

Kunnu Purwanto, ST. M.Eng

**IMPLEMENTASI DETEKSI OBJEK BERBASIS WARNA PADA ROBOT
SEPAK BOLA BERODA
IMPLEMENTATION OF COLOR BASED OBJECT DETECTION ON
WHEELED SOCCER ROBOT**

Muhammad Fajar Gumelar
Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
e-mail: mdjargum@gmail.com

Intisari: Pada Kontes Robot Sepak Bola Beroda Indonesia terdapat banyak peraturan yang mengatur tentang warna objek, seperti warna bola, gawang, tanda warna lawan dan lapangan pertandingan. Berdasarkan pada faktor tersebut, maka pada penelitian ini dibuat sebuah sistem deteksi objek berbasis warna untuk mendeteksi objek-objek tersebut. Tahapan proses deteksi dimulai dengan mengkonversi citra RGB menjadi HSV, kemudian *opening*, *closing*, selanjutnya filter 2D *Convolution*, lalu *thresholding*, dan diakhiri dengan mendapatkan kontur warna dari objek terdeteksi, sehingga dengan demikian dapat dilakukan analisis *moment* untuk mendapatkan koordinat *center of gravity* dari objek tersebut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem deteksi objek berbasis warna Mr Dev telah mampu mendapatkan data-data berupa koordinat dan sudut bola, koordinat dan sudut titik tembak pada gawang lawan, koordinat dan sudut tanda warna lawan, serta data tepi lapangan. Selain itu, fitur *anti-noise* warna bola juga telah dapat berjalan dengan baik. Sistem tersebut mampu mendapatkan rata-rata nilai FPS sebesar 25,324 pada kamera depan, dan 20,174 pada kamera omnivision.

Kata Kunci : deteksi objek berbasis warna, HSV, *opening*, *closing*, filter 2D *Convolution*, *thresholding*, kontur, koordinat, sudut, *anti-noise* warna bola

Abstract: *In the Indonesian Wheeled Soccer Robot Contest there are many regulations about the color of objects, such as the color of the ball, the goal, the mark of the opponent's color, and the match field. Based on these factors, this research aims to build a color-based object detection system to detect those object. The detection process starts with transforming RGB into HSV, then opening, closing, then filters 2D Convolution, after that thresholding, and finally getting the color's contour of the object, so moment analysis can be done and coordinates of the object's center of gravity can be gained. The test results showed that Mr. Dev's color-based object detection system is able to obtain data of ball's coordinates and angles, shooting target's coordinates and angles, enemy color marker's coordinates and angles, and field's edges data. Besides that, the ball color's anti-noise system has also run well. The system is able to get an average FPS value of 25,324 on the front camera, and 20,174 on the omnivision camera.*

Keywords: *color-based object detection, HSV, opening, closing, filters 2D Convolution, thresholding, contour, coordinates, angles, ball color's anti-noise*

I. PENDAHULUAN

Sebuah robot sepak bola dituntut untuk memiliki kemampuan dasar seperti mengikuti pergerakan bola, menggiring bola, dan menendang bola ke gawang lawan. Oleh sebab itu, maka robot sepak bola setidaknya harus memiliki kemampuan untuk dapat mendeteksi empat buah komponen dasar dalam permainan sepak bola, yaitu bola, lapangan sepak bola, robot lawan, dan juga gawang lawan. Salah satu teknologi yang memungkinkan robot sepak bola untuk dapat melakukan hal-hal tersebut adalah dengan *image processing* atau pengolahan citra. Jika diibaratkan pada manusia, maka *image processing* adalah indera mata yang terintegrasi dengan otak. Sedangkan pada robot, modul kamera adalah mata dan *processor* adalah otaknya. Selain itu, dalam ajang perlombaan KRSBI-Beroda terdapat banyak peraturan yang terkait dengan warna, seperti penentuan warna bola, gawang, lapangan, body robot dan tanda warna robot. Jadi dengan demikian, metode deteksi objek berbasis warna sangat cocok untuk digunakan dalam penelitian ini.

II. KAJIAN TEORI

2.1. HSV

HSV merupakan singkatan dari *Hue*, *Saturation*, dan *Value*. Dimana *Hue* menyatakan warna yang sebenarnya, misalkan sebuah objek memiliki warna biru, itu artinya objek tersebut memantulkan *hue* biru. Sedangkan *saturation* merupakan tingkat kekuatan warna, atau dengan kata lain kuat (tua) atau lemahnya (muda) suatu warna, dan *Value*

merupakan tingkat kecerahan atau *brightness* dari suatu warna.

