

SISTEM KONTROL GERAK SEDERHANA PADA ROBOT PENGHINDAR HALANGAN BERBASIS KAMERA DAN PENGOLAHAN CITRA

Dirvi Eko Juliando Sudirman¹⁾

¹⁾ Teknik Komputer Kontrol Politeknik Negeri Madiun
Jl Serayu No. 84, Madiun, Jawa Timur
Email : dirvi@pnm.ac.id¹⁾

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem kendali robot dalam menghindari halangan dengan menggunakan kamera sebagai pengindraan. Kamera berfungsi sebagai alat yang digunakan untuk mengenali objek sekitar. Pengolahan citra ini menggunakan metode segmentasi warna dimana citra yang di dapatkan di olah berdasarkan model warna HSV yang memiliki komposisi nilai yang lebih detail. Melalui tahap threshold, mengenali kontur, mendapatkan koordinat titik tengah objek, mendapatkan jarak objek, dan mengirimkan koordinat objek penghalang menggunakan Komunikasi UART robot akan bergerak menghindari objek penghalang. Robot tidak menggunakan sensor-sensor tambahan dan dapat mengenali objek-objek dengan warna tertentu yang memiliki bidang tidak simetris. Hasil citra yang di tangkap kamera nantinya akan diolah menjadi sebuah nilai koordinat yang kemudian dikirim menggunakan komunikasi USART. Pada sistem gerak menggunakan kontroler PID (Proportional, Integral, Derivative). Kontroler PID bertujuan untuk memuluskan pergerakan saat menghindari halangan dengan menggunakan parameter PID dengan nilai $K_p=4$, $K_i=0,00015$, $K_d=5$

Kata kunci: Pengolahan citra, PID, HSV, robot

1. Pendahuluan

Image Processing atau pengolahan citra merupakan suatu metode yang digunakan untuk menghasilkan citra lain dari citra yang di dapat. Pada awal perkembangannya pengolahan citra ditujukan untuk memperbaiki citra yang di olah, namun dalam perkembangannya saat ini memungkinkan untuk mendapatkan informasi dari citra yang di olah melalui pengolahan citra. [1]

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem kendali robot dalam menghindari halangan dengan menggunakan kamera sebagai pengindraan. Halangan yang dihadapi oleh robot dalam pengujian ini berupa tabung berwarna kuning dengan diameter 10cm dan tinggi 40cm. Halangan berjumlah 4 buah dan diletakkan secara random. Hasil pembacaan citra akan berupa koordinat sumbu X dari titik tengah objek halangan..

Selain itu robot akan mempersepsikan jarak antara robot dengan halangan melalui perhitungan jumlah piksel yang menyusun tinggi halangan yang dihadapan robot.

Hasil pembacaan citra akan berubah – ubah saat robot bergerak menghindari halangan yang menyebabkan gerak robot tidak halus. Maka ditambahkan kontroler PID (*Proporsional, Integral, Differential*) untuk mengatur kecepatan motor sehingga memuluskan pergerakan robot saat menghindari halangan. Kontroler PID merupakan control cerdas untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut

2. Pembahasan

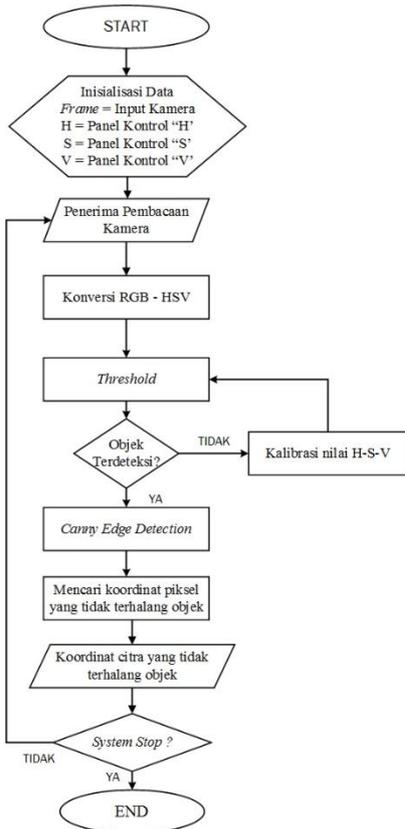
Kamera (USB Webcam 5MP) digunakan untuk mendeteksi benda penghalang. Ketika sistem aktif maka sistem akan menginialisasi program yang dijalankan, lalu menerima pembacaan kamera yang kemudian di proses sesuai dengan urutan program. Pada gambar 1 daat dilihat diagram alir dari pengolahan citra meliputi proses merubah model warna RGB menjadi HSV[2], thresholding, pengkalibrasian thresholding hingga didapatkan hasil thresholding warna putih yang akan terfokus pada suatu warna. kemudian dilakukan proses pendeteksian tepi sehingga akan terdeteksi koordinat tepi dari objek warna yang terdeteksi. Hasil dari proses ini adalah koordinat dan jarak posisi celah halangan. Segmentasi citra merupakan metode untuk memisahkan citra menjadi bagian-bagian atau objek-objek yang dimilikinya.

