

Pengendalian *Mobile Robot* Berdasarkan Objek *Traffic Light* Menggunakan Pengolahan Citra

Dicky Bagoes Pratama

Dickytaqwa99@gmail.com
Universitas Jember

Sumardi

Smardi10@gmail.com
Universitas Jember

Ali Rizal Chaidir

ali.rizal@unej.ac.id
Universitas Jember

Abstrak

Intelligent transportation system (ITS) dapat diartikan sebagai sistem transportasi cerdas yang mempunyai tujuan dasar untuk membuat sistem transportasi memiliki kecerdasan yang dapat membantu atau mempermudah pengguna alat transportasi. Sistem tersebut dapat diimplementasikan pada *mobile robot* agar berjalan dan mengenali objek secara otomatis. Memanfaatkan sistem *image processing* yaitu suatu teknik atau metode yang digunakan untuk memproses suatu data gambar yang bertujuan memperoleh suatu data gambar yang diinginkan. Deteksi objek merupakan hal yang cukup kompleks untuk dilakukan oleh karena itu dibutuhkan *computer vision* yang dapat mempermudah manusia dalam pengolahan data citra secara akurat. Pada penelitian ini akan memaparkan penerapan metode *color filtering* pada objek *traffic light* dengan memisahkan warna spesifik dengan warna *background*, yaitu menjadikan warna spesifik menjadi warna putih (255) dan warna *background* menjadi warna hitam (0). Berdasarkan hasil pengujian dan analisa diperoleh kesimpulan bahwa sistem pembacaan warna warna terhadap objek *traffic light* ditentukan dari perbedaan nilai *threshold* setiap komponen warna RGB sesuai nilai sampel yang diberikan sebelumnya pada objek *traffic light*. Selain pada pembacaan warna, *mobile robot* bernavigasi berdasarkan kecepatan motor dan sudut robot dalam membaca objek *traffic light* yaitu dengan *duty cycle* ideal sebesar 25 % dan besar *overshoot* sebesar 6 % dan sudut ideal yang dibutuhkan robot dalam membaca objek *traffic light* yaitu 15 derajat kekiri dan 15 derajat kekanan.

Kata Kunci — Color Filtering, Computer Vision, Image Processing *Intelligent Transportation System*.

Abstract

Intelligent transportation system (ITS) can be interpreted as an intelligent transportation system which has the basic objective of creating an intelligent transportation system that can help or facilitate transportation users. The system can be implemented on a mobile robot so that it runs and recognizes objects automatically. Utilizing image processing systems, which is a technique or method used to process image data with the aim of obtaining the desired image data. Detection of objects is quite a complex thing to do, therefore computer vision is needed which can make it easier for humans to process image data accurately. This research will describe the application of the color filtering method to traffic light objects by separating the specific color from the background color, which is to make the specific color white (255) and the background color black (0). Based on the results of testing and analysis, it is concluded that the color

reading system for the traffic light object is determined by the difference in the threshold value of each RGB color component according to the sample value given previously on the traffic light object. In addition to color reading, the mobile robot navigates based on motor speed and the angle of the robot in reading traffic light objects, namely with an ideal duty cycle of 25% and an overshoot of 6% and the ideal angle that the robot needs to read traffic light objects is 15 degrees to the left and 15 degrees degree to right.

Keywords — Color Filtering, Computer Vision, Image Processing *Intelligent Transportation System*.

