

RANCANG BANGUN *ROBOT VISION* UNTUK *OBJECT FINDING* MENGGUNAKAN *COLOR TRACKING* PADA PERANGKAT RASBERRYPI

Achmadi, Apriani Kusumawardhani

Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: mekatronik.achmadi@gmail.com, apriani.tf@gmail.com

Abstrak—*Robot vision* adalah robot yang mampu menggunakan kamera sebagai sumber informasi untuk diolah sesuai kebutuhan informasi yang ditangkap oleh sensor tersebut akan diolah oleh sebuah komponen pengolah informasi tersebut. Salah satu komponen pengolah informasi tersebut adalah RaspberryPi. Tujuan dari perancangan *robot vision* ini adalah untuk menjejak sebuah objek berdasarkan warnanya. Rancang bangun *robot vision* berupa komputer mini RaspberryPi dilengkapi dengan kamera, motor controller, motor driver, motor dc. Kemudian dibangun perangkat lunak pengolah citra untuk menjejak warna dengan segmentasi berdasarkan nilai Hue 100-130, Saturation 87-182, dan Value 80-183. Berdasarkan eksperimen yang dilakukan, robot dapat menemukan objek uji berupa bola berwarna biru pada jarak maksimal 585 cm dan pencahayaan minimal 5 lumen. Dari hasil tersebut rancang bangun *robot vision* telah berhasil dilakukan.

Kata Kunci: *robot vision*, RaspberryPi, HSV, *color tracking*.

I. PENDAHULUAN

ROBOT *VISION* adalah robot yang mampu menggunakan kamera sebagai sumber informasi untuk diolah sesuai kebutuhan^[1]. Tujuan utama setiap perancangan robot adalah untuk membantu atau mengganti pekerjaan manusia. Kemampuan robot untuk melakukan pekerjaan yang berulang dan berbahaya telah menjadi kebutuhan di setiap lingkungan industri^[2].

Untuk memenuhi kebutuhan tersebut telah dikembangkan beragam teknologi sensor dan aktuator. Khusus untuk sensor, telah dikembangkan teknologi yang mirip dengan cara kerja pada indra manusia. Salah satu yang banyak dipakai adalah penggunaan kamera sebagai pengganti mata untuk robot. Penggunaan kamera sebagai sensor visual telah banyak diterapkan pada bidang robotika^[1]. Informasi *vision* merupakan sumber informasi yang memiliki konten informasi tinggi.

Informasi yang ditangkap oleh sensor tersebut akan diolah oleh sebuah komponen pengolah informasi tersebut. salah satu komponen pengolah informasi tersebut adalah RaspberryPi. RaspberryPi merupakan salah satu jenis SBC (*Single Board Computer*) dengan spesifikasi yang mencukupi untuk melakukan proses penjejakan warna (*color tracking*). Tersedia *Operating System* yang dapat dijalankan oleh RaspberryPi yaitu Raspbian yang berbasis Linux dan memiliki pustaka pengolahan citra OpenCV di lumbung perangkat lunaknya. RaspberryPi dan *Operating System* Raspbian merupakan proyek *opensource* yang bersifat gratis^[3].

Penjejakan warna merupakan salah satu metode penentuan posisi objek yang sederhana. Prinsip proses penjejakan warna

adalah mensegmentasi gambar sesuai warna kemudian membaca perubahan distribusi pixel hasil segmentasi. Mode warna HSV adalah mode warna yang menyatakan warna dalam 3 variabel yaitu Hue, Saturation, dan Value. Segmentasi warna dapat dilakukan dengan metode thresholding sesuai rentang nilai HSV. Mode warna HSV cocok digunakan untuk mengenali satu warna objek dalam satu waktu.

Pada penelitian ini akan dirancang *robot vision* menggunakan *color tracking* pada perangkat RaspberryPi. RaspberryPi mempunyai beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan SBC yang lainnya, yaitu harganya lebih murah, lebih hemat tenaga, dan tidak membutuhkan sistem pendingin pada CPU. Pada studi awal ini dikaji mengenai perancangan robot untuk menemukan satu objek saja.

