



**RANCANG BANGUN PEMADAM API OTOMATIS DALAM RUANGAN  
BERBASIS *IMAGE PROCESSING* DAN  
*NEURAL NETWORK***

**Skripsi**

Oleh

**Petrus Fanta Dwi Sutanto  
NIM 081910201026**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2014**



**RANCANG BANGUN PEMADAM API OTOMATIS DALAM RUANGAN  
BERBASIS *IMAGE PROCESSING* DAN  
*NEURAL NETWORK***

**Skripsi**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat-syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Petrus Fanta Dwi Sutanto  
NIM 081910201026**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2014**

## **PERSEMBAHAN**

Puji syukur kepada Allah Bapa, dan Putra-Nya Yesus Kristus, dan Roh Kudus yang senantiasa mendampingi, memberkati, serta memberi karunia yang teramat banyak kepada penulis sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini merupakan karya yang tidak akan terlupakan yang berisikan harapan dan manfaat untuk kehidupan manusia menuju kehidupan yang lebih baik. Oleh karena itu, karya ini ingin penulis persembahkan untuk:

1. Kedua orang tuaku, Ibunda Maria Marciana Sutami dan Ayahanda Fransiskus Xaverius Taufan Handojono, yang selalu memberikan doa dan kasih sayang serta dukungan moril dan materi kepada penulis.
2. Adik Patricia Fury Ratrining Handayani, Kakak Aloysius Hanunggal Prasetya, dan Fransisca. Terima kasih atas segala doa, dukungan serta semua motivasi dan bantuan yang telah diberikan.
3. Saudaraku, Pakde Didiek, Bulek Maria Soendari, Alm. Bulek Sri Ningsih, Bulek Lusia Renata Pratiwi Puji Lestari, dan Bulek M. Widyawati yang telah memberikan segala perhatian, dukungan dan doa.
4. Semua Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membimbing dan memberikan ilmu. Terutama Bapak Satriyo Budi Utomo, S.T., M.T. selaku DPU, dan juga Ibu Ike Fibriani, S.T., M.T. selaku DPA yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya skripsi ini.
5. Seluruh guru-guruku dari TK, SD, SMP, dan SMA yang telah membimbing dengan sabar dan memberikan ilmu.
6. Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2008 yang telah mendukung dan memberikan motivasi. Semoga kita bisa berguna bagi nusa dan bangsa serta mengharumkan nama Almamater.

7. Teman-teman seperjuangan di jurusan elektronika: Ali Rizal, Dimas Agus, Ibnu Arkham, Trian, Braheimy, Tri Bagus, Roqiqul, Wahyu, Hendra B Arie, Mirza, Yudhis, Sofwan, Tyas, Fajri, Nurdian, Aris, Muizul Hidayat, Fathur, Arif dan teman-teman lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Terimakasih atas semua doa, semangat, motivasi dan bantuan yang diberikan selama ini. Semoga ikatan persahabatan ini tidak akan pernah terputus.
8. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember yang aku banggakan.
9. Semua pihak yang telah membantu dalam kelancaran penulisan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
10. Dan semua orang yang membaca skripsi ini.

## **MOTTO**

*Barangsiapa setia dalam perkara-perkara kecil, ia setia juga dalam perkara-perkara besar. Dan barangsiapa tidak benar dalam perkara-perkara kecil, ia tidak benar juga dalam perkara-perkara besar.*

**[Injil Lukas 16:10]**

*Aku akan menyertai engkau, Aku tidak akan membiarkan engkau dan tidak akan meninggalkan engkau.*

**[Yosua 1:5]**

*Sebab kamu tahu, bahwa ujian terhadap imanmu itu menghasilkan ketekunan.*

**[Yakobus 1:3]**

*Tidak ada yang lebih mencelakakan daripada bekerja dengan tidak memakai pengetahuan*

**[Goethe, Filsuf Jerman, 1700-an]**

*Kesuksesan adalah gabungan dari usaha-usaha yang kecil, diulangi dari hari ke hari.....*

**[Robert Collier]**

*Kebanggaan kita yang terbesar bukan karena tidak pernah gagal, tetapi bangkit kembali setiap kita jatuh.*

