

# Rancang Bangun Robot *Wall Follower* Menggunakan Sensor Kamera

Boby Darmawansyah, Ahmad Zarkasih, Aditya P. P. Prasetyo  
Fakultas Ilmu Komputer  
Universitas Sriwijaya  
Palembang, Indonesia  
Email: zarkasi98@gmail.com

**Abstrak**— Pengolahan citra adalah suatu proses dari gambar asli menjadi gambar lain yang sesuai dengan keinginan kita. Tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk membuat prototype robot *mobile wall follower* menggunakan kamera sebagai sensor kamera yang digunakan sebagai pendeteksi garis jalan pada arena yang dirancang. Dan dapat menghasilkan suatu prototype robot *mobile wall follower* menggunakan kamera sebagai sensor kamera. Pada sistem pendeteksi objek dinding garis berwarna merah atau hitam menggunakan Bahasa pemrograman C# dengan *software Microsoft Visual Studio 2010*. Program untuk mendeteksi dinding garis ini menggunakan tehnik pengolahan citra dengan kamera sebagai sensor inputannya, dimana pada perangkat lunak tersebut terdapat tahapan - tahapan proses pengolahan citra. Objek warna yang akan diuji adalah warna merah atau hitam. Robot *wall follower* bisa digunakan dilapangan tanpa susah mengetahui warna mana yang tidak mencapai angka 600(warna yang sudah buram)apabila warna yang diketahui buram maka robot akan stop/berhenti

**Kata Kunci**—*pengikut dinding garis, pengolahan citra, robot mobile, sensor kamera*

## I. PENDAHULUAN

*Image processing* atau sering disebut juga dengan pengolahan citra adalah suatu proses dari gambar asli menjadi gambar lain yang sesuai dengan keinginan kita. Contohnya: sebuah gambar yang kita dapatkan terlalu gelap maka dengan suatu *image processing* gambar tersebut bisa kita proses sehingga mempunyai spesifikasi gambar yang sangat jelas [1].

*Image processing* berfungsi untuk gambar sebagai salah satu komponen multimedia memegang fungsi yang sangat penting sebagai bentuk informasi visual. *Image processing* memiliki karakteristik yang berbeda dengan data teks merupakan pengolahan citra kaya dengan sebuah informasi. Adapun memiliki suatu peribahasa yang berbunyi “sebuah gambar bermakna lebih dari seribu kata” (*a picture is more than a thousand words*). Maksudnya tentu saja suatu gambar sehingga memberikan informasi yang sangat banyak daripada informasi tersebut disajikan dalam bentuk kata-kata (*textual*) [1].

*Image processing* untuk digunakan dalam gambar dua dimensi oleh perangkat komputer digital. Menurut Gonzalez dan Woods, *image processing* atau pengolahan citra adalah proses pengambilan atribut-atribut sebuah gambar yang memiliki input dan outputnya. *Image processing* memiliki beberapa aplikasi pada suatu bidang seperti: penajaman gambar, pendeteksian objek pada gambar, pengurangan

*noise*, konversi gambar berwarna ke *grayscale* dan sebaliknya, kompersi data pada gambar dan sebagainya [2].

Secara harfiah, *image processing* merupakan gambar suatu bidang dwimatra (dua dimensi). Dilihat dari sudut pandang matematis, *image processing* memiliki sebuah fungsi secara terus menerus (*continue*) dari intensitas cahaya dalam suatu bidang dwimatra. Sumber cahaya menerangi suatu objek, objek dapat memantulkan kembali beberapa bagian dari berkas cahaya tersebut. Pantulan cahaya ini ditangkap oleh alat-alat optik, contohnya: mata pada manusia, kamera, pemindai (*scanner*), dan sebagainya, sehingga sebuah bayangan objek yang disebut *image processing* tersebut terekam.

*Image processing* merupakan pengolahan citra, khususnya dengan menggunakan komputer sehingga memiliki *image processing* agar kualitasnya sangat baik. Walaupun suatu pengolahan citra kaya sebuah informasi, meskipun sering kali pengolahan citra yang kita mempunyai mengalami penurunan mutu (degradasi), contohnya mungkin cacat atau derau (*noise*), warnanya kurang terang atau gelap. Meskipun pengolahan citra yang mengalami gangguan mudah diinterpretasi, maka pengolahan citra tersebut perlu dimanipulasi menjadi pengolahan citra yang lain agar kualitasnya sangat baik. *Image processing* bertujuan agar dapat memperbaiki kualitas yang sangat mudah diinterpretasi oleh manusia atau mesin (dalam hal ini komputer). *Image* yang dari kamera digunakan sebagai pendeteksi garis jalan pada arena yang dirancang pada prototype robot *mobile wall follower*.

