan	36
Gambar 3.11 Diagram Alir dari Fungsi tampil_bawah	37

Gambar 3.12 Diagram Alir dari Fungsi tampil_kanan	37
Gambar 3.13 Diagram Alir dari Fungsi Qbawah dan Fungsi Qkanan	39
Gambar 3.14 Diagram Alir dari Fungsi Qtampil_bawah.....	39
Gambar 3.15 Diagram Alir dari Fungsi Qtampil_kanan.....	40
Gambar 3.16 Degradasi Warna	41
Gambar 3.17 Interpolasi Linear	42
Gambar 3.18 Diagram Alir Fungsi Interpolasi Linear.....	43
Gambar 3.19 Diagram Alir Fungsi Tampil	44
Gambar 3.20 Desain Program Aplikasi pada Visual Basic.....	45
Gambar 4.1 Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 20 cm dan Suhu 49.9 ⁰ C Menggunakan TPA81	46
Gambar 4.2 Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 20 cm dan Suhu 49.9 ⁰ C Menggunakan <i>Thermal Camera</i>	46
Gambar 4.3 Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 20 cm dan Suhu 74.9 ⁰ C Menggunakan TPA81	48
Gambar 4.4 Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 20 cm dan Suhu 74.9 ⁰ C Menggunakan <i>Thermal Camera</i>	49
Gambar 4.5 Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 20 cm dan Suhu 99.9 ⁰ C Menggunakan TPA81	50
Gambar 4.6 Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 20 cm dan Suhu 99.9 ⁰ C Menggunakan <i>Thermal Camera</i>	51
Gambar 4.7 Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 40 cm dan Suhu 50 ⁰ C Menggunakan TPA81	52
Gambar 4.8 Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 40 cm dan Suhu 50 ⁰ C Menggunakan <i>Thermal Camera</i>	53
Gambar 4.9 Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 40 cm dan Suhu 74.9 ⁰ C Menggunakan TPA81	54
Gambar 4.10 Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 40 cm dan Suhu 74.9 ⁰ C Menggunakan <i>Thermal Camera</i>	55
Gambar 4.11 Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 40 cm dan Suhu 99.9 ⁰ C Menggunakan TPA81	56

Gambar 4.12 Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 40 cm dan Suhu 99.9 ⁰ C Menggunakan <i>Thermal Camera</i>	57
Gambar 4.13 Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 60 cm dan Suhu 49.9 ⁰ C Menggunakan TPA81	58
Gambar 4.14 Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 60 cm dan Suhu 49.9 ⁰ C Menggunakan <i>Thermal Camera</i>	59
Gambar 4.15 Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 60 cm dan Suhu 75 ⁰ C Menggunakan TPA81	60
Gambar 4.16 Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 60 cm dan Suhu 75 ⁰ C Menggunakan <i>Thermal Camera</i>	61
Gambar 4.17 Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 60 cm dan Suhu 99.9 ⁰ C Menggunakan TPA81	62
Gambar 4.18 Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 60 cm dan Suhu 99.9 ⁰ C Menggunakan <i>Thermal Camera</i>	63
Gambar 4.19 Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 80 cm dan Suhu 50 ⁰ C Menggunakan TPA81	64
Gambar 4.20 Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 80 cm dan Suhu 50 ⁰ C Menggunakan <i>Thermal Camera</i>	65
Gambar 4.21 Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 80 cm dan Suhu 75 ⁰ C Menggunakan TPA81	66
Gambar 4.22 Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 80 cm dan Suhu 75 ⁰ C Menggunakan <i>Thermal Camera</i>	67
Gambar 4.23 Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 80 cm dan Suhu 100 ⁰ C Menggunakan TPA81	68
Gambar 4.24 Objek <i>Black Body</i> Kalibrator pada Jarak 80 cm dan Suhu 100 ⁰ C Menggunakan <i>Thermal Camera</i>	69
Gambar 4.25 Lilin Jarak 10 cm	71
Gambar 4.26 Data Suhu Lilin Jarak 10 cm	72
Gambar 4.27 Lilin Jarak 30 cm	73
Gambar 4.28 Data Suhu Lilin Jarak 30 cm	74
Gambar 4.29 Lilin Jarak 50 cm	75
Gambar 4.30 Data Suhu Lilin Jarak 50 cm	76

Gambar 4.31 Lilin Jarak 70 cm	77
Gambar 4.32 Data Suhu Lilin Jarak 70 cm	78
Gambar 4.33 Lilin Jarak 90 cm	79
Gambar 4.34 Data Suhu Lilin Jarak 90 cm	80
Gambar 4.35 Tangan Manusia Jarak 15 cm Suhu <i>Background</i> 26 ⁰ C.....	81
Gambar 4.36 Suhu Tangan Manusia Jarak 15 cm Suhu <i>Background</i> 26 ⁰ C	82
Gambar 4.37 Tangan Manusia Jarak 20 cm Suhu <i>Background</i> 26 ⁰ C.....	83
Gambar 4.38 Suhu Tangan Manusia Jarak 20 cm Suhu <i>Background</i> 26 ⁰ C	84
Gambar 4.39 Tangan Manusia Jarak 15 cm Suhu <i>Background</i> 29 ⁰ C.....	85
Gambar 4.40 Suhu Tangan Manusia Jarak 15 cm Suhu <i>Background</i> 29 ⁰ C	86
Gambar 4.41 Tangan Manusia Jarak 25 cm Suhu <i>Background</i> 29 ⁰ C.....	87
Gambar 4.42 Suhu Tangan Manusia Jarak 25 cm Suhu <i>Background</i> 29 ⁰ C	88

DAFTAR RUMUS

	Halaman
Rumus 2.1 Persamaan Garis Lurus	6
Rumus 2.2 Persamaan dari Interpolasi Linear	6