

**IMPLEMENTASI DETEKSI OBJEK BERBASIS WARNA
PADA ROBOT SEPAK BOLA BERODA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat
Strata-1 Pada Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



**Disusun Oleh:
MUHAMMAD FAJAR GUMELAR
20140120142**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2019

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Fajar Gumelar
NIM : 20140120142
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

Menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir dengan judul, **“IMPLEMENTASI DETEKSI OBJEK BERBASIS WARNA PADA ROBOT SEPAK BOLA BERODA”**, Sejauh yang saya ketahui merupakan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan saya sendiri, bukan hasil duplikasi dari skripsi dan/atau karya ilmiah lainnya yang pernah dipublikasikan dan/atau pernah dipergunakan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, terkecuali bagian yang sumber informasinya telah dicantumkan sebagaimana mestinya. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan dapat dipertanggung jawabkan.

Yogyakarta, 15 Maret 2019



Muhammad Fajar Gumelar

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk Allah SWT, ke dua orang tua tercinta (Bapak Tantowi Budi Sampurna & Ibu Sutini), keluarga saya, dan seluruh sahabat tercinta yang telah mendukung jalannya penelitian tugas akhir ini.

HALAMAN MOTTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai [dari sesuatu urusan], tetaplah bekerja keras [untuk urusan yang lain] Dan hanya kepada tuhan mulah engkau berharap”

(QS. Al-Insyirah : 6 - 8)

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagi kamu. Dan boleh jadi kamu mencintai sesuatu, padahal ia amat buruk bagi kamu. Allah Maha Mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui,”

(QS. Al-Baqarah : 216)

“Kerjakanlah kebaikan meskipun kamu anggap itu kecil, sebab engkau tidak tahu kebaikan mana yang memasukkanmu ke surga”

(Hasan Al-Bashri)

“Menyia-nyiakan waktu lebih buruk dari kematian karena kematian memisahkanmu dari dunia sementara, menyia-nyiakan waktu memisahkanmu dari Allah”

(Imam bin Al Qayim)

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Alhamdulillah, puji syukur atas kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir berjudul, “**Implementasi Deteksi Objek Berbasis Warna pada Robot Sepak Bola Beroda**” dengan baik. Penelitian Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat mencapai derajat Strata-1 pada program studi teknik elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Dalam penelitian Tugas Akhir ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan, arahan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini dengan hormat penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta yang tidak henti-hentinya selalu memberikan doa, dukungan, nasihat serta semangat.
2. Bapak Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Bapak Rama Okta Wiyagi, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan arahan serta bimbingan selama kegiatan penelitian tugas akhir ini berlangsung.
4. Bapak Kunnu Purwanto, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan serta bimbingan selama kegiatan penelitian tugas akhir ini berlangsung.
5. Bapak Muhamad Yusvin Mustar, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Seluruh staf dosen pengajar dan staf laboratorium teknik elektro UMY yang telah memberikan ilmu selama penulis menempuh pendidikan di teknik elektro UMY.

7. Seluruh anggota tim KRSBI-Beroda Mr Dev, terutama Shalihuddin Al Fatah yang telah memberikan banyak masukan dan bantuan dalam kegiatan penelitian Tugas Akhir ini.
8. Seluruh teman-teman MRC (*Microcontroller and Robotic Club*) yang telah banyak membantu dan memberikan masukan dalam kegiatan penelitian Tugas Akhir ini.
9. Teman-teman kos Bapak Suhardjiono yang telah memberikan dukungan dan semangat.
10. Faradila Ary Syalsabilla yang telah memberikan dukungan dan semangat.

Akhir kata, penulis berharap hasil penelitian Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua, terutama bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya teknologi.

Yogyakarta, 15 Maret 2019

Muhammad Fajar Gumelar

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN I	ii
HALAMAN PENGESAHAN II	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR GRAFIK	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
INTISARI	xviii
ABSTRACT	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Dasar Teori	9
2.2.1 Bahasa Pemrograman Python	9
2.2.2 OpenCV	10
2.2.3 Ruang Warna (<i>Color Space</i>)	12
2.2.4 <i>Thresholding</i>	15
2.2.5 Transformasi Morfologi (<i>Morphological Transformation</i>)	17

