

## Implementasi Algoritma *Hough transform* Pada *Object Following* Menggunakan *Ar.Drone Quadcopter*

Muhammad Tri Buwana Zulfikar Ardi<sup>1</sup>, Gembong Edhi Setyawan<sup>2</sup>, Fitri Utamingrum<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya  
Email: <sup>1</sup>tribuwana23@gmail.com, <sup>2</sup>gembong@ub.ac.id, <sup>3</sup>f3\_ningrum@ub.ac.id

### Abstrak

*Quadcopter* merupakan salah satu jenis unmanned aerial vehicle (UAV) atau pesawat tanpa awak yang memiliki 4 rotor. Untuk saat ini sistem pengendalian *quadcopter* masih banyak menggunakan radio control. Seiring mengikuti perkembangan teknologi *quadcopter* pada saat ini telah dilengkapi dengan berbagai macam fitur seperti GPS dan juga kamera untuk mengambil gambar atau citra digital dari sudut pandang *quadcopter*. *Ar.Drone* merupakan *quadcopter* keluaran dari merk Parrot. *Ar.Drone* menggunakan sistem operasi Linux sehingga dapat digunakan untuk melakukan riset-riset pada pengembangan *quadcopter*. Pada *quadcopter* dapat diterapkan sebuah algoritma cerdas yang berkaitan dengan pengolahan citra sehingga dapat dikembangkan dan salah satunya adalah object following atau *tracking*. Dengan menggunakan *hough transform* diharapkan peneliti dapat membuat sebuah sistem navigasi otomatis untuk *quadcopter* yang dapat digunakan untuk mendeteksi objek bola sebagai dasar untuk melakukan navigasi. Dengan adanya sistem navigasi otomatis dapat membantu apabila ingin mengambil sebuah gambar maupun video yang dibutuhkan untuk merekam sebuah objek tanpa harus melakukan navigasi manual menggunakan radio control. Sistem navigasi otomatis berjalan berdasarkan posisi bola pada frame video streaming. Untuk itu frame streaming dibagi menjadi 9 frame guna mengetahui pergerakan apa yang harus dilakukan *quadcopter* agar dapat bergerak mengikuti objek. Terdapat beberapa hal yang harus dilakukan sebelum citra dari kamera depan *quadcopter* dapat digunakan untuk implementasi algoritma *hough transform*. Proses tersebut adalah pre-processing image, yaitu proses pengolahan citra digital antara lain adalah segmentasi menggunakan HSV, blurring, dan canny edge. Pada pengujian posisi koordinat bola pada frame dapat disimpulkan bahwa *quadcopter* dapat melakukan pergerakan *tracking* terhadap bola dengan acuan posisi koordinat titik tengah bola. Dari pengujian jarak maka didapatkan hasil jarak maksimal untuk mendeteksi adalah 4m dengan persentase keberhasilan deteksi pada seluruh warna sebesar 85%.

**Kata kunci:** *Quadcopter*, *Hough transform*, pengolahan citra, segmentasi *hsv*, Pre-processing image, object following, *tracking*.

### Abstract

*Quadcopter* is one type of unmanned aerial vehicle (UAV) or unmanned aircraft that has 4 rotors. At present the *quadcopter* control system still uses radio control. Along with the development of *quadcopter* technology at this time has been equipped with various features such as GPS and also a camera to take pictures or digital images from the *quadcopter's* point of view. *Ar.Drone* is an output *quadcopter* from the Parrot brand. *Ar.Drone* uses the Linux operating system so that it can be used to conduct research on *quadcopter* development. On the *quadcopter* an intelligent algorithm can be applied related to image processing so that it can be developed and one of them is object following or *tracking*. By using *hough transform* researchers are expected to be able to create an automatic navigation system for *quadcopter* that can be used to detect spherical objects as a basis for navigation. With the automatic navigation system can be petrified if you want to take a picture or video needed to record an object without having to do manual navigation using radio control. The navigation system automatically runs based on the position of the ball in the video streaming frame. For that frame streaming is divided into 9 frames to find out what movements the *quadcopter* has to do to be able to move along with the object. There are several things that must be done before the image from the front camera *quadcopter* can be used for the implementation of the *hough transform* algorithm. The process is image pre-processing, namely digital image processing including segmentation using HSV, blurring, and canny edge. In testing the position