I. PENDAHULUAN

Era modern saat ini keberadaan peralatan transportasi menjadi sangat penting diberbagai aspek kehidupan. Transportasi merupakan urat nadi kehidupan berbangsa dan bernegara yang berperan sebagai penggerak, pendorong, dan penunjang pembangunan [1]. Oleh karena itu diperlukan sarana dan prasarana yang aman dan nyaman adalah hal yang sangat diinginkan. *Intelligent Transportation System* (ITS) dapat diartikan sebagai sistem transportasi cerdas yang mempunyai tujuan dasar untuk membuat sistem transportasi memiliki kecerdasan buatan yang dapat membantu atau mempermudah pengguna alat transportasi. Di Indonesia sistem transportasi darat sebagian besar masih banyak dilakukan dengan tenaga manusia secara manual sampai sekarang, oleh karena itu dibutuhkan konsentrasi yang baik dan fokus terhadap rambu-rambu lalu lintas yang tertera sepanjang jalan raya sangat diperlukan untuk dapat mengendalikan suatu alat transportasi. Konsentrasi yang kurang saat mengemudi akan membahayakan diri sendiri maupun penganara lain karena menimbulkan resiko kecelakaan. Upaya yang harus dilakukan untuk mengurangi angka kecelakaan yaitu dengan menambahkan sistem otomatis yang diharapkan dapat membantu pengemudi atau menggantikan sebagian besar peran pengemudi dalam mengamati rambu-rambu lalu lintas.

Penelitian tentang *mobile robot* juga pernah dilakukan dengan menggunakan metode *template matching*, dimana metode ini bekerja dengan cara membandingkan citra masukan dengan citra *template* yang tersimpan pada program robot [2]. Dalam pemrosesannya *mobile robot* dapat menggunakan mini PC atau komputer yaitu membuat robot

lebih *mobile* dalam bernavigasi [3].

Sistem *image processing* dapat mengimplementasikan suatu kendali otomatis dengan sistem *autopilot* pada transportasi darat dengan memanfaatkan proses *thresholding* yaitu dengan mengubah citra berwarna menjadi citra biner yaitu dengan cara mengelompokkan nilai derajat keabuan setiap pixel kedalam dua kelas, yaitu hitam dan putih [4]. Dalam pengolahan citra, hal yang menjadi titik fokus adalah objek tertentu dimana pada permasalahan ini objek yang dipakai yaitu *traffic light*. Hal yang perlu dilakukan untuk memisahkan antara objek (*foreground*) dengan latar belakang objek (*background*) dengan menggunakan proses segmentasi citra. Pada umumnya hasil dari segmentasi citra adalah berupa citra biner, objek yang dikehendaki (*foreground*) berwarna putih (1), sedangkan *background* yang akan dihilangkan berwarna hitam (0). Dalam mengenali warna pada objek *traffic light* kamera akan membaca objek RGB lalu kemudian akan dilakukan proses *color filtering* yang mana akan membandingkan nilai komponen warna yang ada dengan nilai sampel yang diberikan.

II. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan pengujian *mobile robot* terhadap objek *traffic light* dengan metode pengolahan citra.

A. Citra

Citra atau *image* adalah kombinasi antara titik, garis, bidang, dan warna untuk menciptakan suatu imitasi dari suatu objek, citra berbentuk fisik contohnya manusia, citra berwujud dua dimensi gambar (*picture*) seperti lukisan atau foto, dan berwujud tiga dimensi seperti patung. Dibandingkan dengan data teks, citra mempunyai karakteristik yaitu menggambarkan suatu hal yang kaya dengan informasi. Ditinjau dari sudut pandang matematis, citra merupakan fungsi menerus (*continue*) dari intensitas cahaya pada bidang dwimatra [5].