**[Confusius]**

*Kepuasan terletak pada usaha, bukan pada hasil. Berusaha dengan keras adalah kemenangan yang hakiki*

**[Mahatma Ghandi]**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Petrus Fanta Dwi Sutanto

NIM : 081910201026

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Pemadam Api Otomatis Dalam Ruang Berbasis *Image Processing* Dan *Neural Network* ” adalah benar – benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan subtansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 29 Januari 2014

Yang menyatakan,

Petrus Fanta Dwi Sutanto

NIM. 081910201026

**SKRIPSI**

**RANCANG BANGUN PEMADAM API OTOMATIS DALAM RUANGAN  
BERBASIS *IMAGE PROCESSING* DAN  
*NEURAL NETWORK***

Oleh

Petrus Fanta Dwi Sutanto

NIM 081910201026

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Satrio Budi Utomo, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ike Fibriani, S.T., M.T.

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Rancang Bangun Pemadam Api Otomatis Dalam Ruang Berbasis *Image Processing* Dan *Neural Network* ” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 29 Januari 2014

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

Satryo Budi Utomo, S.T., M.T.  
NIP. 19850126 200801 1 002

Ike Fibriani, S.T., M.T.  
NRP. 760011391

Penguji I

Penguji II

Bambang Supeno, S.T., M.T.  
NIP. 19690630 199512 1 001

Sumardi, S.T., M.T.  
NIP. 19670113 199802 1 001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP. 19610414 198902 1 001



**RANCANG BANGUN PEMADAM API OTOMATIS DALAM RUANGAN  
BERBASIS *IMAGE PROCESSING* DAN  
*NEURAL NETWORK***

**Petrus Fanta Dwi Sutanto<sup>1)</sup> Satryo Budi Utomo<sup>2)</sup> Ike Fibriani<sup>3)</sup>**

*E-mail:* petrusfanta@yahoo.co.id<sup>1)</sup> satryo.budiutomo@yahoo.com<sup>2)</sup>

Ik3fibriani.teknik@gmail.com<sup>3)</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

**ABSTRAK**

Unsur penting yang terdapat dalam sebuah alat pemadam api otomatis yaitu proses deteksi api dan pemadaman api. Alat pemadam api otomatis sebelumnya belum cukup akurat dan kurang efisien. Pengembangan alat pemadam api otomatis yang lebih akurat, efektif dan efisien sangatlah dibutuhkan. Metode *image processing* digunakan pada alat pemadam api otomatis ini untuk mengolah dan menganalisa citra/gambar sebuah titik api. Metode ini mampu mengolah komposisi warna merah (*red*), hijau (*green*), biru (*blue*) sebuah benda. Target api yang dideteksi sensor kamera CMUcam4 akan dibaca sebagai data RGB. Data RGB api diolah algoritma *neural network* sederhana, disimpan di dalam mikrokontroler, sebagai acuan untuk mendeteksi api. Saat api terdeteksi, servo standar dengan alat penyemprot air berhenti, CMUcam menghadap target api, motor *washer* aktif menyemprotkan air hingga api padam. Seluruh alur sistem pemadam api otomatis ini diprogram dengan Arduino Alpha berbasis C. Pengujian sistem meliputi : visualisasi CMUcam4, program, kinerja motor servo dan *washer*. Ketepatan dan keberhasilan pemadaman api menjadi tolak ukur keberhasilan alat ini. Nilai bit RGB hasil pengujian: merah (R) >74, hijau (G) >74, dan biru (B)>65. Nilai akurasi kesalahan sudut alat pemadam api otomatis sebesar 2-5 derajat dari titik api sebenarnya.

Kata Kunci : *Image Processing*, *Neural Network*, Pemadam Api Otomatis, RGB.