2.2.6	Filter 2D <i>Convolution</i>	20
2.2.7	Kontur (<i>Contours</i>)	21
2.2.8	Trigonometri Segitiga Siku-Siku	27
2.2.9	Komunikasi Serial	28
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1	Identifikasi Masalah	30
3.2	Studi Literatur	30
3.3	Desain Sistem	30
3.4	Pembuatan Program	33
3.4.1	Algoritma Pendeteksian Objek Berbasis Warna	33
3.4.2	Algoritma Koordinat pada Objek Terdeteksi	38
3.4.3	Algoritma Sudut Objek Terdeteksi terhadap Kamera	38
3.4.3.1	Kamera Depan	39
3.4.3.2	Kamera Omnivision	40
3.4.4	Algoritma Sistem Anti- <i>Noise</i> Warna Bola	41
3.4.5	Tampilan Sistem Utama	42
3.5	Pengujian Sistem	44
3.5.1	Lokasi Pengujian	44
3.5.2	Perlakuan Pengujian Sistem	45
BAB IV	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	53
4.1	Pengujian Fungsionalitas Fitur-Fitur pada Sistem	53
4.1.1	Pengujian Fitur <i>Tuning</i> Warna HSV	53
4.1.1.1	<i>Tuning</i> Warna HSV Lapangan	53
4.1.1.2	<i>Tuning</i> Warna Bola pada Kamera Depan	53
4.1.1.3	<i>Tuning</i> Warna Bola pada Kamera Omnivision	54
4.1.1.4	<i>Tuning</i> Warna Gawang	55
4.1.2	Pengujian Fitur <i>Save</i> dan <i>Load</i>	56
4.1.2.1	Pengujian Fitur <i>Save</i>	56
4.1.2.2	Pengujian Fitur <i>Load</i>	58
4.1.3	Pengujian Fitur Pergantian Tanda Warna Lawan	59
4.1.4	Pengujian Fitur <i>Help</i> , <i>Return</i> dan <i>Exit</i>	60

4.1.4.1	Fitur <i>Help</i>	60
4.1.4.2	Fitur <i>Return</i>	60
4.1.4.3	Fitur <i>Exit</i>	60
4.2	Pengujian Pembacaan Sudut pada Kamera Omnivision	61
4.3	Pengujian Pembacaan Sudut pada Kamera Depan	63
4.4	Pengujian Deteksi Lapangan	67
4.5	Pengujian Deteksi Bola pada Kamera Depan	72
4.6	Pengujian Deteksi Bola pada Kamera Omnivision	78
4.7	Pengujian Anti- <i>Noise</i> Warna Bola	84
4.8	Pengujian Deteksi Tanda Warna Lawan	86
4.9	Pengujian Deteksi Gawang Lawan	93
4.10	Pengujian Nilai FPS pada Kamera Depan dan Omnivision	97
4.11	Pengujian Pengiriman Data ke <i>Microcontroller</i>	100
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		102
5.1	Kesimpulan	102
5.2	Saran	103
DAFTAR PUSTAKA		105
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pemodelan ruang warna RGB	13
Gambar 2.2 Pemodelan ruang warna HSV	14
Gambar 2.3 Tingkat Derajat <i>Grayscale</i> 8 bit	15
Gambar 2.4 (a) Gambar Asli, (b) Hasil <i>Global Thresholding</i> ($v = 127$), (c) Hasil <i>Adaptive Mean Thresholding</i> , dan (d) Hasil <i>Adaptive Gaussian Thresholding</i>	16
Gambar 2.5 (a) Gambar Asli, (b) Hasil <i>Thresholding</i> atau <i>Masking</i> Warna	17
Gambar 2.6 Hasil Operasi Erosi (<i>Erosion</i>)	18
Gambar 2.7 Hasil Operasi Dilasi (<i>Dilation</i>)	18
Gambar 2.8 Hasil Operasi <i>Opening</i>	19
Gambar 2.9 Hasil Operasi <i>Closing</i>	20
Gambar 2.10 Hasil Operasi Filter 2D <i>Convolution</i>	21
Gambar 2.11 (a) Kontur Terbuka, (b) Kontur Tertutup	22
Gambar 2.12 (a) Arah Kode Rantai, (b) Representasi Batas Objek dalam Kode Rantai	23
Gambar 2.13 Contoh Hasil Pengkodean Kode Rantai pada Tepi Objek	23
Gambar 2.14 Kotak Warna Hijau adalah <i>Straight Bounding Rect</i> , dan Kotak Warna Merah adalah <i>Rotated Bounding Rect</i>	25
Gambar 2.15 (a) Hasil <i>Minimum Enclosing Circle</i> , (b) <i>Fitting an Ellipse</i>	25
Gambar 2.16 Titik-Titik Ekstrim Kontur Objek	26
Gambar 2.17 Segitiga Siku-Siku	27
Gambar 2.18 USB <i>Type A</i> to <i>Type B</i>	28
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian Tugas Akhir	29
Gambar 3.2 Posisi Kamera Depan pada Robot Sepak Bola Mr Dev	31
Gambar 3.3 Posisi Kamera Omnivision pada Robot Sepak Bola Mr Dev	32
Gambar 3.4 Block Diagram Sistem <i>Image Processing</i> pada Robot Sepak Bola Mr Dev	32