B. Ruang Warna RGB

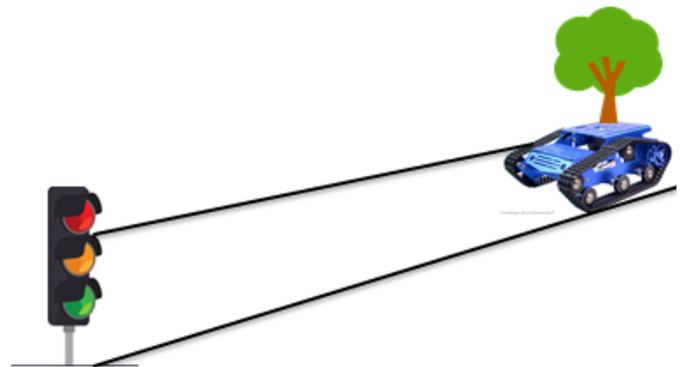
Warna dibagi menjadi tiga warna dasar dengan proporsi dan intensitas tertentu pada setiap dasar warna. Warna dasar terdiri dari merah (*red*), hijau (*green*), dan biru (*blue*). Pada suatu ruang yang tidak ada sama sekali maka ruang tersebut akan gelap total, tidak adanya sinyal gelombang cahaya yang diserap oleh mata sehingga dalam ruang gelap total memiliki warna RGB (0,0,0). Namun jika ditambahkan warna merah pada ruang tersebut akan berubah RGB (255,0,0) begitu pula dengan warna biru dan hijau. Perhitungan model warna didalam komputer direpresentasikan dengan nilai komponen seperti komponen seperti RGB (r,g,b) dengan masing-masing nilai antara 0 hingga 255 dan apabila dikombinasikan maka akan menghasilkan $(256^3) = 16.777.216$ kombinasi warna [6].

C. Skenario Alat

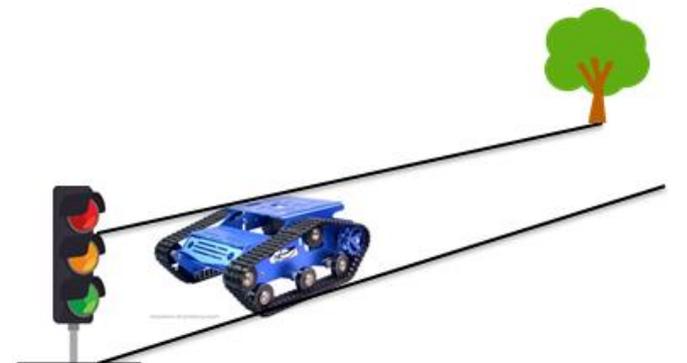
Robot terdiri dari kamera webcam, PC, dan mikrokontroler yang sudah dalam kondisi nyala (*ON*). Percobaan ini akan dilakukan diatas permukaan yang datar.



Gbr. 1 Skenario Pertama



Gbr. 2 Skenario Kedua

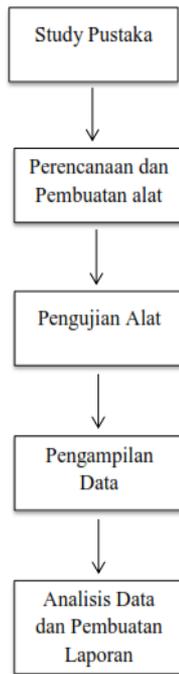


Gbr. 3 Skenario Ketiga

Robot kemudian akan diuji untuk mendeteksi objek *traffic light* yang terdiri dari warna merah, kuning, dan hijau, menggunakan kamera webcam sebagai sensor, robot hanya dapat membaca warna merah, kuning dan hijau saja.

Ketika warna objek sudah terbaca oleh kamera webcam dengan jarak yang sudah ditentukan dengan menggunakan sensor ultrasonic HC SR-04, maka gambar yang ditangkap oleh kamera webcam akan dikirimkan ke PC untuk dilakukan pengolahan citra.

D. Diagram Alir Penelitian



1. Study Pustaka

Hal yang pertama dilakukan yaitu mencari *literature* dari hasil penelitian sebelumnya melalui jurnal atau buku. Data dari penelitian yang sudah ada sebelumnya dapat digunakan sebagai referensi dalam melakukan tolak ukur sehingga penelitian ini dapat dikembangkan atau menjadi penelitian berlanjut.

2. Perancangan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Setelah mempelajari *literature* yang sudah ada sebelumnya kemudian mulailah merencanakan pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak sehingga dapat diketahui pandangan alat yang akan dibuat.

3. Pembuatan Alat

Tahap selanjutnya yaitu pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dirancang sebelumnya. Setelah pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak hal yang dilakukan yaitu pengujian alat.