## II. STUDI PUSTAKA

### A. Pengolahan Citra (*Image Processing*)

Pengolahan citra digital menunjukkan pada suatu pemrosesan gambar dua dimensi yang menggunakan komputer. Dalam sebuah konteks yang lebih luas, pengolahan citra digital mengacu pada salah satu pemrosesan setiap data dua dimensi [3]. Pengolahan citra merupakan sebuah larik (*array*) yang berisi nilai-nilai real maupun kompleks yang direpresentasikan dengan deretan bit tertentu. Pengertian *image processing* itu sendiri merupakan salah satu jenis tipe dari pemrosesan informasi dimana input dan outputnya merupakan pengolahan citra seperti foto maupun video. Proses dasar terdiri dari beberapa jenis yaitu akuisisi citra, perbaikan citra dan penyimpanan citra.

### B. *Thresholding*

*Thresholding* merupakan pembentukan untuk mengubah pengolahan citra berderajat keabuan menjadi pengolahan citra biner atau hitam putih maka dapat mengetahui daerah mana yang akan masuk objek dan background dari

pengolahan citra secara jelas. Pengolahan citra hasil thresholding biasanya yang digunakan lebih lanjut untuk pembentukan pengenalan objek serta ekstraksi fitur. Secara umum, cara kerja pengembangan pengolahan citra grayscale untuk menghasilkan pengolahan citra biner [4].

Cara prosedur thresholding secara umum terbagi menjadi dua sebagai berikut:

1. *Thresholding global (Global thresholding)*.  
Thresholding yang dapat dilakukan melalui dengan mempartisi histogram yang digunakan sebuah threshold (batas ambang) global T, yang berlaku untuk seluruh bagian pada pengolahan citra.
2. *Thresholding local adaptif (Locally adaptive thresholding)*.  
Thresholding yang dapat dilakukan melalui dengan membagi pengolahan citra yang menggunakan beberapa bagian dari pengolahan citra. Kemudian pada setiap bagian dari pengolahan citra yaitu segmentasi yang dapat dilakukan dengan menggunakan thresholding yang berbeda.

### C. Kamera

Kamera merupakan suatu alat dapat mengakuisi pengolahan citra. Pengolahan citra sehingga ditangkap oleh kamera tersebut yang melalui proses banyak parameter yang didapatkan oleh sistem pengendalian alat, diantaranya suatu parameter posisi, parameter bentuk bahkan parameter kecepatan. Kamera merupakan sebuah alat yang bentuk untuk menggunakan menangkap sebuah gelombang cahaya dapat dipantulkan oleh beberapa obyek, meskipun tersebut yang dapat dipetakan dalam bentuk pengolahan citra. Kamera webcam memiliki spesifikasi 5 mega *pixel* dengan resolusi (320 x 240). Pada sebuah kamera dapat dihasilkan merupakan pengolahan citra dalam bentuk digital. Secara umum kamera digital terdiri dari yaitu lensa, sensor cahaya dan *digitizer*.

Lensa pada kamera digunakan untuk memfokuskan cahaya yang diterima supaya tepat mengenai bidang sensor cahaya. Sensor cahaya yang terdiri dari kamera adalah suatu kumpulan dapat dari banyak sensor cahaya (*phototransistor / photodiode*) yang dapat disusun oleh beberapa bentuk sebuah matrik [5]. Sinyal analog yang menghasilkan sensor agar dapat dikonversikan beberapa kedalam bentuk digital disusun oleh *digitizer* supaya sinyal digital inilah yang menghasilkan suatu kamera digital

### D. Mikrokontroler ATmega16

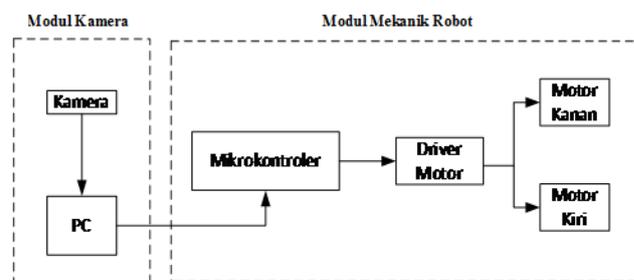
Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu chip, sehingga sering disebut Single Chip Microcomputer. Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik, berbeda dengan Personal Computer yang memiliki beragam fungsi. Perbedaan yang lainnya adalah perbandingan RAM dan ROM yang sangat berbeda antara Personal Computer dengan mikrokontroler. Dalam mikrokontroler ROM jauh lebih besar di banding RAM, sedangkan dalam Personal Computer RAM jauh lebih besar dibanding ROM [1] [6].