II. DASAR TEORI

A. Penjejakan Warna (*Color Tracking*)

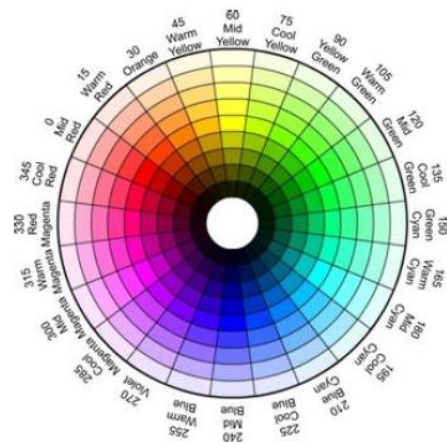
Penjejakan warna (*Color Tracking*) adalah proses penentuan suatu koordinat objek dari sekumpulan pixel dengan warna tertentu dalam sebuah citra digital. Untuk matrix biner dimana nilai setiap pixel hanya 0 dan 1 maka penentuan koordinat dapat dilakukan dengan perhitungan pusat massa 2D^[4]. Koordinat dari pusat massa tersebut didapatkan dari pers.:

$$\bar{x} = \frac{x1 * m1 + x2 * m2 + x3 * m3 + \dots}{m1 + m2 + m3 + \dots} \quad (1)$$

$$\bar{y} = \frac{y1 * n1 + y2 * n2 + y3 * n3 + \dots}{n1 + n2 + n3 + \dots} \quad (2)$$

B. Mode Warna HSV

Mode warna HSV adalah mode warna yang menyatakan warna dalam 3 variabel yaitu Hue, Saturation, dan Value. Nilai Hue merepresentasikan nilai jenis warna yang merupakan nilai kombinasi RGB dalam besaran sudut. Pada dasarnya nilai Hue dibagi dalam juring lingkaran seperti pada gambar 1, sehingga jangkauan nilainya adalah 0-360, namun karena dalam bahasa pemrograman variabel pemrograman hanya 8bit (0-255) maka jangkauan juring direduksi menjadi setengah lingkaran (0-179). Nilai Saturation merepresentasikan tingkat campuran suatu warna dengan warna putih dengan jangkauan nilai 0-255. Sedangkan nilai Value merepresentasikan tingkat campuran suatu warna dengan warna hitam dengan jangkauan nilai 0-255.



Gambar 1. Mode warna HSV

C. Segmentasi

Proses segmentasi yang digunakan disini menggunakan *thresholding* dimana setiap nilai pixel dibandingkan dengan nilai ambang. Jika masuk diantara ambang atas dan bawah, maka di ambil nilai putih (skala abu-abu), sedangkan jika tidak diambil nilai hitam (skala abu-abu). Secara matematis dinyatakan:

$$P(i,j) = \begin{cases} 255, & \text{jika } H_{min} \leq H \leq H_{max} \wedge \\ & S_{min} \leq S \leq S_{max} \wedge \\ & V_{min} \leq V \leq V_{max} \\ 0, & \text{jika selainnya} \end{cases} \quad (3)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Perancangan Alat

Perancangan robot dimulai dari mendesain sistem robot yang terbagi menjadi beberapa bagian yaitu:

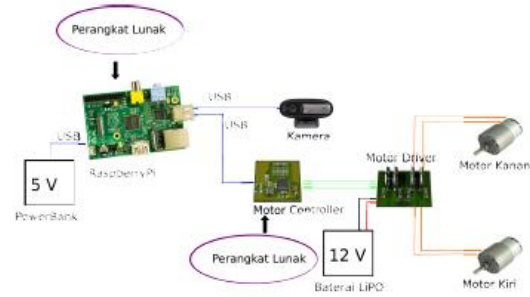
- Aktuator
- Driver motor
- Controller motor
- Sistem tenaga
- Algoritma perangkat lunak
- Sedangkan untuk perangkat kamera dan RaspberryPi tidak perlu lagi dilakukan perancangan apa pun karena akan digunakan secara tanpa ada modifikasi.

