

PERANCANGAN OBJECT FOLLOWER ROBOT UNTUK SISTEM SCANNING DAN TRACKING OBJECT FOLLOWER MENGGUNAKAN KONTROL PID

OBJECT FOLLOWER ROBOT DESIGN TO SCAN AND TRACK OF SYSTEM USING PID CONTROL

Heni Dwi Juniar¹, Drs. Suwandi, M.Si², Dr. Eng. Asep Suhendi, S.Si., M.Si.³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom Bandung

[¹henijuniar3@gmail.com](mailto:henijuniar3@gmail.com), [²suwandi.sains@gmail.com](mailto:suwandi.sains@gmail.com), [³as.sehendi@gmail.com](mailto:as.sehendi@gmail.com)

Abstrak

Mobile Robot dapat diartikan sebagai robot yang bergerak dari satu tempat ketempat yang lain. *Mobile robot* mempunyai beberapa jenis salah satunya yaitu *Object Follower Robot*. Keunggulan dari *Object Follower Robot* yaitu dapat mengikuti gerak suatu objek serta dapat melacak suatu objek dikarenakan kamera yang terdapat pada robot dapat mengetahui warna dari setiap objek yang dilacak, sehingga dapat membantu pekerjaan. Sedangkan kekurangannya adalah objek yang akan diikuti atau dideteksi harus didefinisikan terlebih dahulu. Keselarasan antara badan robot dan kamera juga menjadi hal yang penting pada *Object Follower Robot* agar robot dapat mengikuti arah objek dengan benar. Keselarasan keduanya dapat diatur oleh sensor kompas pada kedua komponen, kemudian menjadi peran yang penting dalam berjalannya *Object Follower Robot*. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah sistem yang dapat mengontrol sensor kompas yang digunakan agar sensor yang terdapat pada *mobile robot* dan kamera dapat menjadi searah. Sistem kontrol yang dirancang untuk kesearahan sensor kompas yaitu sistem kontrol proporsional ($K_p=0.24$) dan sistem kontrol derivative ($K_d=0.012$).

Kata Kunci: *Mobile Robot*, kesearahan sensor kompas, PID, objek bergerak.

Abstract

Mobile Robot was identified as a robot which moves from one place to another. *Mobile Robot* was divided into several kinds, one of that is *Object Follower Robots*. The ability to detect an object by preinstalled camera based on its color and follows it are what made this kind of robot an ideal helper of today's industry. However, object first needs to be defined as an introductory for the robot to detect and follow. Robot's body and camera alignment is also important for the Robot to work properly. By installing compass to both components, it is possible for the robot to follow object on the right track, making it essential to robot's acquisition. This underlies the making of a system that controls both compasses as the main objective of this research. Control systems contains Proportional Control Systems ($K_p = 0.24$) and Derivative Control Systems ($K_d = 0.012$).

Keywords: *Mobile Robot*, compasses alignment, PID, moving object.

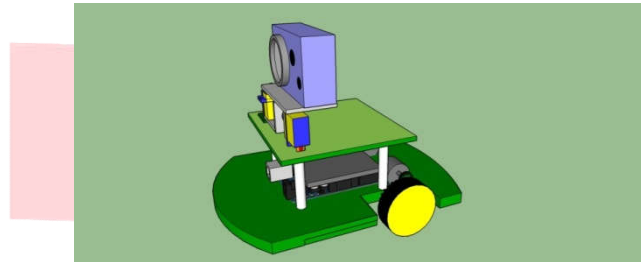
1. Pendahuluan

Mobile yang mempunyai arti gerak, maka *mobile robot* dapat diartikan sebagai robot yang bergerak dari satu tempat ketempat yang lain. Robot jenis ini merupakan robot yang sampai saat ini masih populer di dunia robotika. Ada beberapa macam jenis *mobile robot* yaitu, robot *object tracking*, robot pengikut garis, robot terbang, robot dalam air, *humanoid*, kombinasi *mobile* dan *non-mobile robot*[1]. Robot *object tracking* merupakan salah satu dari jenis *mobile robot* yang dapat menemukan objek sesuai dengan yang diperintahkan[2]. Namun, masih sedikit pengolahan citra yang menggunakan kamera untuk, mengenali objek ataupun pemetaan ruangan. Sedangkan tantangan yang harus di hadapi oleh robot masa depan adalah kemampuan untuk mengenali obyek menggunakan metode pengolahan citra[3]. Dalam melacak objek sebenarnya dapat menggunakan sensor ultrasonik. Namun, penggunaan sensor ultrasonik tidak cukup untuk pengolahan citra. Hal ini dikarenakan sensor ultrasonik hanya dapat mengenali keberadaan benda tanpa tahu jenis benda apa yang didekati. Sedangkan penggunaan kamera dalam melacak objek sangat membantu. Hal ini dikarenakan kamera dapat mengetahui warna dari setiap objek yang akan dilacak. Dengan alasan tersebut, pada penelitian ini akan dilakukan perancangan kontrol PID terhadap perpaduan *mobile robot* dan kamera dalam melacak objek. Uji coba yang akan dilakukan yaitu dengan objek berwarna merah. Warna merah dipilih karena warna merah ini mendekati

