

Implementasi Kontrol PID pada *Object Tracking* Robot Menggunakan Sensor Kamera PIXY CMUCAM5

Restu Kurniawan, Totok Winarno, Sidik Nurcahyo

Abstrak — Perkembangan dunia robotika sampai saat ini sudah sangat maju. Salah satunya adalah melengkapi robot menggunakan sensor kamera, sehingga robot dapat melakukan visualisasi objek dan keadaan sekitarnya. *Object tracking* merupakan teknik dalam bidang visi komputer yang digunakan untuk melakukan penjejakan pada suatu objek bergerak. Proses ini memberikan kemampuan pada komputer untuk mengetahui gerakan suatu objek tertentu. Salah satu metode yang digunakan adalah PID (*Proporsional Integral Derivative*) sebagai kontrol gerak motor dari robot, menggunakan kamera untuk mengambil gambar lalu dengan algoritma tertentu robot dapat mengenali objek yang sudah ditentukan, kemudian setelah *object* dikenali robot dapat mengetahui titik koordinat posisi *object* tersebut. Dengan menggunakan PID (*Proportional Integral Derivative*) robot dapat memposisikan bola berada pada titik tengah jangkauan pandangan robot. Apabila *object* berada di luar jangkauan pandang kamera maka robot akan melakukan *scanning*. Proses *scanning* adalah proses dimana robot akan mencari keberadaan terakhir *object* dengan cara robot akan berputar ke arah koordinat terakhir *object* terdeteksi. Setelah *object* terdeteksi pada pandangan robot, maka robot akan bergerak memposisikan *object* berada pada titik tengah dari jangkauan pandang robot. Untuk mengontrol pergerakan motor dari *mobile* robot nilai PID diperoleh dengan menggunakan metode *trial and error* dan diperoleh nilai $k_p=4$, $k_i=7$, $k_d=12$ dengan waktu stabil selama 2,6 detik.

Kata kunci : Sensor Kamera, *Object Tracking*, PID, *Mobile* Robot.

I. PENDAHULUAN

Robot objek *tracking* menggunakan kamera untuk dapat mengikuti sebuah objek. Gambar yang di tangkap oleh kamera diproses dengan menggunakan *image processing* sehingga robot dapat mendeteksi keberadaan objek. *Image processing* merupakan proses pengolahan dan analisis citra yang banyak melibatkan persepsi visual dengan ciri data *input* dan *output* berupa citra. Kelebihan dari teknik

image processing ini tentunya dapat mengenali dan membedakan berbagai macam objek. Pada penelitian ini menggunakan sensor kamera pixy CMUCam 5 yang sudah dilengkapi dengan sensor gambar dan di dalamnya ditanamkan prosesor dual core. Pixy CMUCam 5 menggunakan algoritma berbasis warna untuk mendeteksi benda – benda. Pixy akan menghitung warna dan saturasi setiap pixel RGB dari sensor gambar dan menggunakannya sebagai paramater penyaringan warna. Segala proses masukan dari sensor gambar Omnivision akan di olah oleh prosesor dual core NXP LPC4330. Dengan adanya sensor kamera pixy CMUCam 5 maka proses *image processing* sudah terselesaikan dengan mudah, tetapi akan menimbulkan masalah baru pada kestabilan *system* gerak robot.

Oleh karena itu peneliti menggunakan suatu metode yaitu PID (*Proporsional Integral Derivative*) sebagai kontrol gerak dari robot. Menggunakan kamera untuk mengambil gambar lalu dengan algoritma tertentu robot dapat mengenali objek yang sudah ditentukan kemudian setelah objek dikenali robot dapat mengetahui titik koordinat posisi objek tersebut yang ada pada gambar. Dengan menggunakan kontrol PID (*Proporsional Integral Derivative*) akan membuat robot bergerak dengan stabil pada saat memposisikan objek berada pada titik tengah dari jangkauan pandangan robot. Apabila objek di geser menjauhi robot, maka objek akan lepas dari jangkauan pandangan robot, jika hal ini terjadi maka fungsi *last error* yang ada pada kontrol PID (*Proporsional Integral Derivative*) akan aktif sehingga robot akan melakukan *scanning*. Setelah posisi bola terdeteksi melalui *scanning* maka robot akan bergerak memposisikan objek berada pada titik tengah dari jangkauan pandangan robot.