2.2. Grayscale

Citra *grayscale* hanya memiliki warna dengan tingkat keabuan. Nilai intensitas dari citra *grayscale* disimpan dalam 8 bit *integer*, atau dengan kata lain memiliki nilai mulai dari 0 (hitam) hingga 255 (putih).

2.3. Threshold

Thresholding merupakan teknik untuk memisahkan antara suatu objek yang menjadi target (objek *foreground*) dengan yang menjadi latar belakangnya (*background*). Pada umumnya metode ini menggunakan dua buah warna yaitu hitam dan putih (0 dan 1). Warna hitam akan merepresentasikan latar belakang, sedangkan warna putih digunakan untuk menggambarkan target atau objek *foreground*.

Teknik *thresholding* tidak hanya dapat diterapkan pada citra *grayscale* saja, tetapi juga dapat digunakan pada citra dengan ruang warna HSV. Penerapan *thresholding* pada ruang warna HSV pada umumnya digunakan untuk menyeleksi warna tertentu yang diinginkan dan membuang warna lain selain warna yang ditargetkan tersebut.

2.4. Opening

Opening adalah nama lain dari teknik transformasi erosi yang kemudian diikuti oleh dilasi. Teknik ini sangat berguna untuk menghilangkan *noise* yang berada disekitar objek tanpa harus mengorbankan luas wilayah warna atau ukuran dari objek *foreground*.

2.5. Closing

Closing merupakan kebalikan dari *opening*, yaitu teknik dilasi yang kemudian diikuti oleh erosi. Teknik

ini sangat berguna untuk menutupi *noise* warna lain yang terdapat di dalam warna asli dari objek *foreground*.

2.6. Filter 2D Convolution

Filter 2D *Convolution* digunakan sebagai *low-pass* filter yang mana akan berguna untuk mengurangi tingkat *noise* dan membuat citra menjadi tersamarkan.

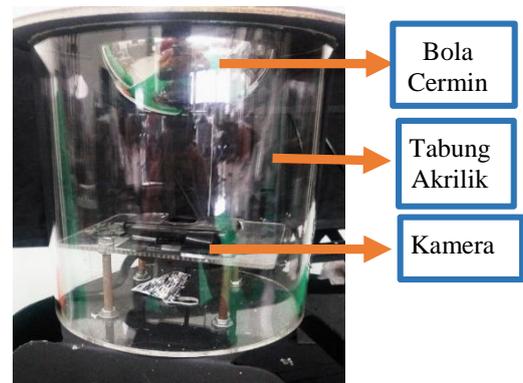
2.7. Kontur

Secara sederhana kontur dapat diartikan sebagai rangkaian piksel yang membentuk batas daerah (*region boundary*). Teknik kontur sangat penting dalam pendeteksian objek berbasis warna, hal itu karena setelah didapatkan kontur objek terdeteksi maka dimungkinkan untuk dapat melakukan analisis *moment* yang berfungsi untuk mendapatkan titik pusat massa dari warna objek tersebut.

III. METODOLOGI

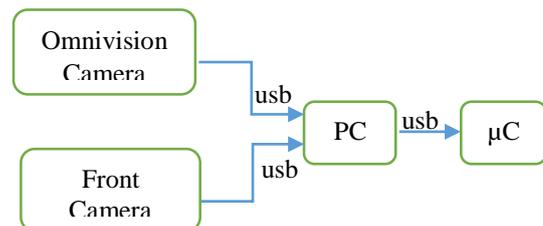
3.1. Desain Sistem

Sistem *image processing* pada penelitian ini menggunakan dua buah kamera, yaitu kamera depan dan omnivision. Kamera depan berperan untuk mengindera objek yang berada pada wilayah di depan robot, atau lebih khususnya untuk mendeteksi objek yang berjarak relatif jauh dari robot. Sedangkan kamera omnivision yang memiliki luas jangkauan sebesar 360° berperan sebagai pengindera area yang menjadi titik buta dari kamera depan. Meskipun demikian kamera omnivision tidak dapat menjangkau objek yang berjarak relatif jauh. Jadi dengan demikian kamera depan dan omnivision dapat saling melengkapi satu sama lainnya.