warna hitam yang memiliki nilai intensitas 0. Fokus pengerjaan tugas akhir ini adalah meninjau berapa lama respon sistem yang dihasilkan agar kamera dapat menemukan objek, berapa lama waktu yang dibutuhkan agar *mobile robot* dapat mensejajarkan posisinya kembali dengan kamera dan berapa lama waktu yang dibutuhkan *mobile robot* dan kamera agar dapat bergerak mendekati objek.

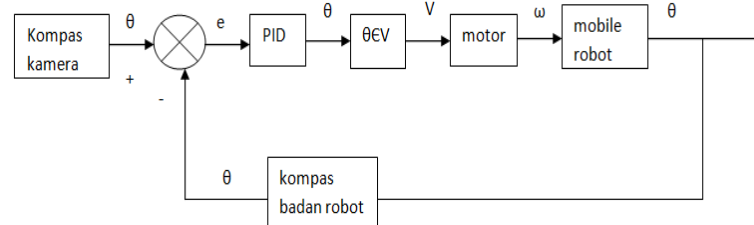
2. Perancangan Sistem

Dalam pembuatan tugas akhir ini, banyak faktor yang dapat diperhatikan agar sistem *mobile robot object followers* dapat menghasilkan respon yang diinginkan. Perancangan sistem bagian mekanik, elektrik, maupun kontroller akan sangat mempengaruhi performansi pergerakan *object followers*. *Mobile robot object followers* dapat menyelesaikan misi jika kamera sudah menemukan objek yang dituju dengan spesifikasi sensor yang lengkap seperti sensor kompas (HMC5883L). Sensor kompas (HMC5883L) akan mendefinisikan pergerakan *mobile robot* seperti sudut antara mobil dan kamera. Selain itu, *mobile robot* dan kamera juga dilengkapi dengan modul komunikasi agar dapat berkomunikasi dengan koordinator. Gambar 2.1 merupakan mekanik perancangan robot.



Gambar 2.1 Desain Perancangan Mekanik

Kamera yang digunakan yaitu PIXY CMUcam5. CMUcam merupakan *computer vision device* yang ditunjukkan untuk kepentingan riset dalam bidang robotika. CMUcam mempunyai *small video camera* dan *microcontroller* dengan tatap muka serial. Pada umumnya kamera digital menggunakan *bandwith connector* yang banyak untuk jalur komunikasi, namun CMUcam memiliki *interface* yang mudah untuk diakses oleh *microcontroller*. Kamera ini dipilih karena memiliki keunggulan dimana software yang sangat memudahkan pengguna. Sensor kompas yang digunakan yaitu sensor kompas digital tipe HMC5883L. Pemilihan sensor kompas ini dikarenakan HMC5883L ini menyediakan kepresisian lebih pada sensitifitas dan linieritas sumbu serta dirancang untuk mengukur kedua arah dan medan magnet bumi. Penggunaan motor servo *standard*, dimana motor servo *standard* merupakan alat yang dapat mengendalikan, memblokir serta dapat menjaga posisi berdasarkan penerimaan signal elektronik. Hal ini disebabkan karena motor DC servo merupakan alat yang mengubah energi listrik menjadi energi gerak. Motor servo tipe *standard* ini hanya dapat berputar 180°. Motor servo yang digunakan jenis TowerPro SG90 Servo. Sistem ini akan membuat robot mobil dapat bergerak menuju objek yang ditentukan dengan posisi robot dan kamera searah dengan objek. Sistem ini dilakukan dengan cara menentukan posisi sudut *set point* yang akan menjadi sudut referensi untuk kamera dan robot searah dengan objek. Sebelum mencapai *set point* kamera dan robot searah dengan objek yang dituju kamera mempunyai satu kontrol PID yang digunakan, yaitu kontrol *P yaw*. Kontrol *P yaw* ini nantinya bertujuan untuk menghasilkan *Pulse Width Modulation* (PWM) yang diharapkan agar mobil dan kamera dapat mempertahankan posisinya dengan objek. Gambar 2.2 merupakan diagram blok sistem kontrol PID.