of the spherical coordinates on the frame, it can be concluded that the quadcopter can track the movement of the ball with reference to the sphere midpoint coordinate position. From the distance test, the maximum distance for detection is 4m with the percentage of successful detection of all colors at 85%.

**Keywords:** *Quadcopter, Hough transform, image processing, hsv segmentation, image pre-processing, object following, tracking.*

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan dalam dunia teknologi saat ini sangatlah pesat. Tentunya teknologi diciptakan untuk membantu aktifitas dan pekerjaan manusia itu sendiri. salah satu teknologi yang saat ini sedang berkerbang sangat pesat adalah teknologi dalam dunia *quadcopter*. *Quadcopter* merupakan salah satu jenis UAV (Unmanned Aerial Vehicle) yang dikenal dengan kemampuannya melakukan take-off secara vertical, malakukan beberapa gerakan (pitch, yaw, roll) dan landing secara vertical. *Quadcopter* mempunyai kompleksitas yang cukup baik dalam bentuk model maupun pengendalian gerakan, menggunakan 4 motor brushless sebagai penggerak utama (Hamdani, 2013). Untuk saat ini sistem pengendalian *quadcopter* masih banyak menggunakan *radio control*. Seiring mengikuti perkembangan teknologi *quadcopter* pada saat ini telah dilengkapi dengan berbagai macam fitur seperti GPS dan juga kamera untuk mengambil gambar atau citra digital dari sudut pandang *quadcopter*. Beberapa jenis *quadcopter* sering digunakan untuk mengambil gambar berupa foto maupun video untuk membantu manusia dalam mengambil gambar dari atas atau medan-medan yang sulit dijangkau manusia.

Penggunaan *quadcopter* untuk bidang multimedia saat ini sedang banyak digunakan. *Quadcopter* dapat memberikan hasil penangkapan gambar dan video dengan sudut pandang ketinggian yang sulit dijangkau oleh manusia. Seperti halnya pada pertandingan sepak bola akan lebih baik apabila video ataupun gambar diambil ketinggian. *Quadcopter* merupakan salah satu solusi untuk mengambil gambar dari ketinggian dengan mudah. Mengambil rekaman video pada pertandingan bola menggunakan *quadcopter* juga dapat membantu menganalisa berbagai macam bentuk pelanggaran seperti halnya pelanggaran offside dan out pada pertandingan sepak bola. Pada pertandingan sepakbola, wasit menjadi elemen paling penting dalam sistem pendukung

keputusan hasil pertandingan. Namun demikian, kadangkala dalam suatu pertandingan, keputusan wasit merugikan tim yang bertanding karena kekeliruan wasit dalam membuat keputusan misalnya pada kasus offside dan gol seperti kasus pertandingan antara Jerman vs Inggris di Piala Dunia 2010 (Riswanto, 2012).

Pada *quadcopter* dapat diterapkan sebuah algoritma cerdas yang berkaitan dengan pengolahan citra sehingga dapat dikembangkan dan salah satunya adalah object following. Tentunya untuk membuat *quadcopter* dapat mengikuti sebuah objek maka *quadcopter* haruslah mengenal objek tersebut terlebih dahulu. Objek tersebut dapat berupa bentuk-bentuk yang mudah untuk dikenali seperti misalnya sebuah objek bangun ruang seperti kubus, balok, dan bola ataupun berupa objek manusia. Pada pertandingan sepakbola dapat diimplementasikan sebuah sistem perekaman dari ketinggian menggunakan *quadcopter* dengan fitur object following. Pada penelitian ini akan dibuat sebuah sistem Object following otomatis yang diaplikasikan pada Ar.Drone menggunakan komputer vision dengan algoritma Hough Transform.