Setelah setiap bagian dibuat maka dirakit robot seperti gambar 2 berikut:



Gambar 2. Bagian robot yang telah dirakit

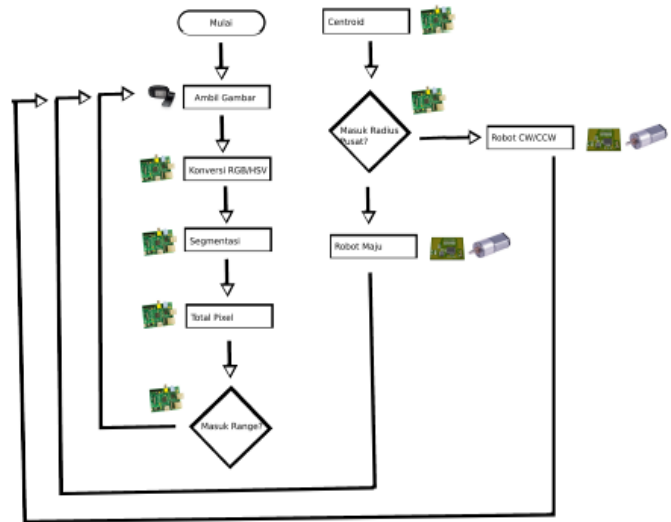
Secara skematik hubungan antar komponen utama ditunjukkan oleh gambar 3 berikut:



Gambar 3. Skema robot

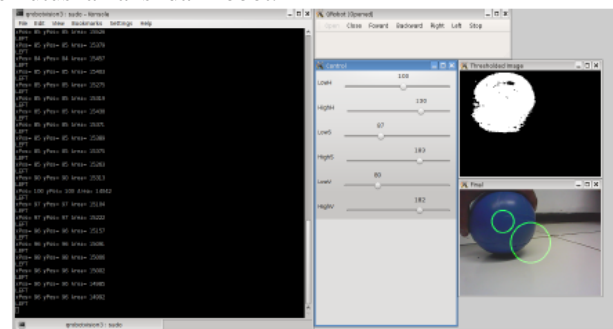
B. Algoritma Perangkat Lunak

Algoritma perangkat lunak yang akan dibangun ditunjukkan oleh gambar 4.



Gambar 4. Algoritma perangkat lunak

Flowchart di atas beserta proses pengolahan citra telah dibentuk menjadi program/software yang dapat dijalankan di CPU. Program ini ditulis dengan bahasa C/C++ dan mampu membaca web camera untuk diolah berdasarkan nilai HSV yang telah ditentukan serta mampu memberi perintah ke *Motor Controller*. Gambar 5 berikut adalah tampilan perangkat lunak yang berjalan di RaspberryPi. Perangkat lunak ini bekerja dengan mengambil dari kamera untuk kemudian diproses dan memutuskan aksi dari robot.



Gambar 5. Tampilan software

C. Range HSV

Nilai *range* pada matriks Hue, telah ditetapkan oleh pustaka OpenCV. Hue untuk warna biru adalah antara 100-130. Sedangkan untuk nilai S dan V didapatkan dengan mengolah gambar mulai dari 0 cm hingga 645 cm dengan kenaikan setiap 15cm diambil 10 gambar maka didapat 440 gambar. Setiap gambar diolah agar objek memiliki Jumlah pixel hasil *threshold* sebanyak mungkin dan posisi *centroid* yang masih di radius pusat gambar. Pengolahan tersebut untuk mendapatkan jangkauan HSV sesuai kriteria di atas.

Dengan mengambil rata-rata didapat bahwa nilai Smin adalah 87, Smax adalah 183, Vmin adalah 80, dan Vmax adalah 182. Nilai S dan V diatas kemudian digunakan dalam proses *threshold*. Apabila menggunakan nilai S dan V diatas, objek pada jarak lebih 585 cm sudah tidak lagi dapat dibedakan antara pixel objek maupun pixel noise karena ukuran pixel objek relatif kecil. Kemudian nilai batas bawah dan atas jumlah pixel yang diambil adalah 31 dan 22500.