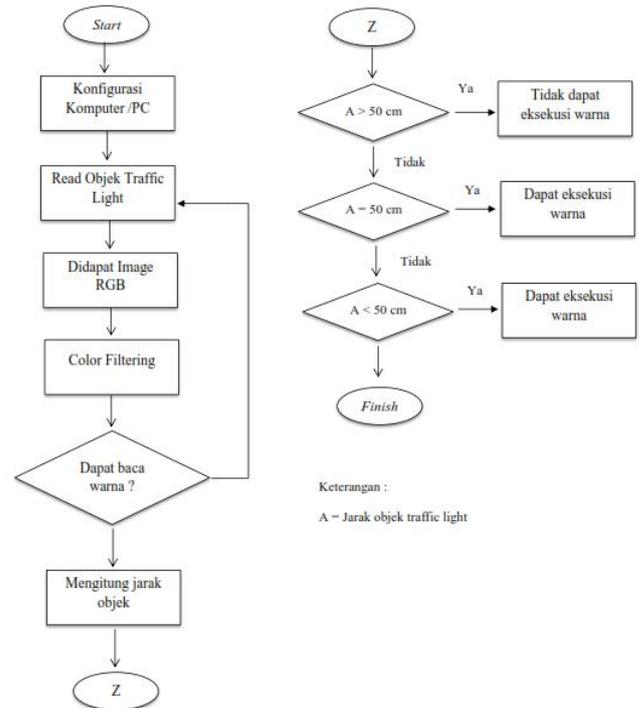
4. Pengujian Alat

Pada pengujian alat dilakukan dengan pengenalan sensor pada objek dan kontrol kecepatan motor setelah kamera yang sudah membaca objek yang ada. Proses pengujian alat ini untuk mengetahui seberapa cepat robot merespon objek warna yang terdapat pada *traffic light* dan akan berpengaruh pada kecepatan motor. Data yang didapatkan selanjutnya akan dilakukan analisa data.

5. Hasil dan Analisa

Setelah dilakukan pengujian alat dan pengambilan data secara keseluruhan maka tahap selanjutnya adalah pengolahan data dan analisa dari data yang sudah didapat.

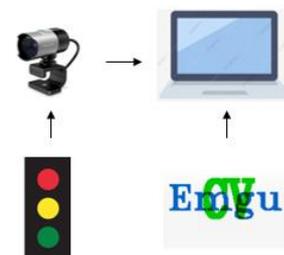
E. Diagram Alir Perancangan



Gbr. 4 Diagram Alir Perancangan

Pada penelitian ini dibagi dengan tiga tahapan yaitu sistem mengidentifikasi warna objek, mengidentifikasi jarak objek dan yang selanjutnya melakukan eksekusi warna objek. Proses pertama diawali dengan pengambilan citra oleh kamera webcam dengan *frame* kamera yaitu 240×320 . Kemudian citra yang diperoleh akan dilakukan proses *color filtering*. *Color filtering* digunakan untuk mendapatkan warna spesifik dari suatu gambar dengan menetapkan batas minimum dan maksimum komponen RGB dari gambar yang sudah ditangkap. Proses untuk mengetahui daerah warna objek dengan *background*, citra akan dirubah menjadi dua yaitu hitam dan putih, dimana proses ini disebut *thresholding*. Sebelum melakukan eksekusi warna pada objek maka dilakukan pembacaan jarak terhadap objek dan jika jarak sudah memasuki jarak yang sudah ditentukan maka robot akan mengeksekusi warna objek *traffic light*.

F. Re-Proses Pengolahan Citra



Gbr. 5 Blok Diagram Pengolahan Citra

Pengolahan citra dimulai penangkapan gambar RGB oleh kamera webcam pada objek *traffic light*. Warna RGB tersebut kemudian akan diubah menjadi warna HSV dan dilanjutkan proses *thresholding* kemudian biner. Pada gambar biner akan memberikan data dalam bentuk *char* dan dikonversi menjadi integer untuk acuan gerak dari *mobile robot*. Pada pengolahan citra akan dipermudah dengan menggunakan library *emgu cv*. Gambar yang ditangkap oleh kamera akan diolah oleh PC yang sudah terdapat *emgu cv* dengan *software* visual studio didalamnya.