**DESIGN OF AUTOMATIC ROOM EXTINGUISHER USING IMAGE  
PROCESSING AND NEURAL NETWORK METHODS**

**Petrus Fanta Dwi Sutanto<sup>1)</sup> Satryo Budi Utomo<sup>2)</sup> Ike Fibriani<sup>3)</sup>**

*E-mail:* petrusfanta@yahoo.co.id<sup>1)</sup> satryo.budiutomo@yahoo.com<sup>2)</sup>

Ik3fibriani.teknik@gmail.com<sup>3)</sup>

*Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Jember University*

**ABSTRACT**

*The main substances in an automatic extinguisher are the fire detection system and the way to extinguished. The automatic extinguisher before was not enough accurately, and efficiently. The development for more accurate and more efficient automatic extinguisher are needed. Image processing method used in this automatic extinguisher to process and analyze picture of a fire spot. This method was capabled to process the colour composition Red, Green, and Blue of a thing. The fire target detected by CMUcam4 camera sensor will be read as RGB data. The fire RGB processed by simple algorithm of neural network, saved in microcontroller as reference to detect a fire. When a fire was detected, the Standart Servo equipped with sprayer tools stopped, CMUcam detected the fire target, the washer motor actived and sprayed water until the fire target is extinguished. The entire plot of this automatic extinguisher system was programmed with Arduino Alpha program based C. The system experiment includes : CMUcam4 visualization, programming, the performance of servo and washer motor. The precision and the success of fire extinguishing will be the goal of this project. The RGB bit value from the result of experiment: red (R) >74, green (G) >74, and blue (B)>65. The angle error accuracy value of the automatic extinguisher is about 2-5 degree from the real fire position.*

*Keywords: Automatic Extinguisher, Image Processing, Neural Network, RGB*

## RINGKASAN

**RANCANG BANGUN PEMADAM API OTOMATIS DALAM RUANGAN MENGGUNAKAN *IMAGE PROCESSING* DAN *NEURAL NETWORK*** ; Petrus Fanta Dwi Sutanto ; 081910201026 ; 2014 ; Program Studi Strata Satu Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Jember.

Perkembangan teknologi pengolahan citra saat ini menjadi populer dengan berbagai bentuk penerapannya di berbagai bidang seperti pada sistem keamanan, medis, robotika maupun *game* (permainan). Salah satu contohnya adalah sensor citra yang sudah dimanfaatkan pada bidang robotika. Mulai dari pendeteksi wajah sampai dengan pendeteksi produk di industri sudah memanfaatkan pengolahan citra. Pemanfaatan teknologi pengolahan citra juga dapat diimplementasikan di alat pemadam api otomatis yang digunakan dalam ruangan.

Secara garis besar, cara kerja alat pemadam api otomatis ini adalah menemukan target api melalui pembacaan pengolahan citra oleh kamera yang terintegrasi dengan mikrokontroler. Hasil pembacaan ini diolah kembali oleh sistem jaringan syaraf tiruan (NN) supaya diperoleh data target titik api dengan lebih tepat. Setelah target api terdeteksi kemudian pompa air menyemburkan air dalam lama waktu tertentu hingga api padam.

Penelitian ini menggunakan *sensor CMUcam4*, *sensor* ini mampu mendeteksi target api lewat pembacaan data komposisi warna *RGB: Red*(Merah), *Green*(Green), *Blue*(Biru). Aktuator yang digunakan dalam perancangan alat pemadam api otomatis ini yaitu : motor servo, dan seperangkat motor washer untuk menyemburkan air ke target api. Selain menggunakan *image processing*. Percobaan ini dilakukan dengan menguji kinerja tiap komponen alat yang meliputi : pengujian system visual sensor kamera CMUcam4, pengujian gerak servo, pengujian sistem motor *washer*, hingga pengujian sistem keseluruhan pemadam api otomatis dengan target api berupa nyala

lilin. Percobaan dilakukan di sebuah tempat dan kondisi ideal yang telah diatur oleh penulis supaya alat mampu bekerja dengan baik. Indikator keberhasilan dari percobaan pemadam api otomatis ini yaitu ketepatan sudut berhenti alat saat menghadap target lilin, dan keberhasilan alat melakukan tindakan pemadaman. Alat ini akan berhenti bila mendeteksi target api, kemudian menyalakan motor *washer* dan menyemburkan air untuk memadamkan target api. Nilai bit RGB saat sensor kamera mendeteksi api adalah: warna merah (R) >74, warna hijau (G) >74, dan warna biru (B) >65 (tabel 4.6 halaman 48). Saat percobaan dilangsungkan alat ini mampu berhenti di depan target api dengan *error* sudut ketepatan mencapai 2-5 derajat.