## 2. LANDASAN KEPUSTAKAAN

Penelitian yang bertujuan untuk mendeteksi objek bola pada sebuah file video telah dilakukan pengujian oleh Riswanto (2012). Dalam penelitian yang dilakukan oleh Riswanto, file video yang berisi pergerakan bola secara vertikal maupun horizontal dapat dideteksi menggunakan algoritma *hough transform*. Dari hasil pendeteksian tersebut peneliti mendapatkan nilai koordinat posisi titik tengah bola. Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang dilakukan oleh Riswanto adalah sistem dapat menampilkan posisi pola lingkaran dengan objek lingkaran berwarna menggunakan file video. Sistem dapat menampilkan titik koordinat dengan tepat.

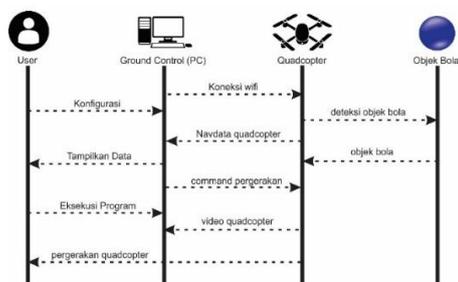
Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya akan menjadi dasar yang akan digunakan dalam penelitian yang akan

dilakukan. Pada penelitian ini, *quadcopter* akan mengikuti objek bola dengan cara mendeteksi objek menggunakan algoritma *circle hough transform* yang akan mendeteksi bentuk lingkaran pada citra kamera *quadcopter* lalu setelah koordinat bola yang terdeteksi telah didapatkan Ar.Drone akan melakukan tracking sehingga dapat mengikuti bola bergerak.

### 3. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

#### 3.1 Perancangan Sistem

Secara garis besar perancangan sistem yang dijelaskan pada gambar 1, dimana OS linux Ubuntu merupakan sistem operasi yang digunakan dalam pemrosesan dari sistem yang digunakan untuk memproses input berupa data video dari Ar.Drone dan juga mengirim output command gerakan kepada *quadcopter*. Kamera *quadcopter* akan menangkap gambar lalu mengirimkan tiap frame kepada komputer melalui protocol IEEE 802.11/n wi-fi. Hasil frame video dari *quadcopter* dijadikan input oleh sistem kemudian diproses agar sistem dapat mengirim perintah gerakan yang sesuai berdasarkan hasil pemrosesan video.



Gambar 1. Alur pertukaran data dan komunikasi pada *quadcopter*.

Apabila antara komputer dan *quadcopter* sudah terhubung maka komputer sudah bisa menerima navdata dari *quadcopter* dan mengirimkan perintah navigasi pergerakan untuk *quadcopter*. langkah selanjutnya yakni menjalankan program yang telah dibuat untuk mendeteksi objek dan mengirim perintah navigasi otomatis. setelah pengguna memilih warna objek bola dan mengirimkan perintah take-off maka *quadcopter* melakukan streaming video yang dikirimkan ke komputer melalui sambungan Wi-fi untuk dilakukan proses pendeteksian objek dikomputer. apabila terdapat objek yang dideteksi maka komputer mengirimkan perintah navigasi pergerakan *quadcopter* berdasarkan posisi objek pada frame

tersebut.

Awal perancangan deteksi objek bola dimulai pada perancangan sistem operasi ROS, CvBridge serta *OpenCV*. ROS menyediakan message untuk mengakses kamera *quadcopter*. data citra video dari *message* tersebut akan dijemput oleh CvBridge agar dapat diakses juga oleh *library OpenCV*. CvBridge merupakan paket ROS *library* yang tersedia untuk digunakan sebagai penghubung antara ROS dan *OpenCV*. Pre-processing citra digunakan untuk menentukan bagian citra yang akan disegmentasi dan menghilangkan noise dari citra. Tahapan pre-processing citra meliputi gaussian blur, median blur, konversi *rgb to hsv* dan juga *canny edge*. Algoritma yang digunakan untuk mendeteksi objek bola adalah *Hough Circle Transform* yang dapat mendeteksi bentuk lingkaran pada gambar video kamera depan *quadcopter*.