Gambar 3.1 Kamera Omnivision pada Robot Sepak Bola Mr Dev

Input citra dari kedua kamera tersebut kemudian diolah dengan menggunakan PC, dan selanjutnya output dari sistem *image processing* dikirimkan ke *microcontroller* dengan menggunakan komunikasi serial.



Gambar 3.2 Block Diagram Sistem *Image Processing* pada Robot Sepak Bola Mr Dev

3.2. Pembuatan Program

Berikut adalah rangkaian proses pendeteksian objek berbasis warna yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Konversi Citra RGB Menjadi HSV dan *Grayscale*

Dalam penelitian ini, citra RGB dikonversikan menjadi HSV dalam proses pendeteksian bola, lapangan, dan tanda warna lawan. Sedangkan dalam proses pendeteksian gawang, RGB dikonversikan menjadi citra *Grayscale*.

2. *Masking* Warna

Proses *Masking* diawali dengan melakukan *tuning* nilai parameter batas atas dan bawah warna HSV dan *grayscale*. Hasil *tuning* tersebut kemudian digunakan sebagai *range* warna objek yang ingin dideteksi. Sehingga warna diluar *range* tersebut tidak akan terdeteksi oleh sistem.

3. *Opening* Warna

Tujuan dari proses *opening* warna adalah untuk mengurangi tingkat *noise* berupa objek-objek lain yang memiliki warna serupa dengan objek yang ingin dideteksi. Hal tersebut dapat dilakukan karena objek-objek *noise* tersebut berada di luar lapangan, sehingga jaraknya akan lebih jauh daripada objek yang akan dideteksi. Hal tersebut mengakibatkan luas wilayah warna objek-objek *noise* tersebut menjadi lebih kecil daripada objek yang akan dideteksi, sehingga dengan demikian dimungkinkan untuk dapat mengeliminasi *noise* tersebut dengan menggunakan teknik transformasi *opening*.

4. *Closing* Warna

Tidak seperti tahap *opening* yang akan mengeliminasi warna yang memiliki luas wilayah berukuran kecil, tahap *closing* memiliki tugas untuk menutupi atau menambal suatu warna yang di dalamnya terdapat warna-warna lain.

5. Filter

Filter 2D *Convolution* akan membuat warna objek terdeteksi menjadi tersamarkan atau *blur*, sehingga dapat membantu

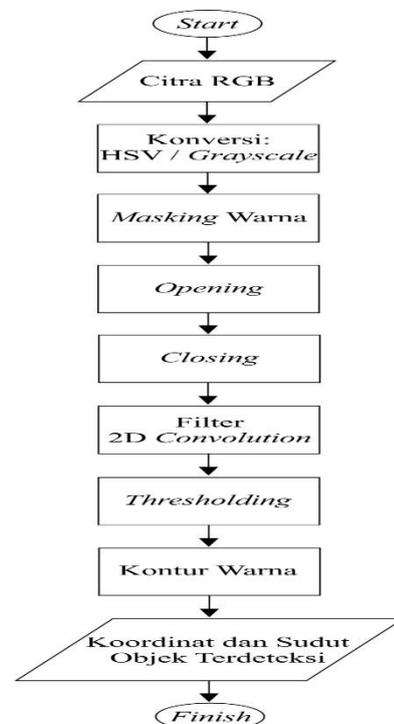
mengurangi tingkat *noise* dan memperluas wilayah warna dari objek yang ingin dideteksi.

6. *Thresholding*

Tahap *thresholding* akan mengembalikan citra blur menjadi jelas atau tajam kembali. Pada tahap ini akan terlihat efek dari tahap filter 2D *Convolution*, yaitu luas wilayah warna objek terdeteksi menjadi lebih luas, serta tingkat *noise* menjadi berkurang.

7. Kontur

Tahap ini berfungsi untuk mendapatkan data kontur dari bola, lapangan, gawang dan tanda warna lawan, sehingga dengan demikian dapat dilakukan analisis *moment* untuk mendapatkan data *center of gravity* objek-objek tersebut. Data tersebut kemudian digunakan sebagai posisi koordinat objek tersebut.



Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Deteksi Objek

IV. HASIL PENELITIAN

4.1. Pembacaan Sudut pada Kamera Omnivision

Hasil pengujian pembacaan sudut pada kamera omnivision menunjukkan rata-rata tingkat *error* sebesar 1,0725% atau dengan kata lain terdapat selisih sebesar 1,0725° antara busur derajat dengan sistem.