Segmentasi citra merupakan suatu proses untuk memecahkan suatu citra menjadi banyak segmen/bagian daerah yang tidak saling bertabrakan. Dalam konteks citra digital segmen merupakan piksel yang saling berhubungan. Segmentasi citra dapat dilakukan melalui beberapa pendekatan, terdapat 3 macam pendekatan, antara lain[3]:

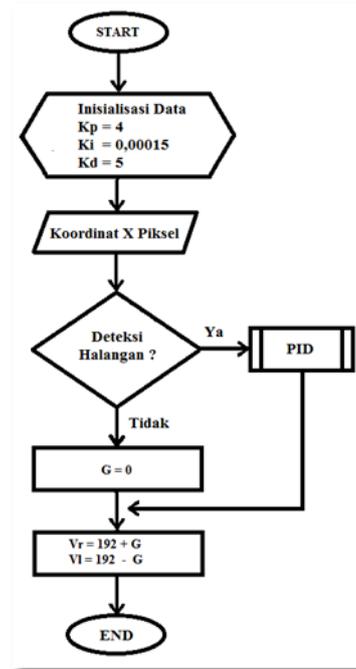
- Pendekatan batas (boundary approach), pendekatan ini dilakukan untuk mendapatkan batas antar daerah.
- Pendekatan tepi (edge approach), pendekatan ini dilakukan untuk mengidentifikasi piksel tepi dan menghubungkan piksel-piksel tersebut sehingga menjadi suatu batas yang diinginkan.

- Pendekatan daerah (region approach), pendekatan daerah bertujuan untuk membagi citra dalam daerah-daerah sehingga didapatkan suatu daerah sesuai kriteria yang diinginkan.

Proses segmentasi citra banyak diterapkan, meskipun banyak metode pendekatan yang digunakan, namun tujuan yang dihasilkan tetap sama, yaitu mendapatkan representasi sederhana yang berguna dari suatu citra. Komunikasi UART merupakan bagian dari perangkat keras yang menerjemahkan bit-bit parallel data dan bit-bit serial. Pada perkembangannya sekarang UART banyak digunakan sebagai media komunikasi antar perangkat serial karena memiliki kecepatan pengiriman data yang cukup tinggi dan membutuhkan lebih sedikit penghubung (kabel). Pada komunikasi UART *clock* antara pengirim dan penerima harus sama agar komunikasi antar perangkat dapat berlangsung secara optimal. Pada penelitian ini menggunakan komunikasi UART untuk menghubungkan antara sistem pengolahan citra dan sistem pengaturan gerak robot sehingga robot dapat menghindari halangan yang terdeteksi.

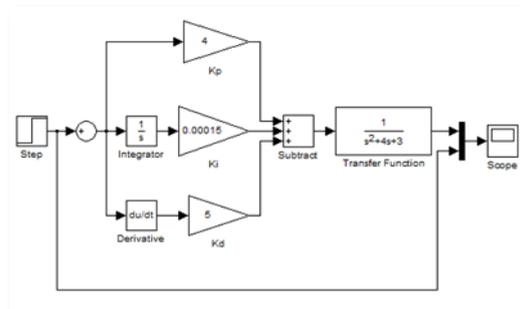


Gambar 1. Diagram alir image processing



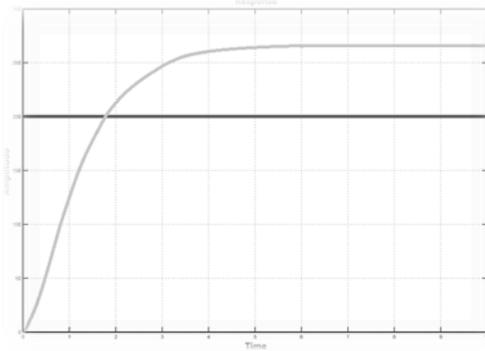
Gambar 2. Diagram alir sistem gerak robot penghindar halangan

Kontroler PID bertujuan untuk memuluskan pergerakan robot saat menghindari halangan. Dalam penelitian ini Controller PID akan memberikan aksi kepada motor DC berdasarkan besar *error* yang diperoleh [4].