Gambar 3.5 Diagram Alir Proses Deteksi Objek Berbasis Warna pada Robot Sepak Bola Mr Dev	37
Gambar 3.6 Metode Trigonometri Segitiga Siku-Siku pada Kamera Depan	40
Gambar 3.7 Metode Trigonometri Segitiga Siku-Siku pada Kamera Omnivision.....	41
Gambar 3.8 (a) Tampilan Utama Program, (b) Contoh Tampilan <i>Tuning Range</i> Warna HSV Bola pada Kamera Depan	42
Gambar 3.9 Diagram Alir Program	43
Gambar 3.10 Sumber Pencahayaan (a) Primer dan (b) Sekunder pada Lokasi Pengujian	44
Gambar 3.11 Kondisi Gawang dan Lapangan untuk Pengujian dan Pengambilan Data	45
Gambar 4.1 <i>Tuning</i> Warna Lapangan	53
Gambar 4.2 <i>Tuning</i> Warna Bola pada Kamera Depan	54
Gambar 4.3 <i>Tuning</i> Warna Bola pada Kamera Omnivision	55
Gambar 4.4 <i>Tuning</i> Warna Gawang	56
Gambar 4.5 Nilai Parameter Awal Sebelum Proses <i>Tuning</i>	56
Gambar 4.6 Nilai Parameter Tersimpan Setelah Dilakukan <i>Tuning</i> Warna Lapangan	57
Gambar 4.7 Nilai Parameter Tersimpan Setelah Dilakukan <i>Tuning</i> Bola pada Kamera Depan	57
Gambar 4.8 Nilai Parameter Tersimpan Setelah Dilakukan <i>Tuning</i> Bola pada Kamera Omnivision	57
Gambar 4.9 Nilai Parameter Tersimpan Setelah <i>Tuning</i> Gawang Selesai	58
Gambar 4.10 Nilai Parameter Tersimpan jika Musuh Berwarna Magenta	59
Gambar 4.11 Nilai Parameter Tersimpan jika Musuh Berwarna Cyan	59
Gambar 4.12 Tampilan pada Sistem setelah Perintah <i>Help</i> Dijalankan	60
Gambar 4.13 Contoh Hasil Pembacaan Sudut pada Kamera Omnivision: (a)Sisi Kiri (-90°), (b)Sisi Kanan (90°), (c)Sisi Belakang ($180^\circ/-180^\circ$)	61
Gambar 4.14 Luas Jangkauan Deteksi Sudut pada Kamera Omnivision	63
Gambar 4.15 Contoh Hasil Pembacaan Sudut pada Kamera Depan: (a)Sisi Tengah, (b)Sisi Kiri, (c)Sisi Kanan <i>Frame</i>	65

Gambar 4.16 Jangkauan Terjauh Deteksi Objek pada Kamera Depan	66
Gambar 4.17 Hasil Proses Masking Warna Lapangan	68
Gambar 4.18 Hasil Proses <i>Opening</i> Warna Lapangan	68
Gambar 4.19 Hasil Proses <i>Closing</i> Warna Lapangan	69
Gambar 4.20 Hasil Proses Filter <i>2D Convolution</i> Warna Lapangan	70
Gambar 4.21 Hasil Proses <i>Thresholding</i> Warna Lapangan	70
Gambar 4.22 Hasil Proses Kontur Warna Lapangan	71
Gambar 4.23 Tahapan Proses Deteksi Tepi Lapangan Sepak Bola	71
Gambar 4.24 Hasil Proses <i>Masking</i> Warna Bola Kamera Depan	72
Gambar 4.25 Hasil Proses <i>Opening</i> Warna Bola Kamera Depan	73
Gambar 4.26 Hasil Proses <i>Closing</i> Warna Bola Kamera Depan	74
Gambar 4.27 Hasil Proses Filter <i>2D Convolution</i> Warna Bola pada Kamera Depan	74
Gambar 4.28 Hasil Proses <i>Thresholding</i> Warna Bola Kamera Depan	75
Gambar 4.29 Hasil Akhir Deteksi Bola pada Kamera Depan	75
Gambar 4.30 Tahapan Proses Deteksi Bola pada Kamera Depan	76
Gambar 4.31 (a) Jarak Minimum dan (b) Jarak Maksimum Deteksi Bola Kamera Depan	77
Gambar 4.32 Ilustrasi Jarak Jangkauan Deteksi Bola pada Kamera Depan	78
Gambar 4.33 Hasil Proses <i>Masking</i> Warna Bola Kamera Omnivision	79
Gambar 4.34 Hasil Proses <i>Closing</i> Warna Bola Kamera Omnivision	80
Gambar 4.35 Hasil Proses Filter <i>Smoothed</i> Warna Bola Kamera Omnivision ...	80
Gambar 4.36 Hasil Proses <i>Thresholding</i> Warna Bola Kamera Omnivision	81
Gambar 4.37 Hasil Akhri Deteksi Bola pada Kamera Omnivision	81
Gambar 4.38 Tahapan Proses Deteksi Bola pada Kamera Omnivision	82
Gambar 4.39 Contoh Pengujian Jarak Deteksi (a) Minimum dan (b) Maksimum pada Kamera Omnivision	84
Gambar 4.40 Ilustrasi jangkauan terjauh deteksi Bola pada Kamera Omnivision	84