4.2. Pembacaan Sudut pada Kamera Depan

Hasil pembacaan sudut pada kamera depan menunjukkan rata-rata tingkat *error* sebesar 1,58% atau dengan kata lain terdapat selisih sebesar 1,58° antara busur derajat dengan sistem. Sedangkan rata-rata hasil pembacaan sudut terjauh objek dapat terdeteksi pada kamera depan adalah sebesar 51,53° pada sisi kanan kamera dengan rata-rata *error* sebesar 1,53% dan -51,64° pada sisi kiri kamera dengan rata-rata *error* 1,64%. Jadi dengan demikian luas jangkuan kamera depan adalah rata-rata sebesar 103,17°.

4.3. Deteksi Lapangan

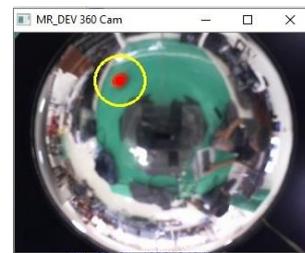
Gambar 4.1 menunjukkan bahwa deteksi lapangan telah dapat berjalan dengan baik, dan berhasil mendapatkan data kontur lapangan yang mana kemudian digunakan dalam proses anti-*noise* warna bola.



Gambar 4.1 Hasil Proses Deteksi Lapangan

4.4. Deteksi Bola pada Kamera Omnivision

Dari hasil pengujian, diketahui bahwa sistem deteksi bola pada kamera omnivision berhasil mendeteksi bola pada posisi bola menempel dengan *body* robot di semua sudut (360°). Sedangkan rata-rata jangkuan jarak deteksi bola terjauh pada kamera omnivision di semua sisinya adalah 1,87 m.



Gambar 4.2 Hasil Proses Deteksi Bola pada Kamera Omnivision

4.5. Deteksi Bola pada Kamera Depan

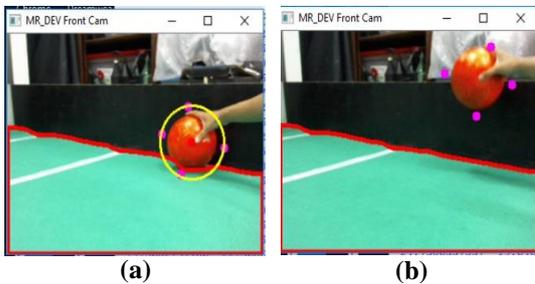
Jarak minimum bola terhadap kamera depan agar dapat terdeteksi adalah 0,2 m, dan jarak deteksi terjauhnya adalah lebih dari 7,2 m. Dikatakan lebih dari 7,2m karena pada jarak tersebut proses deteksi bola pada kamera depan masih berjalan lancar dan pengukuran terpaksa berhenti sampai pada titik tersebut dikarenakan keterbatasan ruangan tempat pengujian. Hasil pengukuran jarak tersebut terbilang sukses dikarenakan sistem mampu mendeteksi bola dengan jarak melebihi panjang setengah lapangan yang digunakan dalam KRSBI-Beroda, yaitu 4,5 m. Itu artinya pada proses *kick off*, robot akan dapat mendeteksi bola yang berada di tengah lapangan dengan mudah.



Gambar 4.3 Deteksi Maksimum Bola pada Kamera Depan

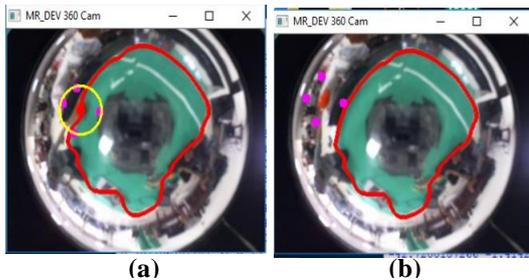
4.6. Anti-Noise Warna Bola

Pada kamera depan, bola mulai tidak terdeteksi oleh sistem ketika diangkat di atas ketinggian 8,5 cm.



Gambar 4.4 Pengujian Anti-Noise Warna Bola pada kamera Depan (a)Di Dalam Lapangan (b)Di Luar Lapangan

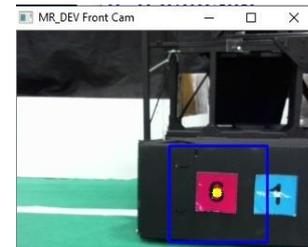
Sedangkan pada kamera omnivision, bola mulai tidak terdeteksi oleh sistem pada ketinggian 29 cm. Nilai ketinggian tersebut masih dibawah tinggi dari papan pembatas yang digunakan (30 cm). Jadi dengan kata lain apabila terdapat objek yang memiliki warna serupa dengan bola yang berada di luar lapangan, maka tidak akan terdeteksi oleh sistem.