Dari pengujian tersebut menunjukkan adanya perbedaan sudut target antara pembacaan alat skripsi terhadap target api dengan kondisi yang terukur sebenarnya target api. *Error* yang terjadi dapat disebabkan adanya pembacaan *sensor* yang kurang akurat karena nyala lilin yang terus berubah sehingga pembacaan data RGB target api mengalami kesalahan, sehingga proses penyemprotan dilakukan berulang-ulang. Namun secara keseluruhan hasil dari alat ini sudah mampu mendeteksi keberadaan api dan memadamkan api.

## PRAKATA

Puji syukur kepada Allah Bapa, Putra-Nya Tuhan Yesus Kristus, dan Roh Kudus atas segala rahmat, kasih, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Pemadam Api Otomatis Dalam Ruang Berbasis *Image Processing* Dan *Neural Network* ”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ir. Widyono Hadi, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Satrio Budi Utomo, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, pikiran guna memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan skripsi ini.
3. Ike Fibriani, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dengan baik hati guna memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bambang Supeno, S.T., M.T. dan Sumardi, S.T., M.T. selaku Tim Penguji yang telah meluangkan banyak waktu, pikiran dan perhatiannya guna memberikan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini.
5. Ibunda M. Sutami, dan Ayahanda F.X. Taufan Handojono, serta kakak A. Hanunggal Prasetya, adik P. Fury Ratrining Handayani, terima kasih atas semua doa, dukungan baik secara materi maupun moral, dukungan kasih sayang serta doa restunya.
6. Teman – teman satu perjuangan di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Angkatan 2008 khususnya Dimas Agus (Ipung), Ibnu Arkham, Trian Ahmad, Ali Rizal, dan teman-teman lain yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu,

terima kasih atas dukungan dan bantuannya selama proses penyusunan skripsi ini.

7. Keluarga Ibu Tri Lestari, mbak Diah, dan saudara dari Dimas Agus, terima kasih atas bantuan moral, semangat, fasilitas, tempat yang nyaman untuk menyelesaikan skripsi ini.
8. Keluarga Bapak Ari, Ibu Anas, Adik Aster, dan terutama Adik Aninditya Maria Shaviratri yang telah memberi bantuan semangat, doa dan tenaga.
9. Keluarga Teko Café Mbak Sisil, Mbak Wilis, Ce Vivi, Mbah Pipit, Sylvie, Veven, yang telah memberi bantuan nasehat motivasi, dukungan moral, semangat, dan kebersamaan.
10. Keluarga besar OMK, SNC, PMKRI dan Vox Angelis yang telah menghadirkan suasana kebersamaan, dan persahabatan yang baik.
11. Pihak – pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas dukungan dan motivasi kalian dalam penyusunan skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro khususnya konsentrasi elektronika. Kritik dan saran yang membangun diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya.

Jember, 29 Januari 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBING .....</b>	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>ix</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>x</b>
<b>PRAKATA.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Pengolahan citra Digital ( <i>Image processing</i> ) .....	5
2.1.1 Pengolahan warna .....	8
2.2 Jaringan syaraf tiruan (JST).....	9
2.3 <i>Sensor</i> .....	12
2.4 Mikrokontroler.....	15

2.5 Motor servo.....	19
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>22</b>
3.1 Lokasi dan Tempat Penelitian .....	22
3.2 Tahapan Perencanaan .....	22
3.3 Spesifikasi Sistem.....	23
3.4 Perancangan Sistem.....	24
3.5 Perancangan Mekanik.....	26
3.6 Perancangan Elektronik.....	27
3.6.1 Rangkaian Arduino MEGA 2560.....	27
3.6.2 Rangkaian Skematik CMUcam 4.....	28
3.6.3 Rangkaian listrik driver motor <i>washer</i> dan regulator.....	29
3.7 Perancangan <i>Software</i> .....	30
3.7.1 <i>Firmware</i> CMUcamGUI.....	30
3.7.2 Program Arduino.....	32
3.8 Flowchart.....	36
3.9 Perancangan proses mendeteksi api menggunakan <i>image processing</i> dan <i>neural network</i> .....	37
<b>BAB 4. PEMBAHASAN DAN ANALISA DATA .....</b>	<b>39</b>
4.1 Pengujian sistem .....	39
4.2 Performa Program Pengembangan .....	40
4.3 Kinerja Perangkat .....	40
4.3.1 CMUcam 4 .....	40
4.3.2 Pengujian pada Sistem Vision .....	42
4.3.3 Pengujian Sistem Vision terhadap Statistik Warna.....	43
4.3.4 Pengujian Sistem Vision terhadap Sistem Keseluruhan .....	43
4.3.5 Pengujian servo .....	44
4.3.6 Pengujian Arduino Mega MEGA 2560.....	45
4.3.7 Pengujian Motor <i>Washer</i> .....	46
4.4 Analisa Program Pengolahan Citra pada CMUcam4 .....	46