Algoritma *Hough transform* menggunakan bentuk parametrik dan pemungutan suara terbanyak (voting) untuk menentukan nilai parameter yang tepat. Dalam implementasinya, HT melakukan pemetaan terhadap titik-titik pada citra ke dalam parameter space (HT space) berdasar kan suatu fungsi yang mendefinisikan bentuk yang ingin dideteksi. HT umumnya digunakan untuk melakukan ekstraksi garis, lingkaran atau elips pada citra, namun dalam perkembangannya, HT juga telah dapat digunakan untuk melakukan ekstraksi bentuk-bentuk yang lebih kompleks. Jika suatu gambar mengandung banyak titik, beberapa yang jatuh diperimeter lingkaran, maka tugas program pencarian untuk menemukan kembar tiga parameter (a,b,R) untuk menggambarkan lingkaran masing-masing. Persamaan lingkaran tersebut dapat dilihat pada persamaan 3.1.

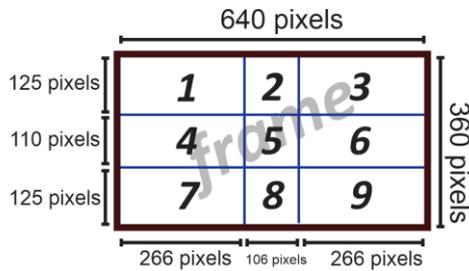
$$r^2 = (x - a)^2 + (y - b)^2 \tag{3.1}$$

Disini a dan b menunjukkan koordinat titik tengah, dan r adalah jari-jari lingkaran. Representasi parametrik lingkaran ini dapat dilihat pada persamaan 3.2.

$$\begin{aligned} x &= a + r * \cos(\theta) \\ y &= b + r * \sin(\theta) \end{aligned} \tag{3.2}$$

Sistem navigasi otomatis berjalan berdasarkan posisi bola pada frame video streaming. untuk itu frame streaming dibagi menjadi 9 frame guna mengetahui pergerakan apa yang harus dilakukan *quadcopter* agar dapat

bergerak mengikuti objek . pebagian frame dijelaskan pada gambar 2.



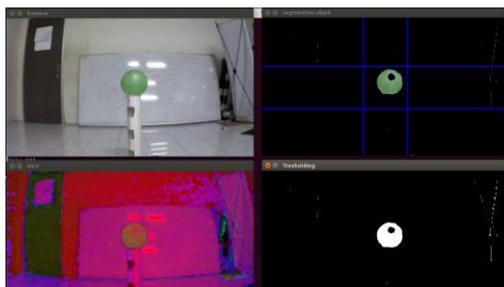
Gambar 2. Pembagian 9 grid frame

Titik tengah bola digunakan sebagai variabel untuk mewakili posisi bola tanpa mempedulikan besarnya lingkaran yang terdeteksi. besar bola menjadi variabel yang digunakan untuk mengetahui jarak antara bola dan *quadcopter*.

**3.2 Implementasi Sistem**

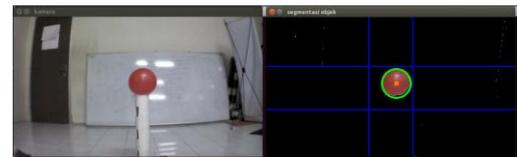
Komputer yang dijadikan sebagai ground control system akan dihubungkan dengan *quadcopter* menggunakan koneksi Wi-fi IEEE 802.11n/ . setelah itu buka terminal Ubuntu lalu jalankan driver ROS Ar drone *quadcopter*. komputer akan mengirimkan pesan AT Commands untuk memulai koneksi. apabila *quadcopter* dan komputer telah terhubung dengan baik maka *quadcopter* telah siap untuk mengirim navdata dan menerima perintah navigasi gerakan dan juga *quadcopter* telah siap untuk menjalankan program object following.