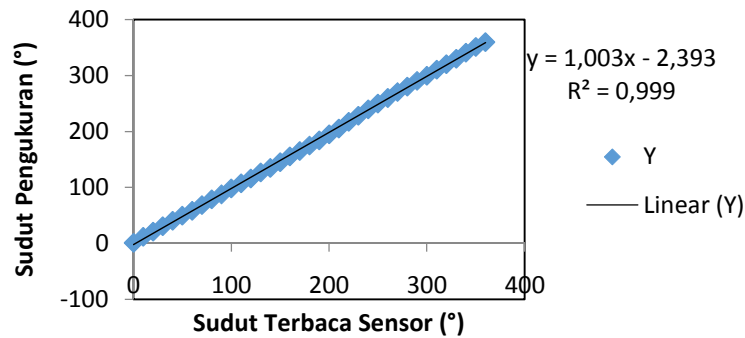
Gambar 2.2 Diagram Blok Sistem Kontrol PID

3. Pembahasan

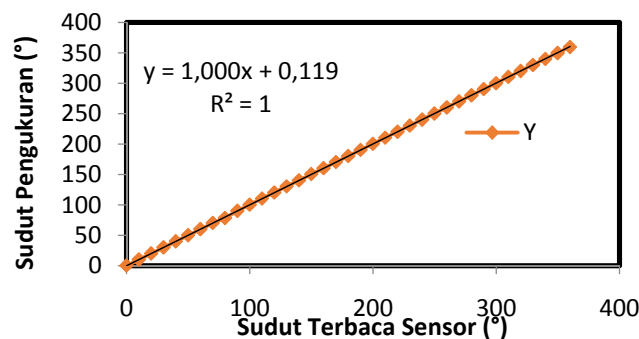
3.1.1 Hasil Karakterisasi Sensor Kompas HMC5883L

Pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan tingkat ketelitian sensor dengan menggunakan kompas jarum sebagai sudut aktual dan dibandingkan dengan sudut yang terukur oleh sensor sudut HMC5883L. Nilai keluaran yang dihasilkan sensor HMC5883L kemudian dibandingkan untuk mengoreksi nilai yang didapat sehingga sesuai dengan nilai sebenarnya. Variasi data yang diuji yaitu setiap 10° pada rentang sudut 0° sampai dengan

sudut 360° . Dimana 0° merupakan arah mata angin utara. Berikut data pengujian dari sensor kompas HMC5883L.



Gambar 4.4 Karakterisasi Sensor Kompas Di Kamera



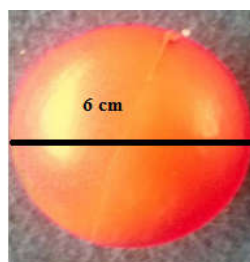
Gambar 4.5 Karakterisasi Sensor Kompas Di Robot

Gambar 4.4 dan 4.5 menunjukkan bahwa grafik tidak sepenuhnya linier namun mendakati linier. Terdapat perbedaan sudut *real* dengan hasil pengukuran oleh sensor sudut HMC5883L. Sehingga pada kompas satu didapat parameter-parameter sebagai berikut rata-rata *error* 0.999, *slope* 1.003, *intercept* 2.393 maka persamaan liniernya menjadi $y = 1.003x - 2.393$. Sedangkan pada kompas dua didapat parameter-parameter sebagai berikut rata-rata *error* 1, *slope* 1.000, *intercept* 0.119 maka persamaan liniernya menjadi $y = 1.000x + 0.119$ dimana y dan x merupakan nilai sudut ($^\circ$) dan nilai sudut yang terbaca oleh sensor ($^\circ$).