Gambar 4.41 Hasil Pengujian Anti-Noise Warna Bola pada kamera Depan: (a)Di Dalam Lapangan (b)Di Luar Lapangan	85
Gambar 4.42 Hasil Pengujian Anti-Noise Warna Bola pada kamera Omnivision: (a)Di Dalam Lapangan (b)Di Luar Lapangan	86
Gambar 4.43 Hasil Pengujian Proses <i>Masking</i> pada Deteksi Tanda Warna Lawan: (a)Magenta, (b)Cyan	87
Gambar 4.44 Hasil Pengujian Proses <i>Closing</i> pada Deteksi Tanda Warna Lawan: (a)Magenta (b)Cyan	88
Gambar 4.45 Hasil Pengujian Proses Filter 2D <i>Convolution</i> pada Deteksi Tanda Warna Lawan: (a)Magenta (b)Cyan	89
Gambar 4.46 Hasil Pengujian Proses <i>Thresholding</i> pada Deteksi Tanda Warna Lawan: (a)Magenta (b)Cyan	89
Gambar 4.47 Hasil Akhir Deteksi Tanda Warna Lawan: (a)Magenta, (b)Cyan ..	90
Gambar 4.48 Tahapan Proses Deteksi Tanda Warna Lawan	90
Gambar 4.49 Contoh Pengujian Jarak (a)Minimum dan (b)Maksimum Deteksi Tanda Warna Lawan	92
Gambar 4.50 Ilustrasi Jangkauan Jarak Terjauh Deteksi Tanda Warna Lawan ...	92
Gambar 4.51 Hasil Proses <i>Masking</i> Warna Gawang Lawan	93
Gambar 4.52 Hasil Proses <i>Opening</i> Warna Gawang Lawan	94
Gambar 4.53 Hasil Proses <i>Closing</i> Warna Gawang Lawan	95
Gambar 4.54 Hasil Proses 2D <i>Convolution</i> Warna Gawang Lawan	95
Gambar 4.55 Hasil Proses <i>Thresholding</i> Warna Gawang Lawan	96
Gambar 4.56 Hasil Akhir Deteksi Titik Tembak pada Gawang Lawan	96
Gambar 4.57 Tahapan Proses Deteksi Titik Tembak pada Gawang Lawan	97
Gambar 4.58 Contoh Hasil Pengujian FPS pada Kamera Depan	98
Gambar 4.59 Contoh Hasil Pengujian FPS pada Kamera Omnivision	99
Gambar 4.60 Tampilan Data saat Berhasil Diterima Kembali pada Sistem	101

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Grafik Perbandingan Hasil Pembacaan Sudut antara Busur Derajat dengan Sistem pada Kamera Omnivision	62
Grafik 4.2 Grafik Perbandingan Hasil Pembacaan Sudut antara Busur Derajat dengan Sistem pada Kamera Depan	64
Grafik 4.3 Hasil Pengujian FPS pada Kamera Depan dalam 10 Kali Percobaan ...	98
Grafik 4.4 Hasil Pengujian FPS pada Kamera Omnivision dalam 10 Kali Percobaan	100

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Pembacaan Sudut pada Kamera Omnivision	61
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Pembacaan Sudut pada Kamera Depan	64
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Pembacaan Sudut Deteksi Terjauh pada Kamera Depan	66
Tabel 4.4 Hasil Penyetelan Nilai HSV pada Warna Lapangan	67
Tabel 4.5 Hasil Penyetelan Nilai HSV Warna Bola pada Kamera Depan	72
Tabel 4.6 Jarak Deteksi Minimum dan Maksimum Bola pada Kamera Depan ...	77
Tabel 4.7 Hasil Penyetelan Nilai HSV Warna Bola pada Kamera Omnivision ...	78
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Jarak Minimum dan Maksimum Deteksi Bola pada Kamera Omnivision	83
Tabel 4.9 Hasil Penyetelan Nilai HSV Warna Lawan	87
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Jarak Minimum dan Maksimum Deteksi Tanda Warna Lawan	91
Tabel 4.11 Hasil Penyetelan Nilai <i>Grayscale</i> Warna Gawang Lawan	93
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Nilai FPS pada Kamera Depan	98
Tabel 4.13 Hasil Pengujian Nilai FPS pada Kamera Omnivision	99