G. Color Filtering

Citra warna RGB akan dijadikan *input* pada proses *filtering* untuk mendapatkan suatu warna yang diinginkan. Warna objek yang digunakan yaitu warna merah, kuning dan hijau. Pada setiap warna tersebut memiliki nilai komponen warna R (*Red*), G (*Green*) dan B(*Blue*) diantara batas minimum dan maksimum dari warna yang dipilih tersebut yang akan dijadikan warna putih (pixel = 255). Sedangkan pixel yang diluar batas nilai minimum dan maksimum akan dijadikan warna hitam (pixel = 0). Proses konversi citra menjadi hitam dan putih inilah yang dapat mengetahui objek dari daerah *background* atau disebut dengan proses *thresholding*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini akan membahas hasil pengolahan citra pada *mobile robot* berdasarkan objek *traffic light*.

A. Kalibrasi Warna

Kalibrasi warna dilakukan dengan menentukan koordinat pixel (*x, y*) pada citra RGB. Dari koordinat pixel (*x, y*) akan diperoleh nilai komponen RGB yang kemudian akan digunakan untuk pembacaan warna objek *traffic light* secara otomatis. Proses kalibrasi warna akan mengah yang kemudian meloloskan warna spesifik objek menjadi warna putih, dan warna *background* menjadi warna hitam. Proses pengambilan data dilakukan dengan intentitas cahaya ruangan yang konstan.

TABEL I
KALIBRASI WARNA

Warna	Nilai Ambang	R (<i>red</i>)	G (<i>Green</i>)	B (<i>Blue</i>)	x	y	Lebar Pixel
Merah	20	244	70	94	140	88	11
Kuning	20	234	245	166	136	105	4
Hijau	20	4	252	217	133	130	8



Gbr 6. Hasil Kalibrasi Warna Merah



Gbr. 7 Hasil Kalibrasi Warna kuning



Gbr. 8 Hasil Kalibrasi Warna Hijau

Dapat diketahui pada warna kuning hasil lebar pixel sangat sedikit dibandingkan dengan warna merah dan hijau. Hal tersebut disebabkan pembacaan warna kuning pada objek *traffic light* mendekati warna putih (255), namun pada tepi warna kuning menghasilkan warna dengan nilai komponen pixel RGB yaitu dibawah (255), oleh karena itu dipilih koordinat tersebut agar dapat membedakan antara warna yang dipilih dengan *background* yang berwarna putih.

B. Kalibrasi Motor DC

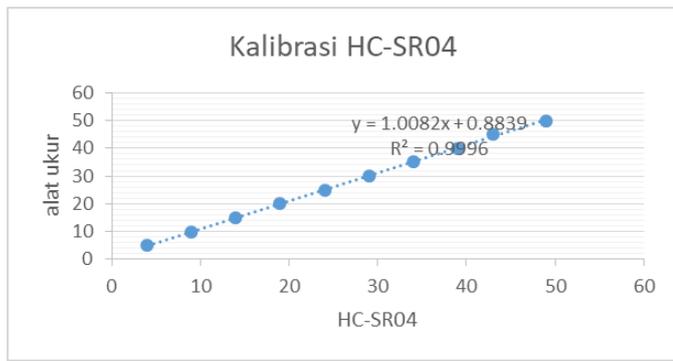
Kalibrasi motor DC bertujuan untuk mengetahui nilai RPM motor yang digunakan pada robot. Nilai RPM pada motor didapatkan dengan mengukur putaran motor dengan alat ukur tacho meter. *Duty cycle* adalah panjang presentase pulsa *high* pada satu periode sinyal. Jadi untuk mendapatkan nilai RPM maksimum harus mengatur nilai *duty cycle* 100% dengan parameter ke 255. Pada saat mensimulasikan PWM dapat menggunakan PIN pada Arduino yang bersimbolkan PWM (~) dengan fungsi `digitalWrite([nomor pin],[nilai PWM])`.