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka penulis membuat penelitian mengenai bagaimana merancang sistem PID pada kontrol gerak robot. Diharapkan dengan adanya alat ini dapat membantu penelitian tentang *system* kontrol gerak *mobile* robot menggunakan metode PID (*Proporsional Integral Derivative*) dan juga diharapkan memberikan motivasi kepada mahasiswa Program Studi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kontroller *Proportional Integral Derivative* (PID)

Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing pengontrol P, I dan D dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel menjadi pengontrol *proportional integral derivative* (kontrol PID). Elemen-

Restu Kurniawan adalah Mahasiswa D4 Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, email: restuk360@gmail.com
Totok Winarno dan Sidik Nurcahyo adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang

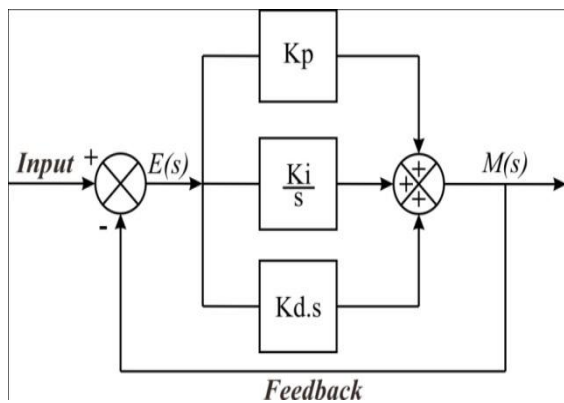
elemen pengontrol P, I dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah *system*, menghilangkan *offset* dan menghasilkan perubahan awal yang besar. Hubungan antara keluaran kontroler $m(t)$ dan sinyal kesalahan penggerak $e(t)$ adalah :

$$m(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

atau, dalam besaran transformasi Laplace,

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d.s \quad (2)$$

Karakteristik pengontrol PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi besar dari ketiga parameter P, I dan D. Pengaturan konstanta K_p , K_i , dan K_d akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing-masing elemen. Satu atau dua dari ketiga konstanta tersebut dapat diatur lebih menonjol dibanding yang lain. Konstanta yang menonjol itulah akan memberikan kontribusi pengaruh pada respon *system* secara keseluruhan.

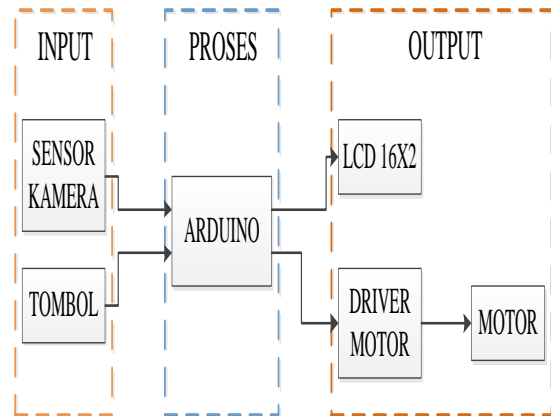


Gambar 1 Diagram Blok Kontroller PID.

Penalaan parameter pengontrol PID selalu didasari atas tinjauan terhadap karakteristik yang diatur (*plant*). Dengan demikian betapapun rumitnya suatu *plant*, perilaku *plant* tersebut harus diketahui terlebih dahulu sebelum penalaan parameter PID itu dilakukan. Karena penyusunan model matematik *plant* tidak mudah, maka dikembangkan suatu metode eksperimental. Metode ini didasarkan pada reaksi *plant* yang dikenai suatu perubahan. Dengan menggunakan metode itu model matematik perilaku *plant* tidak diperlukan lagi, karena dengan menggunakan data yang berupa kurva keluaran, penalaan pengontrol PID telah dapat dilakukan. Penalaan bertujuan untuk mendapatkan kinerja *system* sesuai spesifikasi perancangan. Ogata menyatakan hal itu sebagai alat *control* (*controller tuning*).