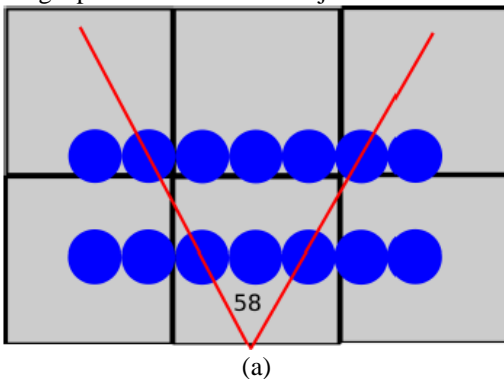
IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

A. Jarak Terjauh

Pengujian ini adalah bertujuan untuk mengetahui jarak terjauh yang dapat dibaca oleh robot sehingga robot dapat menemukannya. Dalam pengujian dilakukan 10 kali *run-test* dan hasilnya robot mampu menemukan bola. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa jarak terjauh yang mampu dideteksi oleh robot adalah 585 cm.

B. Field of View (FOV)

Field Of View adalah batas jangkauan kiri dan kanan dari kamera yang dapat ditangkap gambarnya. Dalam lembar data dari *web camera* tertera bahwa FOV yang dimiliki adalah 58 derajat. Gambar 6 berikut menunjukkan skema posisi bola yang tertangkap kamera untuk menunjukkan nilai sudut FOV.



(a)



(b)

Gambar 6. (a) skema FOV, (b) citra yang ditangkap oleh *web camera* pada FOV

C. Kecepatan

Pengujian kecepatan dilakukan untuk mendapatkan rentang kecepatan yang dapat diatur pada robot. Motor robot secara *default* akan berputar dengan kecepatan putar 510 rpm dan torsi 15 kg.cm pada daya 12 VA. Daya yang diberikan kepada motor dalam bentuk pulsa dengan *duty-cycle* tertentu dapat mereduksi kecepatan motor agar sesuai dengan kebutuhan. *Duty-cycle* adalah persentase waktu *on* pulsa terhadap periode pulsa. Tabel 1 adalah tabel hasil pengukuran kecepatan putar motor pada *duty-cycle* tertentu secara aktual menggunakan *stroboscope* pada setiap pengaturan *duty-cycle*.

Tabel 1. Hasil pengujian kecepatan putar terhadap *duty-cycle*

Duty-Cycle	RPM
10	60
20	126
30	147
40	200
50	341
60	398
70	398
80	397
90	445
100	510

Selain mengalami reduksi kecepatan putar, *motor dc* juga mengalami reduksi torsi. Berdasarkan pengujian dinamis diketahui bahwa pada *duty-cycle* 100% robot gagal menemukan objek akibat gerakan yang terlalu cepat. Sedangkan pada 10% robot tidak lagi bergerak. Sehingga, *duty-cycle* yang dapat digunakan adalah 20% hingga 90%.

D. Pencahayaan

Pengujian ini ditujukan untuk menentukan spesifikasi robot untuk melihat pengaruh tingkat pencahayaan pada pendeteksian bola. Tingkat pencahayaan yang diukur pada 198, 74, 32, 17, 05 dan 0 (Gelap) lumen. Setiap tingkat cahaya diambil 10 foto sehingga total didapat 60 foto. Tabel 2 berikut menyajikan data rata-rata area pixel hasil *threshold* untuk setiap lumen.

Tabel 2. Jumlah pixel hasil *threshold* untuk setiap tingkat pencahayaan

Lumen	Pixel	Fail
198	1900	No
74	14876	No
32	15307	No
17	15460	No
5	9361	No
0	0	Yes

Kemudian dengan bantuan perangkat lunak, setiap gambar diuji untuk melihat nilai HSV yang dimiliki pixel yang sama pada tingkat pencahayaan yang berbeda. Tabel 3 berikut menyajikan data HSV pada pixel yang sama namun pada tingkat pencahayaan yang berbeda.