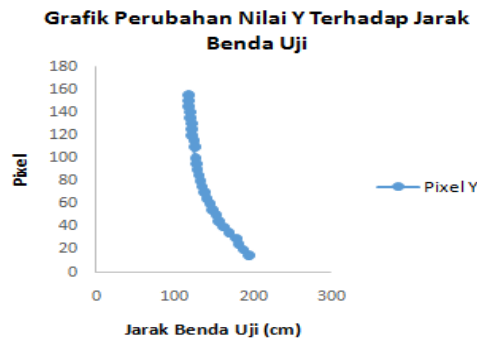
3.1.2 Karakterisasi Pixy CMUCAM5

3.1.2.1 Uji Jarak Deteksi Sensor

Pengujian jarak deteksi sensor dengan meningkatkan jarak uji benda terhadap sistem COT untuk mengetahui jarak maksimum yang dapat dideteksi oleh sistem. Objek uji yang digunakan yaitu bola berwarna merah dengan ukuran diameter 6 cm.



Gambar 4.1 Objek Uji Bola Berwarna Merah



Gambar 4.2 Penurunan Nilai Pixel Y terhadap Jarak Benda Uji

Pada grafik di atas menunjukkan bahwa ukuran benda uji ketika jarak bernilai disekitar 100 cm perubahan nilai piksel cukup besar namun saat jarak uji bernilai 150 cm perubahan nilai piksel lebih kecil. Benda uji tidak terdeteksi ketika jarak uji lebih dari 200 cm dengan jumlah piksel minimum yang dihasilkan oleh objek agar terdeteksi adalah 2 px.

3.2 Tuning Parameter PID

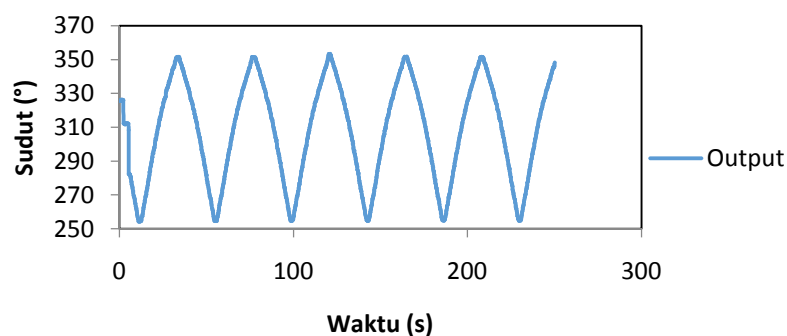
Tuning parameter PID yang akan digunakan menggunakan metode Ziegler-Nichols. Metode Ziegler-Nichols memiliki kelebihan yaitu di mana perancangan tidak perlu membuat pemodelan sistem untuk melakukan *tuning*. Berikut merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan *tuning* parameter PID menggunakan metode Ziegler-Nichols:

- Rancang sistem closed loop hanya dengan menggunakan kontrol proporsional.
- Naikkan nilai K_p secara bertahap menggunakan metode trial error secara bertahap sampai sistem mendapatkan keadaan osilasi.
- Tentukan nilai K_p *ultimate* (K_{pu}) dan periode *ultimate* (P_u).

Setelah mendapatkan nilai K_{pu} dan P_u maka nilai K_p , T_i , dan T_d dapat ditentukan dengan menggunakan tabel 4.1.

ZN-M	K_p	T_i	T_d
P	$0.5 K_{pu}$	-	-
PI	$0.45 K_{pu}$	$P_u/1.2$	0
PD	$0.8 K_{pu}$	-	$P_u/8$
PID	$0.6 K_{pu}$	$P_u/2$	$P_u/8$

Tabel 4. 1 Persamaan Tuning PID Metode ZN

Grafik 4. 1 Respon Sistem Dengan K_p 0.3

Pada grafik 4.4 di atas terlihat respon sistem dalam keadaan osilasi yang seragam sehingga dapat ditentukan bahwa nilai K_p saat 3 merupakan nilai K_{pu} . Tabel di bawah ini merupakan hasil perhitungan parameter PID menggunakan metode ZN.

Hasil Perhitungan Parameter PID dengan $K_{pu}=0.3$ dan $P_u=42.27ms$	
K_p	0.24
T_d	0.052

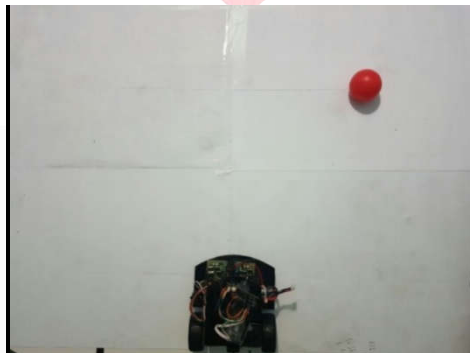
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Parameter PID