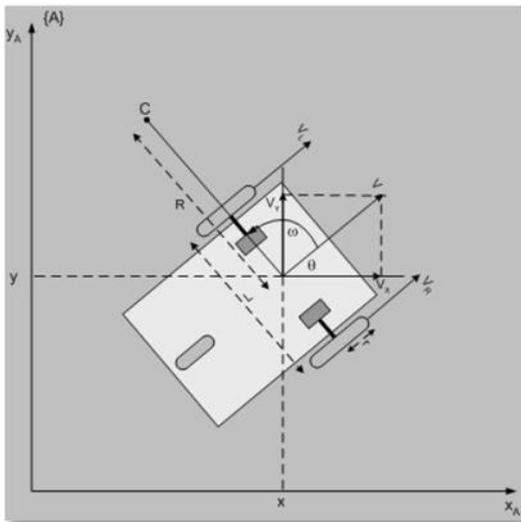
Gambar 3. Blok diagram PID

Gambar 3 adalah blok diagram untuk menentukan nilai K_p , K_i dan K_d pada kontroler PID yang akan digunakan. Berdasarkan *tunning* PID yang dilakukan, nilai PID yang diperoleh adalah $K_p=3$, $K_i=0,00015$ dan $K_d=5$. Namun saat diterapkan pada robot, nilai $K_p=3$ memiliki respon lambat pada robot sehingga nilai K_p diubah menjadi 4. Gambar 3 adalah respon saat nilai $K_p=4$, $K_i=0,00015$ dan $K_d=5$. Nilai kontroler PID ini sesuai saat digunakan pada robot untuk menghindari halangan.



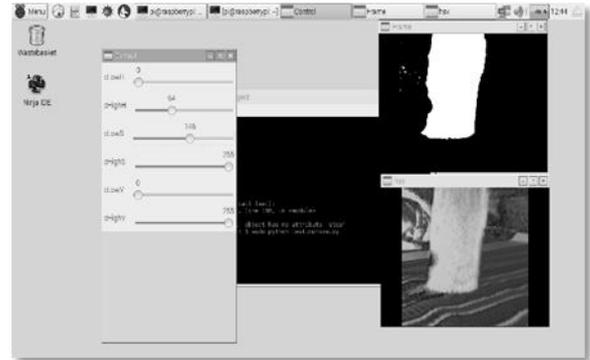
Gambar 4. Grafik respon kontroler PID dengan nilai $K_p=4$, $K_i= 0,00015$ dan $K_d=5$

Sistem kemudi yang digunakan adalah sistem penggerak differential. Secara teknis, robot jenis ini pada dasarnya memiliki dua roda utama yang masing-masing digerakan oleh penggerak tersendiri dan satu atau dua buah roda *castor* yang ditempatkan dibagian belakang robot yang berfungsi sebagai penyeimbang. Gerak kedua roda ini sesuai dengan output dari motor DC, apakah robot bergerak maju, ke kanan atau ke kiri. roda *castor* akan mengikuti arah gerak kedua roda utama



Gambar 6. Posisi dan orientasi mobile robot dalam sistem koordinat cartesian

Kalibrasi bertujuan untuk menentukan nilai HSV dari halangan agar terdeteksi oleh sistem. Hasil dari kalibrasi akan terlihat pada jendela thresh sebagai objek halangan seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Hasil Kalibrasi

Pada Gambar. 7 terlihat bahwa objek halangan terdeteksi pada jendela thresh. Setelah kalibrasi objek akan terdeteksi dan luas piksel dari objek halangan yang terdeteksi akan di olah menjadi sebuah jarak dengan membandingkan dengan jarak nilai sebenarnya menggunakan persamaan:

$$K = \frac{(L \times D)}{W} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan Rumus:

- K = Konstanta
- L = Luas piksel objek penghalang
- D = Jarak dari kamera ke objek sebenarnya
- W = Lebar objek sebenarnya

Dari persamaan diatas akan di dapatkan konstanta. Untuk mendapatkan nilai jarak maka digunakan persamaan berikut:

$$D' = \frac{(W \times K)}{L} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan Rumus:

- D' = Jarak hasil perhitungan
- W = Lebar objek sebenarnya
- K = Konstanta
- L = Luas piksel objek penghalang

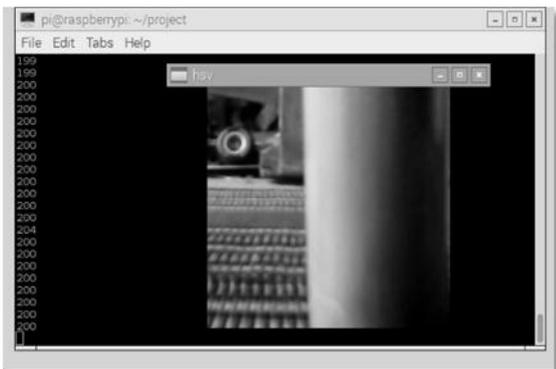
Pada pengujian awal objek penghalang di letakkan 50cm dari robot yang kemudian di geser perlahan mendekati robot. Hasil dari perhitungan jarak tersebut sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Perhitungan Jarak

No.	Konstanta	Jarak Sebenarnya (cm)	Jarak Hasil Perhitungan (cm)
1	99.650	50	50
2	99.650	40	43,3
3	99.650	30	25,5
4	99.650	20	11,9
5	99.650	10	6,5

Perhitungan jarak tidak dapat dilakukan secara berkelanjutan menggunakan konstanta yang sama. Sehingga jarak pembacaan jarak hanya dapat dilakukan untuk 1 nilai jarak.

Pembacaan koordinat X pada citra di peroleh dari citra yang telah di *threshold* dan terfokus pada sebuah objek halangan. Kemudian dengan citra tersebut di ambil titik tengah dan di dapatkanlah sebuah koordinat X titik tengah



Gambar 8. Koordinat X halangan di sebelah kanan

Pada Gambar 8 halangan terletak di sebelah kanan frame sehingga di dapatkan nilai dari koordinat X piksel halangan dengan nilai yang lebih dari 200. Nilai kontroler PID yang diperoleh adalah $K_p=4$, $K_i=0,00015$, $K_d=5$. Nilai PID tersebut akan dimasukan pada perhitungan nilai error, Gain, V_r dan V_l . Berikut adalah persamaan rumus yang digunakan.

$$error = set\ point - X \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$G = (K_p * error) + (K_d * (error - previous\ error) + (K_i * \sum error) \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$V_r = 192 + G \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$V_l = 192 - G \quad \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan Rumus :

- G = Gain (Konstanta PID)
- K_p = Konstanta *Proportional*
- K_i = Konstanta *Integral*
- K_d = Konstanta *Derivative*
- $\sum error$ = Total error
- Set Point = 100 (jika halangan berada di kiri)
 300(jika halangan berada di kanan)
- X = Koordinat halangan yang terbaca kamera berdasarkan nilai piksel pada sumbu X.
- V_r = Kecepatan Roda Kanan
- V_l = Kecepatan Roda Kiri
- 192 = Nilai PWM

Pada gambar 8 halangan berada di sebelah kanan robot, maka nilai koordinat yang terbaca >200 . Apabila halangan berada di sebelah kanan robot, maka nilai *set point* adalah 300. Kemudian robot akan mencari nilai error, gain, V_l dan V_r berdasarkan persamaan 3-6.