TABEL 2
KALIBRASI MOTOR DC

No	Duty Cycle	PWM	RPM
1	25 %	64	77
2	50 %	128	173
3	75 %	191	267
4	100 %	254	360

C. Kalibrasi Sensor Ultrasonic HC SR-04

Prinsip kerja dari sensor ultrasonik ketika pulsa sinyal diberikan pada pin *trigger*, maka *transmitter* akan memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 KHz, kemudian ultrasonik *receifer* akan menangkap hasil pantulan gelombang ultrasonik yang mengenai suatu objek. Kecepatan suara waktu pengiriman sinyal dan penerimaan sinyal yang akan dijadikan acuan untuk pengukuran jarak.



Gbr 9. Grafik Kalibrasi Sensor HC SR-04

Sumbu x adalah jarak yang dihasilkan oleh Arduino, dan sumbu y jarak yang dihasilkan dari alat ukur. Kemudian dari kedua sumbu x dan sumbu y didapatkan persamaan.

$$y = 1.0082x + 0.8839 \tag{1}$$

dan didapat

$$\text{Regresi (R)} = 0.99996 \tag{2}$$

dimana jika regresi mendekati 1, maka sensor akan semakin baik. Untuk hasil kalibrasi akan ditarik rumus sebagai berikut :

$$\text{Hasil} = \frac{\text{jarak (cm)} + 0.8839}{1.0082} \tag{3}$$

D. Pengujian Sensor Ultrasonic HC SR-04

Sensor ultrasonik pada *mobile robot* akan digunakan sebagai pembacaan jarak robot dengan objek *traffic light*. Sebelum melakukan pembacaan warna objek *traffic light* robot harus melakukan pembacaan jarak terhadap objek yang berada tepat didepan. Saat robot sudah melakukan pembacaan jarak yang sudah ditentukan, maka akan dilakukan eksekusi sesuai warna objek yang dibaca. Pada pengujian kali ini akan diambil data saat robot dijalan kan dengan *duty cycle* yang berbeda-beda dan keakuratan robot dalam membaca jarak dengan objek *traffic light*.

TABEL 3
PENGUJIAN SENSOR ULTRASONIK

Duty Cycle (%)	Jarak (cm)	Jarak Realtime (cm)	Error Persen (%)
25	50	48	0.041
50	50	46	0.086
75	50	45.5	0.09
100	50	43.3	0.14

E. Akurasi Tracking Objek Terhadap Sudut

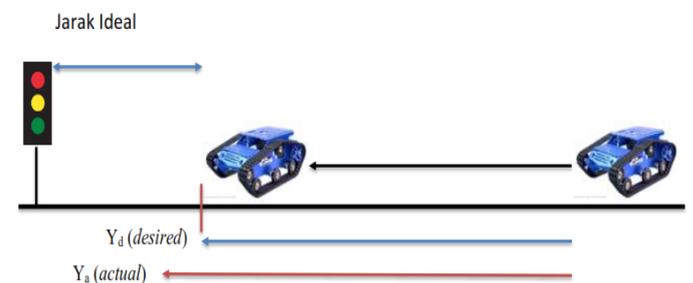
TABEL 4
AKURASI TRACKING OBJEK BERDASARKAN SUDUT

Sudut Sensor Terhadap objek		Duty Cycle (%)	Objek Pertama	Objek Kedua
Kekiri	Kekanan			
0	0	25	Terbaca	Terbaca
		50	Terbaca	Terbaca
		75	Terbaca	Terbaca
		100	Terbaca	Terbaca
10	10	25	Terbaca	Terbaca
		50	Terbaca	Terbaca
		75	Terbaca	Terbaca
		100	Terbaca	Terbaca
15	15	25	Terbaca	Terbaca
		50	Terbaca	Terbaca
		75	Terbaca	Terbaca
		100	Terbaca	Terbaca
30	30	25	Error	Error
		50	Error	Error
		75	Error	Error
		100	Error	Error