III. METODOLOGI

3.1 Diagram Blok System

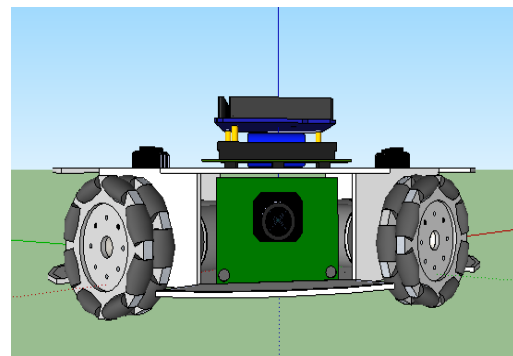


Gambar 2 Diagram Blok System.

3.2 Prinsip Kerja

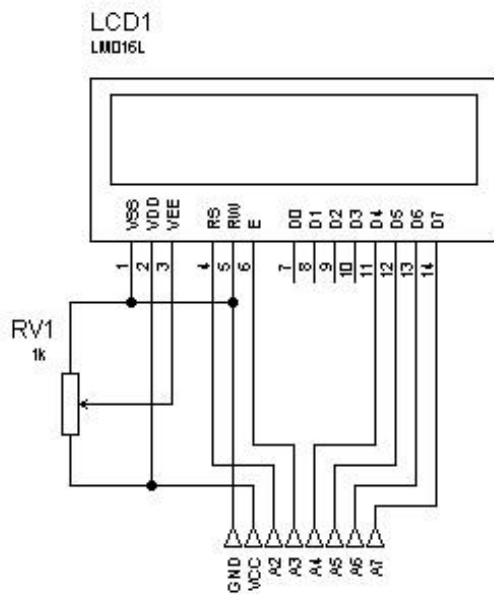
Robot mendeteksi objek berupa bola menggunakan sensor kamera Pixy Cmcumac 5. Robot akan mencari titik koordinat dari objek tersebut melalui sensor kamera. Hasil tangkapan gambar dan koordinat dari sensor kamera akan dikirim ke-*mikrokontroller* Arduino melalui komunikasi SPI. Setelah robot mengetahui titik koordinat objek, dengan menggunakan kontrol PID robot akan menstabilkan pergerakannya pada saat berusaha memposisikan objek berupa bola berada di titik tengah dari jangkauan pandang robot. Apabila objek berada di luar jangkauan pandang kamera maka robot akan melakukan *scanning*. Proses *scanning* adalah proses dimana robot akan mencari keberadaan terakhir objek dengan cara robot akan berputar ke arah koordinat terakhir objek terdeteksi. Setelah objek terdeteksi pada pandangan robot, maka robot akan bergerak memposisikan objek berada pada titik jangkauan pandang robot.