4.4.1 Inisialisasi sistem dan <i>device</i> .....	46
4.4.2 Analisa Percobaan .....	48
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	<b>54</b>
5.1 Kesimpulan .....	54
5.2 Saran .....	54
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	
<b>LAMPIRAN</b> .....	

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Skema perangkat keras untuk pengolahan citra beserta aliran . datanya.....	6
Gambar 2.2 Diagram JST .....	10
Gambar 2.3 CMUcam .....	13
Gambar 2.4 <i>Arduino Board</i> .....	18
Gambar 2.5 pulsa sinyal servo .....	19
Gambar 2.6 motor servo .....	20
Gambar 2.7 motor servo standar .....	20
Gambar 3.1 Blok Diagram Perancangan Sistem .....	24
Gambar 3.2 Rancangan mekanik pemadam otomatis dalam ruangan.....	26
Gambar 3.3 skematik rangkaian Arduino MEGA 2560 .....	27
Gambar 3.4 skematik rangkaian CMUcam 4 .....	28
Gambar 3.5 skematik rangkaian <i>driver</i> motor <i>washer</i> dan regulator.....	29
Gambar 3.6 tampilan mode <i>viewing</i> dari CMUcamGUI .....	30
Gambar 3.7 Tampilan mode <i>tracking</i> dari CMUcamGUI .....	30
Gambar 3.8 tampilan mode <i>Options</i> dari CMUcamGUI .....	31
Gambar 3.9 tampilan instalasi CMUcam4 .....	31
Gambar 3.10 tampilan IDE Arduino Alpha .....	32
Gambar 3.11 tampilan menu <i>file</i> program Arduino .....	33
Gambar 3.12 tampilan menu <i>edit</i> program Arduino .....	34
Gambar 3.13 tampilan menu <i>sketch</i> program Arduino .....	34
Gambar 3.14 tampilan menu <i>tools</i> program Arduino.....	35
Gambar 3.15 tampilan menu <i>help</i> program Arduino .....	35
Gambar 3.16 <i>Flowchart</i> .....	36
Gambar 3.17 Diagram blok proses mendeteksi api.....	38
Gambar 4.1 Diagram alur pengujian sistem.....	39
Gambar 4.2 CMUcam4 aktif dan terhubung dengan sistem .....	41

Gambar 4.3	Pengujian pergerakan servo.....	45
Gambar 4.4	Pengujian komunikasi antara Arduino dengan CMUcam .....	45
Gambar 4.5	<i>header file</i> .....	47
Gambar 4.6	Pengujian kepekaan CMUcam dengan nyala api .....	48
Gambar 4.7	Arsitektur <i>Neural Network</i> .....	51

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kriteria warna dari komponen RGB .....	9
Tabel 2.2 Perbedaan seri mikrokontroler AVR.....	16
Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Atmega 2560 .....	18
Tabel 3.1 <i>Port</i> Arduino Mega 2560 yang dipakai.....	28
Tabel 3.2 Fungsi menu <i>shortcut</i> program arduino .....	33
Tabel 4.1 Evaluasi program.....	40
Tabel 4.2 Pengujian kamera terhadap benda dengan latar berbeda .....	42
Tabel 4.3 Pengujian kamera terhadap level warna api.....	43
Tabel 4.4 Pengujian kamera terhadap jarak titik api .....	44
Tabel 4.5 Pengujian pompa <i>washer</i> .....	46
Tabel 4.6 Pengujian RGB api lilin .....	49
Tabel 4.7 Kesalahan akurasi sudut.....	50