Pre-processing citra digunakan untuk menentukan bagian citra yang akan disegmentasi dan menghilangkan noise dari citra. Tahapan pre-processing citra meliputi gaussian blur, median blur, konversi *rgb to hsv* dan juga canny edge. Hasil segmentasi dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil segmentasi citra

Setelah proses pre-processeing dilakukan maka tahap selanjutnya adalah melakukan deteksi objek bola menggunakan Algoritma Hough circle transform. *Library OpenCV* digunakan disini untuk mempermudah pengimplementasian algoritma *hough transform*. Hasil dari deteksi bentuk lingkaran pada citra berupa 3 variabel yaitu koordinat titik tengah lingkaran (x,y) dan juga radius atau jari-jari lingkaran yang terdeteksi. Hasil dari pendeteksian dan penggambaran lingkaran dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Hasil deteksi objek bola

**4. HASIL PENGUJIAN**

**4.1 Pengujian Jarak Deteksi**

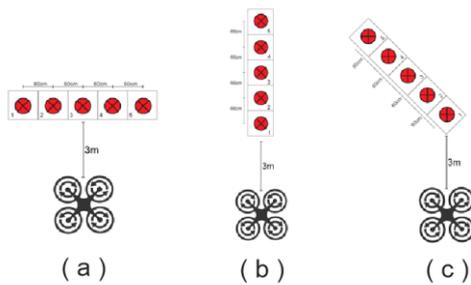
Pengujian Dilakukan untuk penguji performa dari sistem saat melakukan pendeteksian dengan warna bola dan jarak antara objek dengan *quadcopter* yang beragam. Dari pengujian ini dapat diketahui maksimal jarak *quadcopter* dapat mendeteksi objek. Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian. Pengujian dilakukan dengan menerbangkan *quadcopter* dan mengatur jarak objek dengan jarak 2m, 3m, 4m dan 5m.

Tabel 1. Hasil pengujian jarak deteksi

warna	Jarak(m)	Hasil deteksi	Rata-rata
Merah	2	100%	72,5%
	3	100%	
	4	90%	
	5	0%	
Biru	2	100%	70%
	3	100%	
	4	80%	
	5	0%	
Hijau	2	100%	72,5%
	3	100%	
	4	90%	
	5	0%	
Kuning	2	100%	67,5%
	3	90%	
	4	80%	
	5	0%	
Rata-rata hasil			70,62%

### 4.2 Pengujian Akurasi Tracking

Pengujian dilakukan untuk mendapatkan nilai persentase rata-rata akurasi proses tracking objek bola dengan pola peletakkan bola yang bervariasi. 5. Meletakkan bola pada pola posisi horizontal(a), vertical(b), dan diagonal(c) seperti pada gambar 5. Melakukan take-off dan memperhatikan pergerakan tracking objek bola (merah, biru, hijau dan kuning) oleh kamera quadcopter.



Gambar 5. Pola posisi objek bola

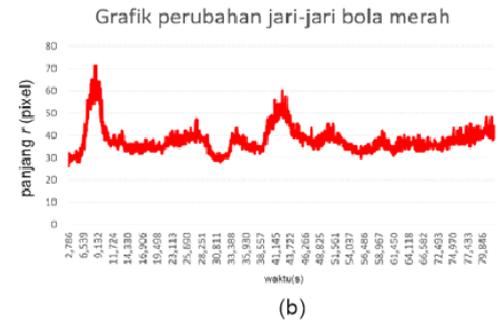
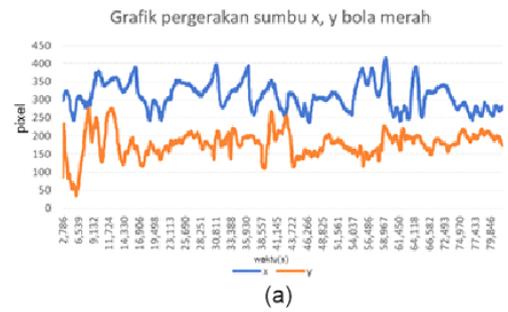
Hasil pengujian akurasi tracking pada setiap warna bola ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian akurasi tracking