Dalam penelitian ini digunakan mikrokontroler keluarga AVR yaitu Mikrokontroler ATmega16 AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (Reduced Instruction Set Computer). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus Clock. AVR mempunyai 32 register general-purpose, timer/counter fleksibel dengan mode Compare, Interrupt Internal dan Eksternal, serial UART, Programmable Watchdog Timer, dan Mode Power Saving, ADC dan PWM Internal. AVR juga mempunyai In-System Programmable Flash on-chip yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam system menggunakan hubungan serial SPI ATmega16. ATmega16 mempunyai Throughput mendekati 1 MIPS per MHz membuat disainer sistem untuk mengoptimasi konsumsi daya versus kecepatan proses.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Block Diagram Sistem Robot

Blok diagram rangkaian merupakan salah satu bagian terpenting dalam perancangan suatu alat, karena dari diagram blok rangkaian inilah dapat diketahui cara kerjarangkaian keseluruhan.



Gambar 1. Blok diagram *system robot*

Adapun masing - masing penjelasan dari blok rangkaian pada Gambar 1, dapat dilihat pada penjelasan di bawah ini:

1. Modul Kamera  
Blok ini berfungsi sebagai pendeteksi dinding garis yang berwarna hitam atau merah. Posisi dinding garis berada disisi kanaan dan kiri jalan yang dirancang. Modul kamera terdiri dari 2 komponen yaitu:
  - a. Kamera yang berfungsi sebagai pendeteksi lingkungan robot. Kamera yang mendapatkan data warna dari warna dinding garis akan mengirimkan data tersebut ke komputer atau laptop.
  - b. Pc berfungsi sebagai pengolah data warna yang diperoleh dari kamera. Data tersebut merupakan data warna dinding garis. Data-data ini akan menentukan logika gerak robot. Logika gerak ini terdiri dari 3 gerakan yaitu maju, Gerak kiri dan Gerak kanan.
2. Modul Mekanik Robot Blok ini berfungsi sebagai *mobile* robot yang bergerak berdasarkan masukkan dari pc. Pc akan mengirimkan data gerakan robot. Modul ini terdiri dari dua komponen yaitu:
  - a. Blok Mikrokontroler Blok ini berfungsi sebagai pemroses semua data masukan dari pc dan data keluaran yang merupakan data gerak. ikrokontroler akan mengatur pergerakan motor dc

sehingga sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler ATmega16.

- b. Blok *Driver* Motor Blok ini berfungsi sebagai pengatur pergerakan motor dc. Ic *driver* yang digunakan adalah L298D yang memiliki rating arus 2A per saluran output. Driver akan mengatur pergerakan robot yang terdiri dari kondisi maju, Gerak kiri, Gerak kanan, dan berhenti. Sedangkan pengaturan kecepatan putaran motor menggunakan pengaturan pwm yang ada pada mikrokontroler.

### B. Pengujian Mikrokontroler

Pada pengujian ini mikrokontroler difungsikan sebagai keluaran, dengan memberikan logika tinggi (1) dan rendah (0) pada masing-masing pin pada PD dengan menggunakan program pengujian. Kemudian kondisi PD akan dihubungkan led array. Jika terjadi perubahan pada kondisi port sesuai dengan program, maka port mikrokontroler dalam kondisi baik. Tabel 1 merupakan pengujian rangkaian sistem minimum mikrokontroler.

Tabel 1. Pengujian Port Pada Mikrokontroler ATmega16

Port Pengujian	Data Awal (Pengujian)		Data Hasil Pegujian (Hasil)	
	P 1	P 2	H 1	H 2
PORTD	1111	1111	1111	1111
	1111b	0000b	1111b	0000b

Dalam tabel 1 diatas, dilakukan 2 kali proses pengujian keseluruhan pin port D yang tersedia pada mikrokontroler. Pada pengujian pin-pin tersebut difungsikan sebagai keluaran sedangkan untuk fungsi masukkan akan langsung menggunakan sensor jarak. Setiap pin diberikan 2 kondisi data pengujian yang berbeda dan menghasilkan 2 kondisi data hasil pengujian.

Pada pengujian\_1, PD diberikan data pengujian 1111 1111b dan pada pengujian 2 diberikan data 1111 0000b, yang menghasilkan 2 data keluaran, yaitu 1111 1111b dan 1111 0000b. Semua data tersebut ditampilkan secara real pada led peraga, dengan kondisi menyala jika berlogika 1 dan kondisi padam jika berlogika 0. Dengan demikian kondisi ini dapat dikatakan bahwa mikrokontroler dalam keadaan baik

### C. Pengujian Driver Motor

Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah motor dc dan driver motor telah berfungsi dengan baik. Pengujian menitik beratkan pada pengujian aktivasi motor dan driver motor dc. Pengujian aktivasi motor dc dilakukan hanya untuk memastikan bahwa motor berfungsi dengan baik, yaitu dengan memberikan logika tinggi (1) dan rendah (0) pada pin Enable\_A dirangkaian driver. Dalam pengujian, terdapat 2 logika motor yaitu motor kanan dan motor kiri. Kedua driver motor diatur oleh sebuah pin Enable yang masing- masing diwakili oleh EN\_A (motor kiri) dan EN\_B (motor kanan). Kondisi logika untuk input motor yaitu IN\_A1 (1), IN\_A2 (0), IN\_B1 (1) dan IN\_B2 (0) adalah sama untuk semua pergerakan, yang menjadi perbedaannya adalah hanya logika Enable-nya (lihat tabel berwarna biru muda).