3.3 Desain Mekanik



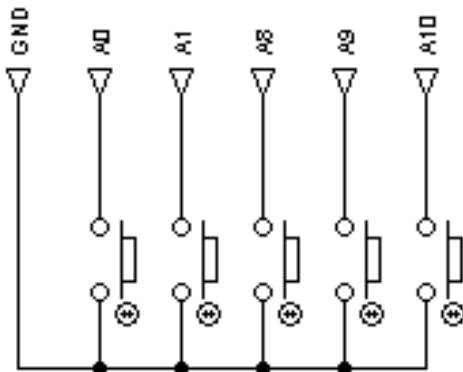
Gambar 3 Tampak Depan

3.4 Perancangan Rangkaian *Liquid Crystal Display* 16x2



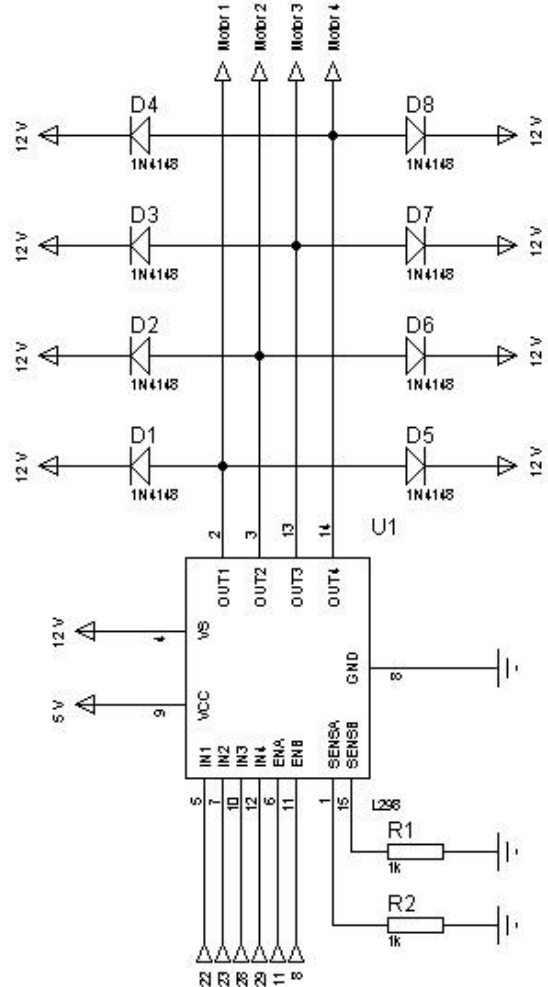
Gambar 4 Rangkaian *Liquid Crystal Display* 16x2

3.5 Perancangan Rangkaian Tombol



Gambar 5 Rangkaian Tombol

3.6 Perancangan Rangkaian Driver Motor L298N



Gambar 6 Rangkaian Driver Motor

3.7 Perancangan PID

Pada perancangan *mobile robot* ini untuk *setpoint* kontrol PID adalah titik tengah dari koordinat subu x pada sensor kamera. Resolusi yang digunakan pada sensor kamera yaitu 320x240 dimana nilai resolusi ini adalah nilai resolusi maksimal pada koordinat x dan y pada sensor kamera Pixy CMUCam 5. Untuk mendapatkan nilai *setpoint* yaitu dengan cara membagi 2 nilai koordinat sumbu x, tetapi koordinat sumbu x sensor kamera yang semula 0-360 terlebih dahulu di konversikan menjadi 0-50 sehingga nilai *setpoint* yang didapatkan adalah :

$$\text{Setpoint} = \text{Koordinat X} / 2 \quad (3)$$

Sehingga : $\text{Setpoint} = 50 / 2 = 25$

Sedangkan untuk nilai *error* merupakan selisih dari *setpoint* dengan titik tengah dari koordinat sumbu x sensor kamera Pixy CMUCam 5.

Pada controller PID terdapat 3 parameter konstanta yang mempengaruhi kinerja pada controller ini yaitu konstanta

proportional (kp), konstanta integral (ki), dan konstanta derivative (kd).

Konstanta *proportional* berfungsi sebagai penguat dari sinyal *error* sehingga akan mempercepat respon *system* untuk mencapai kestabilan. Penerapan pada *system* adalah sebagai berikut.

$$P = \text{error} * kp; \tag{4}$$

Pada kontrol *integral* bertujuan untuk mengurangi *offset* yang ditimbulkan oleh kontrol *proportional* yaitu dengan cara menginteralkan nilai *error* atau dengan kata lain menjumlahkan nilai *error* mulai dari *error* pertama hingga *error* ke-k ($\sum_0^K e_k$). Dapat disimpulkan bahwa *error* yang sebelumnya dijumlahkan dengan *error-error* yang sebelumnya hingga *error* yang sekarang. Berikut penerapannya pada *system*.