Warna	Pola posisi	Hasil tracking	Rata-rata akurasi tracking
Merah	Horizontal	100%	86,66%
	Vertikal	100%	
	Diagonal	60%	
Biru	Horizontal	100%	93,33%
	Vertikal	100%	
	Diagonal	80%	
Hijau	Horizontal	100%	86,66%
	Vertikal	60%	
	Diagonal	100%	
Kuning	Horizontal	100%	86,66%
	Vertikal	80%	
	Diagonal	80%	
Rata-rata keseluruhan			88,32%

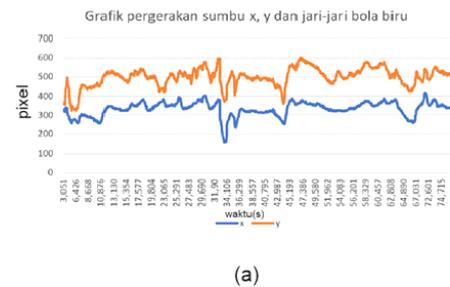
### 4.3 Pengujian tracking berdasarkan posisi bola pada frame

Pengujian dilakukan untuk melihat posisi objek bola pada frame kamera hasil deteksi dan menganalisis pergerakan quadcopter terhadap hasil pengenalan objek bola. Pergerakan quadcopter mengikuti bola merah dilakukan selama 80 detik dan quadcopter dapat bergerak mengikuti pergerakan bola dengan baik. Gambar 5 menampilkan grafik sumbu x, y (a) dan jari-jari objek bola (b) yang terdeteksi oleh sistem.



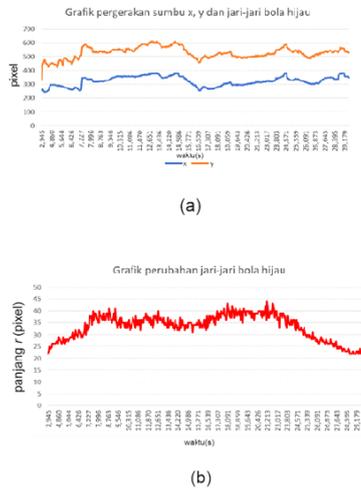
Gambar 5 Grafik pergerakan sumbu x, y dan jari-jari bola merah

Pergerakan quadcopter mengikuti bola biru dilakukan selama 28 detik dan quadcopter dapat bergerak mengikuti pergerakan bola dengan baik. Gambar 6 menampilkan grafik sumbu x, y (a) dan jari-jari objek bola (b) yang terdeteksi oleh sistem.



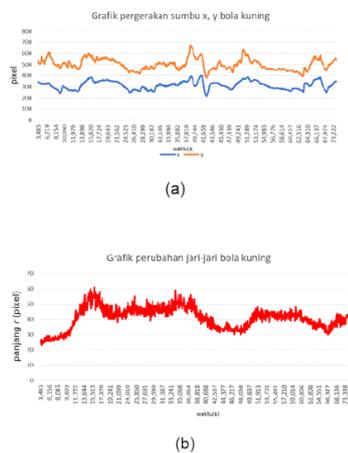
Gambar 6 Grafik pergerakan sumbu x, y dan jari-jari bola biru

Pergerakan *quadcopter* mengikuti bola hijau dilakukan selama 24 detik dan *quadcopter* dapat bergerak mengikuti pergerakan bola dengan baik. Gambar 7 menampilkan grafik sumbu x, y (a) dan jari-jari objek bola (b) yang terdeteksi oleh sistem.