Maka persamaan yang digunakan pada blok pengontrolan PID adalah:

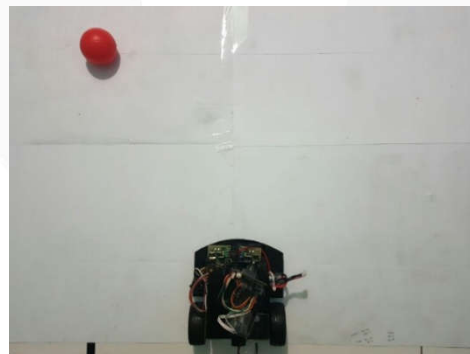
$$f(t) = (0.24e(t)) + (0.012 \frac{de(t)}{dt})$$

3.3 Pengujian Sistem Kontrol

Nilai konstanta proporsional dan konstanta derivative yang telah diketahui kemudian akan dikalikan terhadap error dari setiap sistem kompas yang akan menghasilkan keluaran untuk mengendalikan motor DC untuk menggerakkan robot. Data yang dihasilkan dari pengujian ini berupa sudut *yaw*, dan keluaran pwm untuk motor DC. *Setpoint* kesearahan robot pada pengujian sudut *yaw* adalah nilai yang terbaca oleh kompas yang ada dikamera saat kamera sudah menemukan objek. Terlihat pada gambar 3.2 dan gambar 3.3 untuk setiap jarak yang diujikan pada sistem *Robot Object Follower*.



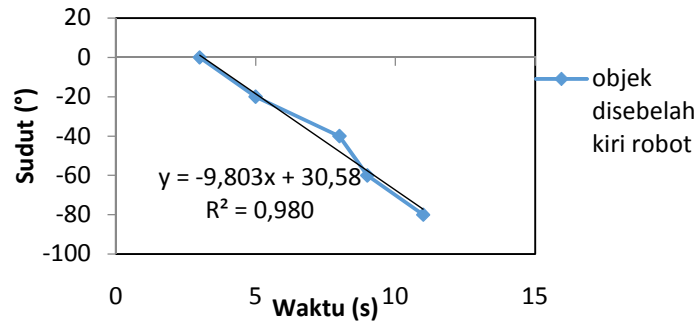
Gambar 3. 1 Simpangan Robot Terhadap Objek Sejauh 100cm Kearah Kanan



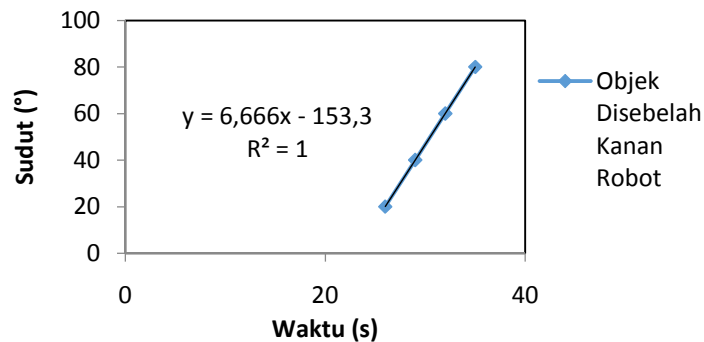
Gambar 3. 2 Simpangan Robot Terhadap Objek Sejauh 100cm Kearah Kiri

3.3.1 Uji Coba Simpangan Kompas Kamera Terhadap Objek

Uji coba sistem yang dilakukan dengan objek diletakkan sejauh 100cm. Kemudian benda diletakkan dengan variasi sudut yang berbeda. Benda diletakkan pada sudut -80° , -60° , -40° , -20° , 0° , 20° , 40° , 60° dan 80° . Daerah negatif (-) merupakan daerah dibagian kiri robot, sedangkan daerah positif (+) merupakan daerah kanan objek. Untuk 0° merupakan sudut objek yang berada ditatap muka antara robot dan objek.