Dari table 4 dapat dilihat saat *mobile robot* dijalankan maka jarak ideal robot akan mempengaruhi pembacaan warna objek. Namun saat pembacaan warna objek, robot juga dipengaruhi oleh pembacaan sudut oleh sensor ultrasonik terhadap objek *traffic light*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sudut ideal robot dalam *tracking* objek. Pada sudut diatas 15 derajat sensor tidak dapat membaca jarak objek *traffic light*. Hal tersebut yang menyebabkan *mobile robot* gagal dalam mengeksekusi warna pada *traffic light*. Jadi saat warna sudah terbaca namun robot menyimpang dari sudut 15 derajat kekiri dan 15 derajat kekanan maka robot gagal dalam mengeksekusi warna objek *traffic light* atau dalam bernavigasi.

F. Akurasi Tracking Pada Objek Pertama

Pada pengujian ini akan dilakukan pengujian *tracking mobile robot* pada objek *traffic light*. Robot akan dijalankan dengan *duty cycle* yang berbeda-beda dan ditentukan jarak ideal yaitu 50 cm dari objek *traffic light*.



Gbr10. Ilustrasi Pengujian tracking mobile robot pada objek traffic light

TABEL 5
AKURASI TRACKING OBJEK PERTAMA

Duty Cycle (%)	Jarak Tempuh Robot			Overshoot (Ov%)	M	K	H
	Desire d (ya)	Realtime	Actual (ya)				
25	50 cm	47 cm	53 cm	6	T	T	T
50	50 cm	45 cm	55 cm	10	T	T	T
75	50 cm	46 cm	54 cm	8	T	T	T
100	50 cm	43.5 cm	56.5 cm	13	T	T	T

Keterangan :

- M = Warna Merah
- K = Warna Kuning
- H = Warna Hijau
- T = Terbaca

Pada tabel 5 menjelaskan akurasi tracking mobile robot pada objek traffic light pertama. Pada objek traffic light pertama robot dijalankan dengan duty cycle yang berbeda-beda. Nilai y_d adalah jarak ideal robot dalam membaca objek traffic light. Perbandingan nilai jarak ideal dengan nilai realtime robot akan menghasilkan nilai overshoot dari setiap duty cycle yang diberikan. Dari nilai overshoot yang dihasilkan tidak ada yang melebihi nilai maksimum overshoot yaitu 40 %, maka semua warna objek dapat terbaca dengan baik oleh robot. Nilai overshoot terkecil pada duty cycle 25 % yaitu 6 % dan nilai overshoot terbesar terbesar pada duty cycle 100 % yaitu 13 %.

G. Akurasi Tracking Pada Objek kedua

Pada tabel 4.6 menjelaskan akurasi tracking mobile robot pada objek traffic light kedua. Pada objek traffic kedua robot dijalankan dengan duty cycle yang berbeda-beda. Pada tracking objek traffic light kedua dihasilkan nilai overshoot yang lebih tinggi dari nilai overshoot tracking objek pertama. Hal tersebut disebabkan oleh pembacaan kamera dan respon sensor ultrasonik yang lambat pada objek traffic light kedua. Dari nilai overshoot yang dihasilkan tidak ada yang melebihi nilai maksimum overshoot yaitu 40 % maka dari itu semua warna objek dapat terbaca dengan baik oleh robot. Nilai overshoot terkecil pada duty cycle 75 % yaitu 10 % dan nilai overshoot terbesar terbesar pada duty cycle 25 % yaitu 30 %.