Gambar 7 Grafik pergerakan sumbu x, y dan jari-jaribola hijau

Pergerakan *quadcopter* mengikuti bola hijau dilakukan selama 22 detik dan *quadcopter* dapat bergerak mengikuti pergerakan bola dengan baik. Gambar 8 menampilkan grafik sumbu x, y dan jari-jari objek bola yang terdeteksi oleh sistem.



Gambar 8 Grafik pergerakan sumbu x, y dan jari-jaribola kuning.

Berdasarkan hasil pengujian koordinat titik tengah dan jari-jari bola dapat disimpulkan bahwa *quadcopter* dapat melakukan *tracking* dan objek following sesuai dengan rancangan sistem pendeteksi dan navigasi otomatis.

#### 4.4 Pengujian waktu respons sistem

Pengujian dilakukan untuk mengetahui berapa waktu yang diperlukan oleh *quadcopter* untuk bergerak sehingga objek bola berada pada grid tengah frame ketika objek bola digerakkan. Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada seluruh warna objek, maka didapatkan hasil yang ditampilkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian waktu respons sistem

Warna	Rata-rata waktu (s)
Merah	1,415
Biru	1,335
Hijau	1,01
Kuning	0,619
Rata-rata keseluruhan	1,094

Dapat dianalisis bahwa waktu yang dibutuhkan untuk *tracking* pada sumbu x atau *quadcopter* melakukan rotasi kiri atau kanan memiliki waktu respons yang paling kecil. Sedangkan untuk sumbu y atau *quadcopter* melakukan gerakan naik turun rata-rata memerlukan waktu melebihi waktu respons sumbu x tetapi masih berada dibawah 1 detik. Lalu pada waktu respons jari-jari menghasilkan waktu yang besar dimana rata-rata memerlukan waktu diatas 1 detik, hal tersebut dikarenakan untuk melakukan gerakan maju atau mundur memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan rotasi dan naik/turun.

#### 5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai jawaban dari rumusan masalah.

Berdasarkan pengujian jarak dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin jauh objek bola dengan *quadcopter* maka semakin sulit untuk dideteksi. Hal tersebut dikarenakan oleh jumlah kontur pixel dari objek bola pada *frame* semakin kecil untuk dideteksi. Dari pengujian tersebut maka didapatkan hasil jarak maksimal untuk

medeteksi adalah 4m dengan persentase keberhasilan deteksi pada seluruh warna sebesar 85%. Pada pengujian jarak dapat juga ditarik kesimpulan bahwa warna juga mempengaruhi hasil deteksi.

Pada pengujian terhadap akurasi *tracking* objek bola dapat disimpulkan bahwa jenis pergerakan yang dilakukan *quadcopter* sangat berpengaruh pada keberhasilan sistem *tracking* objek bola. Misalnya pada saat bola dipindahkan dengan pola diagonal maka persentase keberhasilan yang didapatkan tidak sebaik pola perpindahan horizontal dan vertikal karena ketika *quadcopter* bergerak untuk mengikuti bola yang dipindahkan secara diagonal *quadcopter* melakukan 3 gerakan sekaligus yaitu maju/mundur, rotasi dan naik/turun. Hal tersebut mempengaruhi kualitas gambar video yang ditangkap oleh kamera drone sehingga mempengaruhi keberhasilan *tracking* bola.

Pada pengujian posisi koordinat bola pada *frame* dapat disimpulkan bahwa *quadcopter* dapat melakukan pergerakan *tracking* terhadap bola dengan acuan posisi koordinat titik tengah bola. Hal tersebut membuktikan bahwa sistem navigasi otomatis yang telah dirancang mampu bekerja dengan baik pada sistem ini.