Grafik 4. 2 Respon Kamera Dalam Menemukan Objek Disebelah Kiri

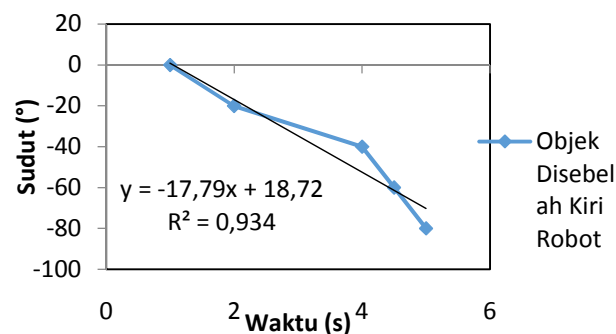


Grafik 4. 3 Respon Kamera Dalam Menemukan Objek Disebelah Kanan

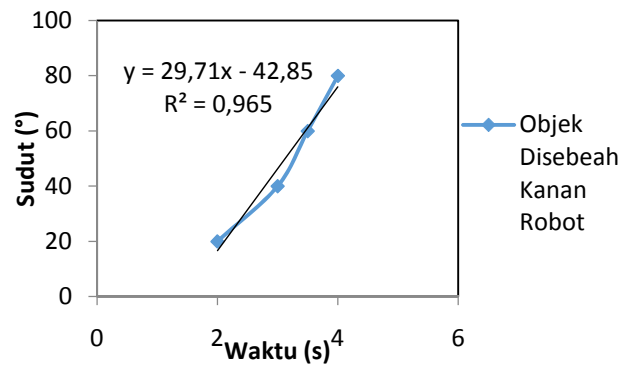
Pada grafik 4.5 dan grafik 4.6 merupakan hasil respon kompas satu yang berada dikamera terhadap simpangan objek yang diujikan. Berdasarkan dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa kamera membutuhkan waktu yang cukup sedikit saat objek berada -80° , dan -40° . Hal ini dikarenakan kamera akan mencari objek dari arah kiri terlebih dahulu, namun apabila objek diletakkan tepat didepan robot yaitu sudut 0° maka kamera akan langsung menemukan objek tanpa harus berputar kearah kiri dengan waktu tempuh sebesar 3.2 detik. Berbeda dengan sudut 40° dan 80° kamera membutuhkan waktu yang cukup lama. Hal ini dikarenakan seperti yang disebutkan diatas tadi kamera harus mencari objek dari arah kiri terlebih dahulu baru kearah kanan, sehingga kamera membutuhkan waktu yang cukup lama untuk dapat menemukan objek disebelah kanan.

4.3.2 Kecepatan Badan Robot Mensejajarkan Diri Dengan Kamera

Uji coba simpangan kompas yang ada dirobot dilakukan dengan objek uji diletakkan sejauh 100 cm dengan variasi simpangan sudut yaitu -80° , -60° , -40° , -20° , 0° , 20° , 40° , 60° dan 80° .



Grafik 4. 4 Respon Sistem Kompas Dirobot Mengikuti Sudut Kompas Dikamera Dengan Objek Disebelah Kiri

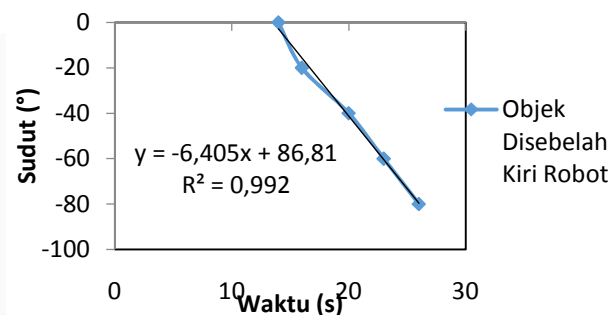


Grafik 4. 5 Respon Sistem Kompas Dirobot Mengikuti Sudut Kompas Dikamera Dengan Objek Disebelah Kanan

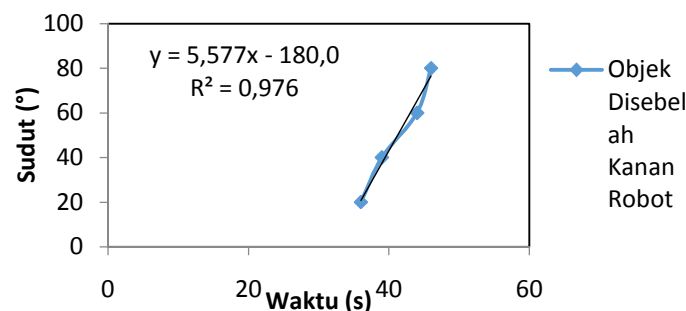
Berdasarkan grafik 4.7 dan grafik 4.8 robot membutuhkan waktu yang lebih sedikit untuk mensejajarkan badan robot dengan kamera. Hal ini dikarenakan robot akan langsung bergerak ke arah objek yang sudah didefinisikan atau diinformasikan oleh kompas yang berada dikamera tanpa harus mencari seperti kamera. Untuk semua sudut membutuhkan waktu yg hampir sama kecuali saat objek berada 0° dengan robot. Hal ini dikarenakan sejak awal robot dan objek sudah sejajar dengan sudut 0°. Berdasarkan grafik diatas saat objek berada di 0° waktu yang dibutuhkan badan robot untuk sejajar dengan kamera yaitu sebesar 1.2 s.