Tabel 3. Nilai HSV pada pixel yang sama ketika tingkat pencahayaan berbeda

Lumen	H	S	V
198	112	156	88
74	112	139	79
32	112	161	90
17	112	157	94
05	112	115	73
0	112	0	30

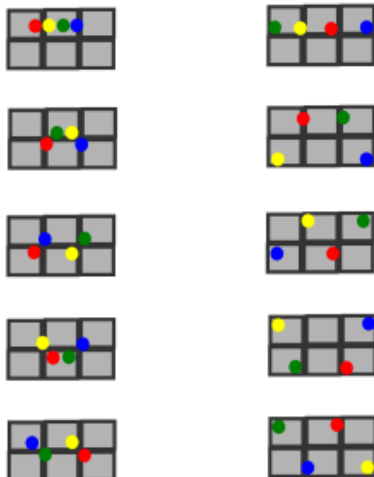
Berdasarkan data di atas diketahui bahwa nilai Hue cenderung tetap yaitu pada nilai 112 kecuali pada lumen 0, sedangkan nilai Saturation dan Value mengalami perubahan. Saturation adalah tingkat suatu warna terhadap warna putih sehingga semakin gelap warna citra, maka akan menurunkan tingkat Saturation, sedangkan Value adalah tingkat suatu warna terhadap warna hitam sehingga semakin cerah warna citra, maka akan menurunkan tingkat Value.

E. Pemilihan Warna

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan robot dalam memilih warna. Dalam pengujian ini, bola biru yang telah digunakan dalam pengujian-pengujian sebelumnya diletakkan berdekatan dengan 3 bola lain dengan warna merah, kuning dan hijau. Gambar 7 berikut adalah gambar semua posisi bola tersebut. Untuk menguji robot dalam memilih warna biru, keempat bola tersebut diletakkan dalam 10 variasi posisi. Gambar 8 menunjukkan 10 variasi tersebut. Robot tidak mengalami kegagalan dalam menemukan bola biru di setiap variasi posisi bola.



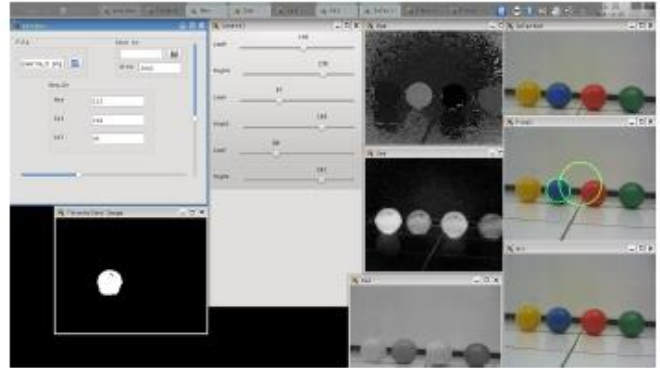
Gambar 7. Posisi bola biru, merah, kuning, dan hijau



Gambar 8. Variasi posisi bola uji

Kemudian dengan bantuan perangkat lunak dapat dilihat nilai HSV untuk setiap warna. Gambar 9 adalah perangkat lunak yang digunakan untuk melihat nilai HSV pada setiap bola. Keempat bola memiliki rentang S dan V yang sama namun memiliki rentang H yang berbeda. Berdasarkan analisa di atas diketahui rentang Hue setiap bola adalah sebagai berikut:

- Biru pada 100-130
- Hijau pada 60-90
- Kuning pada 15-35
- Merah pada 0-10



Gambar 9. Tampilan perangkat lunak

V. PENUTUP

Dalam makalah ini telah dirancang dan dibangun sebuah robot berbasis *vision* yang mampu menemukan objek pada jarak maksimal 585 cm dan pencahayaan minimal 5 lumen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Browning, Brett. 2013. "Real-Time, Adaptive Color-based Robot Vision". Carnegie Mellon University:USA
- [2] Chao, Fei. 2014. "A developmental approach to robotic pointing via humanrobot interaction".Xiamen University: China
- [3] Upton, Eben. 2012 "RaspberryPi User Guide". Diakses online melalui www.Raspberrypi.org
- [4] Budiharto, Widodo. 2012. "Robot Vision".Penerbit Andi:Yogyakarta