Pada pengujian waktu respons sistem dapat disimpulkan bahwa untuk melakukan pergerakan sehingga objek bola yang terdeteksi berada pada grid 5 atau tengah *frame* waktu yang dibutuhkan sangat bervariasi bergantung pada gerakan yang harus dilakukan oleh *quadcopter* tersebut. Jenis Gerakan yang membutuhkan waktu paling kecil adalah gerakan rotasi dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan adalah 0,375 detik, sedangkan untuk Gerakan naik/turun dan maju/mundur membutuhkan waktu yang lebih lama dengan nilai rata-rata masing-masing adalah 0.677 detik dan 2,23 detik.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, F., Daniel, R. & Widiyanto, R. 2014. AUTONOMOUS DETECTION AND TRACKING OF AN OBJEK AUTONOMOUSLY USING AR.DRONE QUADCOPTER, [online] tersedia di: <http://dx.doi.org/10.21609/jiki.v7i1.251> [diakses 27 Januari 2019]
- Riswanto. 2012. Penggunaan Algoritma *Hough* Transforms Untuk Deteksi Bentuk Lingkaran pada Ruang 2D, [online] tersedia di: [http://p2m.polibatam.ac.id/wp-content/uploads/2012/05/Deteksi-Lingkaran-menggunakan-algoritma-Hough-transform-\\_Riwi\\_.pdf](http://p2m.polibatam.ac.id/wp-content/uploads/2012/05/Deteksi-Lingkaran-menggunakan-algoritma-Hough-transform-_Riwi_.pdf) [diakses 27 Januari 2019]
- Kurniawan, M., Widiyanto, D. 2014. IMPLEMENTATION OF IMAGE PROCESSING ALGORITHMS AND GENERALIZED LEARNING VECTOR QUANTIZATION TO TRACK AN OBJEK USING AR.DRONE CAMERA, [online] tersedia di: <http://dx.doi.org/10.21609/jiki.v7i2.264> [diakses 27 Januari 2019]
- Sa'diyah., Halimatus., Isnanto, R., & Achmad, H, 2011, Aplikasi *Transformasi Hough* Untuk Deteksi Garis Lurus, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Winata, E., Risna, H & Angreni., R. 2016. Identifikasi Jenis Bangun Datar dengan Algoritma Line *Hough transform* dan Circular *Hough transform*. [online] tersedia di: [http://www.mdp.ac.id/jatISI/vol-2-no-2/JATISI\\_Vol\\_2\\_No\\_2\\_Maret\\_2016\\_5%20%5B120-129%5D.pdf](http://www.mdp.ac.id/jatISI/vol-2-no-2/JATISI_Vol_2_No_2_Maret_2016_5%20%5B120-129%5D.pdf) [diakses 27 Januari 2019]
- Parrot, 2013. [www.parrot.com](http://www.parrot.com). [Online] tersedia di: <https://www.parrot.com/global/drones/parrot-ardrone-20-poweredition> [diakses 27 Januari 2019].
- OpenCV, 2012. *OpenCV*. [Online] tersedia di: [https://docs.OpenCV.org/3.1.0/da/d5c/tutorial\\_canny\\_detector.html](https://docs.OpenCV.org/3.1.0/da/d5c/tutorial_canny_detector.html) [diakses 27 Januari 2019].
- Ghinmine, S.V., and Sapkal A., 2017. Comparative Study of RGB, HSV & YcbCr Color Model Saliency Map. 5(6), pp 2320-9801.
- Gunanto, S.(2009). Segmentasi Warna Bagian Tubuh Manusia Pada Cita 2D. [Online] tersedia di: <https://media.neliti.com/media/publication/s/68819-ID-none.pdf> [diakses 27 Januari 2019].

- Gaol, A., Setyawan, G.& Kurniawan, W. 2017. Pendaratan Otomatis *Quadcopter* AR Drone Menggunakan Metode Linear Quadratic Regulator (LQR). [online] tersedia di: <http://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/322/135> [diakses 27 Januari 2019].