4.3.3 Respon Keseluruhan Object Follower Robot

Pada pengujian respon keseluruhan object follower robot masih dengan titik uji yang sama yaitu dengan jarak sejauh 100 cm dan variasi simpangan sebesar -80°, -60°, -40°, -20°, 0°, 20°, 40°, 60° dan 80°.



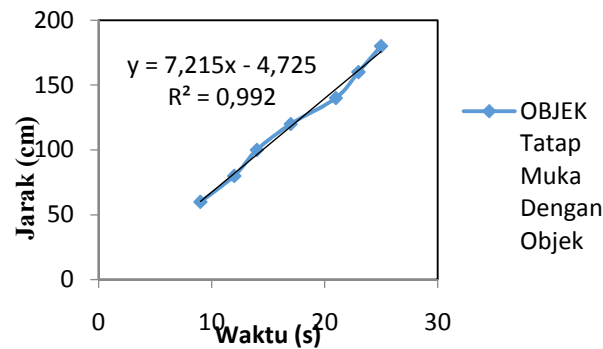
Grafik 4. 9 Uji Respon Keseluruhan Object Follower Robot Dengan Objek Disebelah Kiri



Grafik 4. 10 Uji Respon Keseluruhan Object Follower Robot Dengan Objek Disebelah Kanan

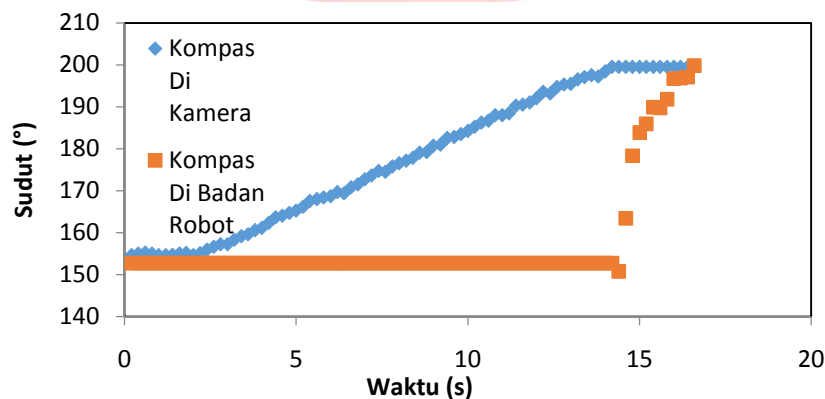
Terlihat seperti grafik 4.9 dan grafik 4.10 uji respon keseluruhan Object Follower Robot sistem membutuhkan waktu yang cukup lama untuk robot dapat sampai mendekat ke objek saat objek diletakkan di sudut 20°, 40°, 60° dan 80°. Hal ini dikarenakan dari pertama kamera harus mencari objek dari arah kiri terlebih dahulu baru ke arah kanan, sehingga waktu yang dibutuhkan cukup banyak. Sedangkan untuk objek yang berada 0° dengan badan objek membutuhkan waktu yang cukup sedikit yaitu sebesar 13.6 detik dikarenakan sejak awal kamera sudah menemukan objek sehingga mengurangi waktu untuk mencari objek.

dan untuk kesearahan badan robot dan objek juga membutuhkan waktu yang cukup sedikit karena sejak awal robot dan objek sudah sejajar.



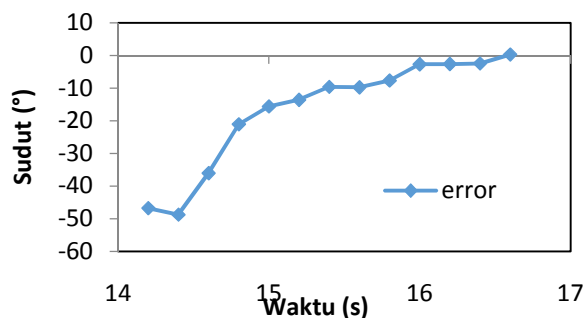
Grafik 4.11 Respon Robot Dalam Mendekat Keobjek

Pada grafik 4.11 merupakan grafik saat robot mendekat ke objek dengan letak objek yaitu tatap muka dengan robot. Percobaan ini dilakukan dengan variasi jarak 60 cm, 80 cm, 100 cm, 120 cm, 140 cm, 160 cm, dan 180 cm. Pada percobaan ini dapat dilihat bahwa eror yang dihasilkan cukup kecil yaitu sebesar 0,992 dengan variasi percobaan jarak yang dilakukan.