Gambar 4.5 Hasil Pengujian Anti-Noise Warna Bola pada kamera Omnivision: (a)Di Dalam Lapangan (b)Di Luar Lapangan

4.7. Deteksi Tanda Warna Lawan

Hasil pengujian jarak deteksi maksimum tanda warna lawan menyamai hasil pengujian deteksi bola pada kamera depan, yaitu lebih dari 7,2 m. Jarak tersebut dapat tercapai dikarenakan nilai iterasi dari *dilate* pada proses *closing* terbilang cukup besar, sehingga luas wilayah tanda warna lawan menjadi meningkat pesat. Selain itu, faktor lain yang juga mendukung keberhasilan tersebut adalah hasil filter 2D *Convolution*, dimana menjadikan luas wilayah tanda warna lawan menjadi semakin besar.



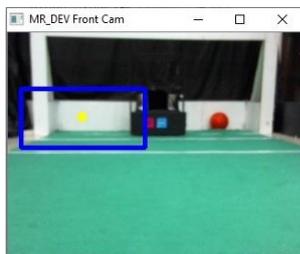
Gambar 4.6 Hasil Proses Deteksi Tanda Warna Lawan

4.8. Deteksi Titik Tembak

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem telah berhasil menentukan titik tembak pada gawang lawan, yaitu dimana dilakukan dengan cara memilih kontur warna gawang yang paling besar. Dipilih kontur terbesar karena itu artinya daerah tersebut lebih jauh posisinya terhadap robot penjaga gawang lawan daripada yang memiliki kontur lebih kecil. Jadi dengan demikian akan lebih besar peluangnya untuk dapat mencetak gol ke gawang lawan.

Selain data koordinat titik tembak gawang lawan, hasil keluaran dari proses deteksi gawang lainnya adalah berupa sudut titik tembaknya.

Sehingga dengan demikian, ketika robot sudah mendapatkan bola dan berada diposisi lebih dari garis tengah lapangan, robot tidak perlu bergeser untuk mencapai titik tembak, melainkan cukup dengan memutar saja. Algoritma tersebut akan membuat respon robot penjaga gawang lawan menjadi terlambat terhadap pergerakan bola.



Gambar 4.6 Hasil Proses Deteksi Titik Tembak pada Gawang Lawan

4.9. Pengiriman Data

Data-Data keluaran dari sistem *image processing* yang dikirimkan ke *microcontroller* melalui komunikasi UART dengan urutan dimulai dari koordinat x , y dan sudut bola pada kamera depan, kemudian koordinat x , y dan sudut bola pada kamera omnivision, selanjutnya koordinat x , y dan sudut titik tembak ke gawang lawan, serta terakhir adalah koordinat x , y , dan sudut tanda warna lawan. Data-data tersebut sangat penting untuk dikirimkan karena akan sangat membantu sistem control untuk menentukan respon robot terhadap segala situasi yang mungkin akan terjadi.

Berdasarkan hasil pengujian pengiriman data, terlihat bahwa tidak ada data yang saling bertumbukan atau tercampur antara satu sama lain. Selain itu, data yang diterima pun juga tidak berubah urutannya, atau

dengan kata lain sama seperti pada saat dikirimkan.

4.10. Nilai FPS Sistem

Pada pengujian nilai FPS kamera depan, sistem *image processing* Mr Dev mendapatkan rata-rata nilai FPS (*Frame Per Second*) sebesar 25,324. Sedangkan pada kamera omnivision mendapatkan rata-rata nilai FPS sebesar 20,174. Pada rentang nilai FPS tersebut, kualitas *streaming* video hasil pengolahan citra pada kedua kamera tersebut masih tergolong halus atau tidak patah-patah. Jadi dengan demikian pengolahan citra pada kedua kamera tersebut dapat berjalan dengan cukup cepat.