$$I = (\text{error} + \text{lastError}) * ki * \text{deltaTime} \tag{5}$$

Sedangkan kontrol *derivative* digunakan sebagai pengendali laju karena output kontroler sebanding dengan laju dari perubahan sinyal *error*, kontrol *derivative* juga sering disebut sebagai fungsi turunan sehingga dapat disimpulkan bahwa *error* yang sekarang dikurangi *error* yang sebelumnya. Berikut penerapannya pada *system*.

$$D = (\text{error} - \text{lastError}) * kd / \text{deltaTime} \tag{6}$$

Sehingga penerapan rumus PID pada *system* adalah sebagai berikut :

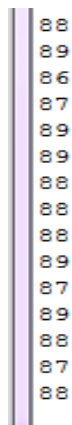
$$\text{pid} = P + I + D \tag{7}$$

IV. HASIL DAN ANALISA

4.1. Pengujian dan Analisa Sensor Kamera Pixy CMUCam5



Gambar 4.1 Pengujian Sensor Kamera Pixy CMUCam5 pada Range 70-110



Gambar 7 Pembacaan Sensor Kamera Pixy CMUCam5 pada Range 70-110

Dari data yang di tampilkan pada serian monitor dan Pixy Mon berjalan dengan baik. Dengan nilai dari serial monitor 87 – 89 maka robot akan berhenti dan hasil dari pengolahan gambar sudah berjalan dengan benar dapat dilihat pada gambar 4.1 dengan urutan dari kiri yaitu gambar yang di tangkap oleh Pixy CMUCam5, gambar yang di deteksi oleh pixy CMUCam5, dan gambar yang di olah oleh Pixy CMUCam5.

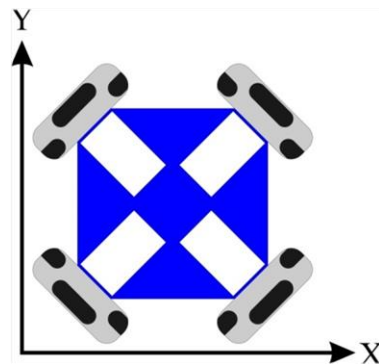
4.2. Pengujian dan Analisa Gerakkan Robot

Di dalam proses pengendalian gerak *mobile* robot menggunakan 4 roda *omni wheel* ini terdapat cara khusus dalam mengkombinasikan gerak antar motor agar dapat bernavigasi sesuai yang diharapkan. Robot ini di desain dengan bentuk sasis *holonomic* agar robot dapat memfungsikan roda *omni wheel* secara maksimal. Berikut ini tabel proses gerak *mobile* robot dan bentuk desain sasis *holonomic*.

Tabel 1 Proses Gerak *Mobile* Robot

Koordinat	Gerak Motor				Arah Gerak
	Motor Depan Kanan	Motor Belakang Kanan	Motor Depan Kiri	Motor Belakang Kiri	
Koordinat X 0 – 150	CCW	CCW	CW	CW	Kiri (-x)
Koordinat X 150 – 320	CW	CW	CCW	CCW	Kanan (x)
Koordinat Y 0 – 70	CCW	CCW	CW	CW	Maju (y)
Koordinat Y 110 – 240	CW	CW	CCW	CCW	Mundur (-y)
Koordinat Y 70 – 110	-	-	-	-	Berhenti (x,y)

Tabel 4.1 merupakan tabel kebenaran dari proses gerak motor yang mempengaruhi arah gerak dari robot. Untuk ilustrasi arah gerak seperti pada gambar 4.3. Untuk acuan arah geraknya berdasarkan titik kordinat X dan Y.