Grafik 4. 2 Perubahan Nilai Sudut Saat Robot Mendekat Ke Objek

Terlihat pada grafik 4.12 perubahan sudut yang terjadi antara kompas yang ada di kamera dan kompas dua yang ada di robot. Percobaan dilakukan dengan jarak uji sejauh 100 cm dan simpangan sudut 40°. Kompas yang ada di kamera akan mencari objek terlebih dahulu, sedangkan kompas yang ada di badan robot akan tetap diposisi awal sampai kamera menemukan objek. Saat kamera sudah menemukan objek maka kompas yang ada di badan robot baru akan bergerak untuk mensejajarkan diri dengan kamera, namun kamera akan tetap di posisi dimana kamera sudah menemukan objek. Grafik 4.13 dibawah menunjukkan nilai eror yang didapat dari perbedaan nilai kompas yang ada di kamera dengan nilai kompas yang ada di badan robot. Dimana saat kamera sudah menemukan objek, dan badan robot mensejajarkan diri dengan kamera



Grafik 4. 13 Error Kompas Kamera Terhadap Kompas Robot

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi dan pengujian sistem dapat disimpulkan bahwa:

1. Jarak maksimum untuk robot dapat menemukan objek sejauh 2 m, dan jarak minimumnya sebesar 15 cm.
2. Laju badan robot untuk mensejajarkan diri dengan kamera cukup cepat. Saat objek bertatap muka dengan robot (0°) membutuhkan waktu 1 detik untuk dapat sejajar dengan kamera. Untuk objek yang berada 80° disebelah kiri robot, badan robot membutuhkan waktu sebesar 5 detik, sedangkan untuk objek yang berada 80° disebelah kanan robot membutuhkan waktu untuk sejajar sebesar 4 detik.
3. Metode pengontrolan yang digunakan adalah metode Ziegler-Nichols yang menghasilkan konstanta K_p sebesar 0,24 dan K_d sebesar 0,012 untuk menghasilkan respon yang baik.

5. Referensi

- [1] Mesriah ria, "Jenis-jenis Atau macam-macam robot". April, 2016.
- [2] Kyong Hwan Kim, Hyun Seop Lim, Yo Seop Hwang, Jang Myung Lee, "Object-tracking robot using ultrasonic sensor and servo motor" September tahun 2012.
- [3] Geogoes Dwi N., M. Aziz Muslim, Poerwanto, M. Yusuf Z, "Implementasi Sensor Kamera CMUCAM3 Pada Mobile Robot Line Tracer", 2011.
- [4]. Lisa Anjani Arta, "RANCANG BANGUN KONTROL FUZZY LOGIC PADA METODE LEADER-FOLLOWER UNTUK MENENTUKAN PENJEJAK FORMASI MOBILE ROBOT". Januari, 2015.
- [5] Yi Wu, Jongwoo Lim, Ming-Hsuan Yang. "Online Object Tracking : A Benchmark".
- [6] Lasti Warasih H. "Perancangan Mobile Robot Dengan Sensor Kamera Menggunakan Sistem Kendali Fuzzy" (Skripsi). Depo: Universitas Indonesia, 2008.
- [7] Indra Pramana, M Zen Hadi Samson, Setiawardhana. *Tracking Object Menggunakan Metode Template Matching Berbasis Stereo Vision*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [8] Muhammad Kusban. "Perbaikan Citra Melalui Proses Pengolahan Piksel". Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2012.
- [9] Muhammad Zakaria, "Desain Implementasi Pengontrol PID Pada Sistem 2 Derajat Kebebasan Untruk Colour Object Tracking Bandung: Universitas Telkom, 2016.
- [10] Muhammad Ridha, "Prototype Konveyor Seleksi Objek Berdasarkan Warna Menggunakan Kamera PIXY CMUCAM 5 Berbasis Arduino". Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2016.
- [11] <http://www.servodatabase.com/servo/towerpro/sg90>