TABEL 6
AKURASI TRACKING OBJEK KEDUA

Duty Cycle (%)	Jarak Tempuh Robot			Overshoot (Ov%)	M	K	H
	Desire d (ya)	Realtime	Actual (ya)				
25	50 cm	35 cm	65 cm	30	T	T	T
50	50 cm	40 cm	60 cm	20	T	T	T
75	50 cm	45 cm	55 cm	10	T	T	T
100	50 cm	40 cm	60 cm	20	T	T	T

Keterangan :

- M = Warna Merah
- K = Warna Kuning
- H = Warna Hijau
- T = Terbaca

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa yang sudah dilakukan maka diperoleh data-data dan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada mobile robot, sistem pembacaan warna terhadap objek traffic light ditentukan dari nilai threshold setiap komponen RGB yang terdapat pada objek traffic light. Pada warna merah dan kuning nilai threshold yang signifikan yaitu pada elemen green, nilai green pada warna merah yaitu < 200 dan nilai green pada warna kuning > 200, dan untuk warna hijau nilai threshold yang signifikan dari ketiga warna yaitu elemen red, nilai red pada warna hijau yaitu < 200.
2. Pada mobile robot, duty cycle ideal terdapat pada duty cycle 25 % dengan besar overshoot sebesar 6 %, dalam hal ini semakin tinggi duty cycle yang diberikan maka jarak antara robot dan traffic light akan semakin dekat untuk robot dapat berhenti. Hal tersebut dapat dilihat pada tabel akurasi tracking objek traffic light.
3. Dalam pembacaan warna objek traffic light, mobile robot juga dipengaruhi sudut antara robot dengan objek traffic light. Sudut ideal yang dibutuhkan objek dalam membaca objek traffic light yaitu 15 derajat kekiri dan 15 derajat kekanan. Jika mobile robot menyimpang keluar dari sudut tersebut maka mobile robot gagal dalam mengeksekusi objek traffic light.

Saran

1. Pembacaan warna objek traffic light masih dipengaruhi oleh intensitas cahaya sekitar sehingga sangat mempengaruhi proses pengenalan warna pada kamera webcam. Proses pengambilan nilai sampel dilakukan dengan intensitas cahaya yang tetap agar robot dapat mengenali warna dengan nilai sampel yang diberikan, untuk itu disarankan agar menjadi lebih baik lagi dibuat robot yang dapat mengenali warna tanpa pengaruh intensitas cahaya sekitar, agar robot dapat melakukan pendekteksian warna secara otomatis dengan lebih baik.
2. Pada saat robot bernavigasi, robot seringkali gagal dalam membaca jarak dengan objek traffic light, hal tersebut disebabkan oleh objek traffic light yang terlalu kecil dan pembacaan sudut sensor ultrasonik yang terbatas, oleh karena itu pada penelitian selanjutnya disarankan untuk membuat objek yang lebih besar agar mudah dibaca sensor ultrasonik, dan menambahkan sensor ultrasonik agar lebih akurat dalam menentukan nilai jarak terhadap objek dengan sudut pembacaan yang lebih luas.

REFERENSI

- [1] Khamdi, N., Susantok, M., & Leopard, P. (2017). Pendeteksian Objek Bola Dengan Metode Color Filtering Hsv Pada Robot Soccer Humanoid.
- [2] Mandaku, H., & Tukan, M. (2010). Studi Penerapan Intelligent Transportation System (ITS) Di Kabupaten Seram Bagian Barat.
- [3] Nugraha, R. D. (2016). Rancang Bangun Mobile Robot Pengikut Manusia Berdasarkan Warna Menggunakan Metode Template Matching Berbasis Mini PC.
- [4] Padmo A.M, A. d. (2016). Segmentasi Citra Batik Berdasarkan Fitur Tekstur Menggunakan Metode Filter Gabor Dan K-Means Clustering. *JURNAL INFORMATIKA Vol.10, No.1.*, 1173.
- [5] Setyanto, K. D. (n.d.). Pengendalian Mobile Robot Vision Menggunakan Webcam Pada Objek Arah Panah Berbasis Raspberry Pi.
- [6] Wahyudi, A. (2020). Troli Pengikut Objek Otomatis Berbasis Image Processing Menggunakan Metode Color Filtering.