Input: 272	setPoint: 300.00	Gain: 108.91	Vr: 192.00	Vl: 83.09
Input: 272	setPoint: 300.00	Gain: 108.92	Vr: 192.00	Vl: 83.08
272				
Input: 272	setPoint: 300.00	Gain: 108.92	Vr: 192.00	Vl: 83.08
Input: 272	setPoint: 300.00	Gain: 108.93	Vr: 192.00	Vl: 83.07
Input: 272	setPoint: 300.00	Gain: 108.93	Vr: 192.00	Vl: 83.07
272				
Input: 272	setPoint: 300.00	Gain: 108.94	Vr: 192.00	Vl: 83.06
Input: 272	setPoint: 300.00	Gain: 108.94	Vr: 192.00	Vl: 83.06
272				
Input: 272	setPoint: 300.00	Gain: 108.94	Vr: 192.00	Vl: 83.06
Input: 272	setPoint: 300.00	Gain: 108.95	Vr: 192.00	Vl: 83.05
Input: 272	setPoint: 300.00	Gain: 108.95	Vr: 192.00	Vl: 83.05
272				
Input: 272	setPoint: 300.00	Gain: 108.96	Vr: 192.00	Vl: 83.04
Input: 272	setPoint: 300.00	Gain: 108.96	Vr: 192.00	Vl: 83.04
272				
Input: 272	setPoint: 300.00	Gain: 108.97	Vr: 192.00	Vl: 83.03
Input: 272	setPoint: 300.00	Gain: 108.97	Vr: 192.00	Vl: 83.03
Input: 272	setPoint: 300.00	Gain: 108.97	Vr: 192.00	Vl: 83.03
273				
Input: 273	setPoint: 300.00	Gain: 99.98	Vr: 192.00	Vl: 92.02
Input: 273	setPoint: 300.00	Gain: 104.98	Vr: 192.00	Vl: 87.02
Input: 273	setPoint: 300.00	Gain: 104.99	Vr: 192.00	Vl: 87.01
272				

Gambar 9. Hasil monitoring robot bergerak ke kanan

Berikut adalah perhitungan pada robot saat halangan yang terdeteksi berada di sebelah kanan robot.

$$previous\ error = set\ point - X$$

$$= 300 - 272$$

$$= 28$$

$$error = set\ point - X$$

$$= 300 - 273$$

$$= 27$$

$$G = (K_p * error) + (K_d * (error - previous\ error)) + (K_i * \sum error)$$

$$= (4 * 27) + (5 * (27 - 28)) + (0,00015 * (27 + 28))$$

$$= 108 - 5 + 0,00825$$

$$= 103,00825$$

$$V_r = 192 + G$$

$$= 192 + 103,00825$$

$$= 295,00825$$

$$= 192$$

$$V_l = 192 - G$$

$$= 192 - 103,00825$$

$$= 89,000825$$

3. Kesimpulan

Pada sistem gerak robot penghindar halangan dengan menggunakan kamera sebagai inputannya diperoleh hasil dimana robot mampu menghindari halangan yang berada didepannya. Hal ini berdasarkan pembagian jumlah piksel yang lebih dominan. Jika nilai koordinat yang terbaca <200 , berarti halangan berada di sebelah kiri robot dan set point menjadi 100 sehingga robot akan bergerak ke kanan. Jika nilai koordinat yang terbaca >200 , berarti halangan berada di sebelah kanan robot dan set point menjadi 300 sehingga robot akan bergerak ke kiri. Dengan menggunakan halangan yang homogen diperoleh hasil pembacaan jarak antara robot dan halangan dengan keakuratan rata-rata sebesar 91,4%.

Namun hal ini mempunyai kelemahan ketika objek yang menjadi halngan tidak bersifat homogen. Hal ini dikarenakan kamera yang digunakan tidak mempunyai *depth*. Pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan kamera yang memiliki *depth* dan penambahan NN sebagai sistem pengambil keputusan.

Daftar Pustaka

- [1] Black, James, Tim Ellis, and Paul Rosin. "A Novel Method for Video Tracking Performance Evaluation". *Joint IEEE Int. Workshop on Visual Surveillance and Performance Evaluation of Tracking and Surveillance*.2003
- [2] Fung, James. "Computer Vision on the GPU." In *GPU Gems 2*, edited by Randima Fernando, pp. 649-666. 2005
- [3] John Canny. "A computational approach to edge detection. *IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence*", 1986.
- [4] Bechhoefer, John. "Feedback for Physicists: A Tutorial Essay On Control". *Reviews of Modern Physics*. APS Physics. 77 (3): 783–835

Biodata Penulis

Dirvi Eko Juliando Sudirman, memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Elektro (S.Pd.), Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya, lulus tahun 2006. Memperoleh gelar Magister Teknik (M.T) Program Pasca Sarjana Magister Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh November, lulus tahun 2013.Saat ini menjadi Dosen di Politeknik Negeri Madiun (PNM).