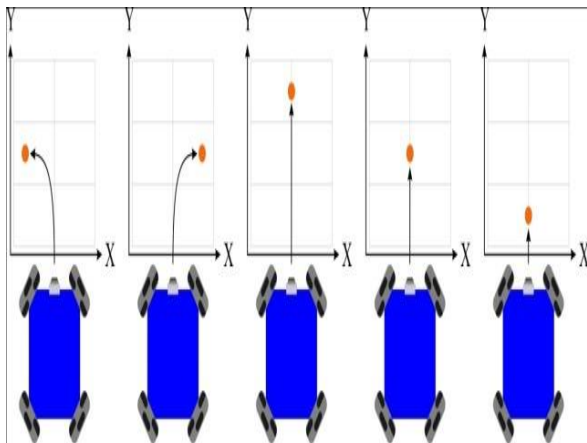
Gambar 8 Desain Sasis *Holonomic*

Pada gambar 4.3 merupakan desain mekanik pada sasis *mobile* robot. Arah panah menunjukkan bahwa sisi tersebut merupakan bagian depan robot. Dalam penggunaan roda *omni wheel* dengan 4 wd, penempatan motor maupun roda haruslah berbentuk *holonomic* seperti pada gambar 4.3. Hal tersebut dikarenakan keefektifannya dalam menggerakkan motor, ditambah lagi beban dalam menggerakkan robot dapat

ditanggung oleh ke 4 buah motor, sehingga masing – masing motor tidak bekerja terlalu keras.

4.3. Pengujian dan Analisa Pembacaan Sensor Kamera terhadap Gerakan Robot

Pergerakan tiap motor mengacu pada data yang dikirimkan dari pengolahan citra sensor kamera Pixy CMUCam5 dengan melalui pembagian koordinat x dan y pada pembacaan objek yang sesuai dengan instruksi program pada Arduino.



Gambar 9 Simulasi Pergerakan Robot

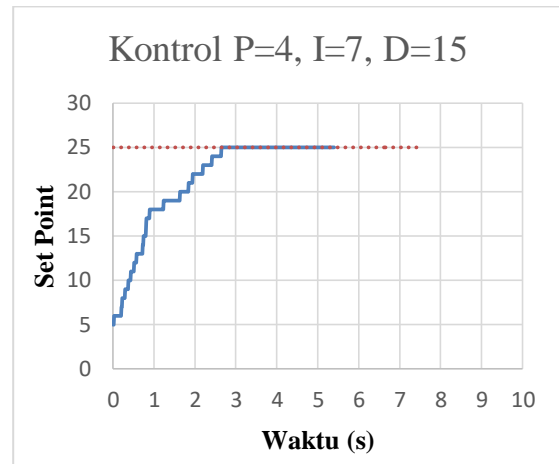
Tabel 2 Posisi Gerakan Robot Mengikuti Objek

Letak Objek Warna	Gerakkan Robot
Koordinat X 0 – 150	Robot kekiri
Koordinat X 150 – 320	Robot kekanan
Koordinat Y 0 – 70	Robot Maju
Koordinat Y 70 – 110	Robot Berhenti
Koordinat 110 – 240	Robot Mundur

Pada uji pembacaan sensor kamera terhadap gerakan robot sudah berjalan sesuai dengan yang di inginkan, tetapi pada saat pembacaan robot bergerak mundur koordinat kamera 110 – 240 robot mengalami masalah dalam pembacaan hal ini disebabkan karena jarak pandang kamera terlalu sempit untuk mengatasi hal ini posisi kamera di buat lebih tinggi dari objek dengan posisi kamera lebih tinggi objek dapat di deteksi dengan sempurna tanpa ada masalah.

4.4 Pengujian dan Analisa PID

Pengujian kontrol PID dilakukan dengan tujuan agar pergerakan robot dapat stabil pada *setpoint* yang telah ditentukan sebelumnya yaitu robot dapat memposisikan objek berapa pada titik tengah dari pandangan kamera. Pada perancangan kontrol PID telah dilakukan *tuning* nilai konstanta *proportional*, *integral*, dan *derivative* dimana *tuning* PID menggunakan metode *trial and error*.



Gambar 10 Grafik Respon PID.