V. KESIMPULAN

1. Bola, lapangan, gawang dan tanda warna lawan berhasil dideteksi menggunakan metode warna dengan melalui 7 tahapan yaitu, (1) mengkonversi ke dalam ruang warna HSV atau *Grayscale*, (2) *masking* warna objek, (3) transformasi morfologi *opening*, (4) selanjutnya diikuti dengan *closing*, (5) kemudian memfilter citra menggunakan 2D *Convolution*, (6) mengembalikan citra menjadi tajam kembali dengan *thresholding*, (7) dan terakhir mencari kontur objek terdeteksi untuk mendapatkan berbagai data yang diperlukan.
2. Sistem telah berhasil menghasilkan data-data berupa, (1) pembacaan sudut pada kamera omnivision dengan rata-rata *error* sebesar 1,0725%, (2) Pembacaan sudut pada kamera depan dengan

rata-rata nilai *error* 1,58% dengan luas jangkauan sebesar 103,17°, (3) kontur tepi lapangan sepak bola, (4) koordinat dan sudut bola terhadap kamera depan dengan jarak minimum objek terdeteksi sebesar 0,2 m dan terjauh lebih dari 7,2 m, (5) koordinat dan sudut bola terhadap kamera omnivision dengan jarak minimum deteksi adalah menempel pada body robot, dan rata-rata terjauh sebesar 1,87 m, (6) koordinat dan sudut titik tembak pada gawang lawan terhadap kamera depan, (7) koordinat dan sudut tanda warna lawan terhadap kamera depan.

3. Algoritma anti-*noise* warna bola berhasil tidak mendeteksi warna serupa bola ketika *noise* tersebut berada pada ketinggian 8,5 cm pada kamera depan dan ketinggian 29 cm pada kamera omnivision. Dimana ketinggian pembatas lapangan adalah 30 cm.
4. Terdapat beberapa faktor yang sangat menentukan hasil dari proses pendeteksian, yaitu (1) nilai parameter batas atas dan bawah HSV atau *Grayscale* yang tepat, (2) nilai parameter kernel, iterasi dilasi dan erosi yang tepat pada proses *opening*, *closing* dan filter, (3) Urutan tahap proses deteksi yang tepat, (4) sumber pencahayaan yang baik, dimana didominasi oleh cahaya lampu, dan (5) kemampuan *auto* fokus dan *auto white balance* kamera yang baik

DAFTAR PUSTAKA

Hadi Dahlan, Ach, et.al, 2014, "*Deteksi Fitur dan Penentuan*

Lokasi Robot Pemain Sepak Bola Berbasis Penanda yang Tidak Unik", dalam simposium kompetisi robot sepak bola, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Mulyawan, Hendy, et.al, 2014, "*Identifikasi dan Tracking Objek Berbasis Image Processing Secara Real Time*", dalam seminar tugas akhir, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jurusan Telekomunikasi, Surabaya.

Munir, Rinaldi.2014."Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmitk". Bandung: Informatika.

Nana H, Asep, et.al, 2015, "*Segmentasi Citra untuk Deteksi Objek Warna pada Aplikasi Pengambilan Bentuk Citra Rectangle*", dalam seminar tugas akhir, Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung, Jurusan Teknik Informatika, Bandung.

Rahman, Arif, et.al, 2013, "*Colored Ball Position Tracking Method for Goalkeeper Humanoid Robot Soccer*", dalam jurnal TELKOMNIKA, Universitas Ahmad Dahlan (UAD) Yogyakarta, Teknik Elektro, Vol.11 No.1, Hal 11-16.

Sa'diyah, Halimatus, et.al, 2016, "*Aplikasi Transformasi Hough untuk Deteksi Garis Lurus*", dalam seminar tugas akhir, Universitas Diponegoro (UNDIP), Jurusan Teknik Elektro, Semarang.

Syahbana, Ali. 2015. "Trigonometri Dasar". Yogyakarta: Deepublish.

- Wiyagi, Rama Okta, et.al, 2014,
“*Identifikasi Titik Api Lilin
Berdasarkan Nilai HSV, Threshold
dan Momen Citra untuk
Aplikasi Robot Pemadam Api*”,
dalam jurnal SEMESTA
TEKNIKA, Universitas
Muhammadiyah Yogyakarta
(UMY), Teknik Elektro, Vol.17
No.1, Hal 38-44.
- Yulyandri, ad’han, et.al, 2015,
“*Sistem Penjejakan Bola
menggunakan WebCam
berbasis Processor ARM 11*”,
dalam seminar tugas akhir,
Politeknik Elektronika Negeri
Surabaya, Jurusan Teknik
Komputer, Surabaya.