Dari hasil percobaan PID yang telah dilakukan dengan mengkombinasikan parameter-parameter K_p , K_i dan K_d dapat disimpulkan bahwasannya kombinasi dari ke tiga parameter tersebut sangatlah mempengaruhi kinerja dari *system*. Proses tuning yang tepat akan menghasilkan *system* yang stabil. Seperti halnya dalam mencari parameter P , dimana fungsinya untuk mempercepat respon. Tentunya perlu nilai P yang besar agar respon semakin cepat, namun dampak negatifnya juga mengikuti, yaitu osilasi pada *system* akan mempengaruhi kestabilan *system* tersebut. Oleh karena itu perlu ditambahkan pula parameter D dimana osilasi *system* akan diredam. Dengan nilai yang tepat pula akan menghasilkan *system* yang stabil pula. Pada *system* ini penambahan parameter I bersifat opsional. Dari segi fungsinya untuk mempercepat hilangnya offset. Untuk pemberian nilai *integral* bergantung dari kesetabilan robot ketika hanya diberikan nilai *proportional* dan *derivative*. Dari hasil tuning PID menggunakan metode *trial and error* didapatkan hasil *tuning* yang menuju stabil yaitu pada *trial 2* dengan nilai $K_p = 4$; $K_i = 7$; $K_d = 15$. Pada *system* ini robot dapat berjalan dengan baik memposisikan objekberada pada jangkauan pandang kamera.

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa *system* yang telah dibuat pada *mobile* robot sudah berjalan dengan baik dan sesuai dengan rencana. Dan berikut ini adalah kesimpulan yang didapat dari percobaan alat :

1. Dengan menggunakan sensor kamera Pixy CMUCam5 robot dapat mengikuti benda secara *real time*, tetapi kecepatan motor belum stabil dalam memposisikan objek.
2. Berdasarkan hasil pengujian kontrol PID pada *mobile* robot, robot dapat memposisikan objek berada pada titik tengah pandangan kamera dengan tepat menggunakan metode *tuning trial and error* dengan nilai $K_p = 4$, $K_i = 7$, $K_d = 15$ dan memerlukan waktu untuk stabil selama 2,6 detik dari posisi awal robot.

5.2. Saran

Ada beberapa hal yang dapat disarankan untuk pengaplikasian *mobile* robot diantaranya sebagai berikut :

1. Menggunakan 4 motor sebagai aktuator pada *mobile* robot lebih lambat pergerakannya di bandingkan menggunakan 3 motor sebaiknya jika robot ini digunakan sebagai robot pendeteksi objek pada perlombaan sebaiknya menggunakan 3 motor sebagai aktuator.
2. Sebaiknya ketika robot ini digunakan dalam perlombaan, sensor kamera sebaiknya diganti karena sensor kamera Pixy CMUCam5 memiliki respon fps yang lambat.
3. Robot sebaiknya dilengkapi deteksi bentuk pada pendeteksian *object* hal ini dikarenakan jika hanya menggunakan deteksi warna keadaan lingkungan sangat akan berpengaruh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asrofi, Anan. 2014. Navigasi Robot *Mobile 3wd Omni-Wheeled* Menggunakan *Arm Processor*. Skripsi Program Studi Teknik Elektro. Malang : Politeknik
- [2] Aydan, Mohammad Habib. 2015. Implementasi Kontrol PID Pada Motor Dc Sebagai Penggerak Robot Beroda 4wd Omni Wheels Dengan Metode Wall Following. Skripsi Program Studi Teknik Elektro. Malang : Politeknik Negeri Malang
- [3] Ogata, Katsuki. 1997. *Modern Control Engineering*, New Jersey : Book, Inc
- [4] Pradana, Ferdian. 2014. Perancangan dan Implementasi *Visual Servoing* Pada Robot Beroda Menggunakan Kamera Berbasis *Beaglebone Black*. Skripsi Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang
- [5] Pradipta, Ramadhan Singgih. 2016. Prototipe Troli Pengikut Otomatis Menggunakan Pengolahan Citra Kamera Pixy CMUCam 5 Berbasis Arduino. Jurnal Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta
- [6] Wikipedia, 2017. PID, (<https://id.wikipedia.org/wiki/PID>). (Online), diakses tanggal 2 April 2017
- [7] Wikipedia, 2017. *Ziegler-Nichols Method*, (https://en.wikipedia.org/wiki/Ziegler-Nichols_Method). diakses tanggal 2 April 2017