Tabel 2 berikut merupakan tabel hasil pengujian metode aktivasi driver motor.

Tabel 2. pengujian aktivasi driver motor

Motor Kanan			Motor Kiri			Ket
En b	In b2	In b1	En a	In a2	In a1	
1	0	1	1	0	1	Maju
1	0	1	0	0	1	Gerak kiri
0	0	1	1	0	1	Gerak kana
0	0	1	0	0	1	berhenti

Untuk data aktivasi tegangan dari data pwm keseluruhan perhitungan dan pengukuran, dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Aktivasi Pengaturan PWN Motor

Fungsi Keangotaan Keluaran	Data pwm	Perhitungan Tegangan	Pengukuran Tegangan Aktivasi Motor
Maju	50 des	1.45 Vdc	1.50 Vdc
Gerak kiri	60 des	1.74 Vdc	1.80 Vdc
Gerak kanan	60 des	1.74 Vdc	1.80 Vdc
Berhenti	0 des	0 Vdc	0 Vdc

Dari Tabel 3 diatas dapat ditentukan besarnya selisih tegangan hasil pengukuran dengan tegangan hasil perhitungan secara berturut-turut adalah maju 0,05Vdc dengan persentase error 3.44%, Sedangkan untuk 0.06Vdc dengan prosentase error 3.44% untuk kondisi Gerak kanan/kiri.

### D. Pengujian Gerak Robot

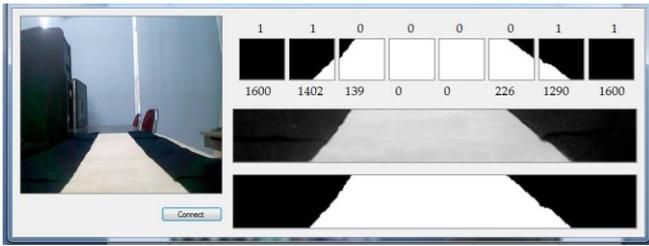
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui gerakan Gerak robot jika terdeteksi adanya dinding garis . Posisi dinding garis diletakkan ditengah-tengan dari labirin. Pengujian dilakukan dengan mencari data robot jika berada dalam posisi ditengah-tengah labirin dan 5cm dari labirin. Hal ini dilakukan karena posisi jika sedang bergerak tidak tepat berada ditengah-tengah labirin, sehingga di perlukan untuk mencari data dengan estimasi jarak terdekat ke labirin sebesar 5cm dari pinggir kanan dan dan 5cm dari pinggir kanan. Gambar 4.9 berikut merupakan gambar robot dalam berbagai posisi.



Gambar 2. Robot Pendeteksi Dinding Garis

#### 1) Kondisi Maju

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui data *thresholding* yang diperoleh robot apakah sesuai dengan data *statechart* untuk posisi dinding garis pada kondisi maju. Pengujian yang pertama adalah meletakkan posisi robot ditengan-tengah labirin dengan dinding garis menunjuk arah kedepan. Untuk jelasnya dapat dilihat dalam Gambar 3.



Gambar 3. Pada saat kondisi maju data segmentasi 11000011

Jika terdeteksi gangguan pada dinding *track* maka robot akan diperintahkan untuk berhenti, dengan memberikan karakter 'a' pada mikokontroler. Karakter 'a' ini akan memberikan nilai 0 untuk kedua pin Enable pada driver motor. Setelah berhenti, maka data hasil pembacaan dinding garis akan dikirim ke komputer untuk di analisa. Setelah melalui proses pengolahan citra, maka hasil yang diperoleh adalah bilangan biner dengan empat kombinasi 10000000, 11000000, 11100000 dan 11100001. hasil ini sesuai dengan data dalam tabel statechart untuk gerak kekanan. Dengan diketahui hasil tersebut, maka robot diperintahkan untuk bergerak ke arah kanan dengan memberikan karakter 'b' yang dikirimkan melalui komunikasi menggunakan kabel USB ke mikrokontroler. Maka secara otomatis robot akan bergerak ke arah kanan. Untuk pergerakan robot gerak kanan sistem telah berkerja dengan baik. Posisi saat gerak kanan dapat dilihat pada Gambar 6 dibawah ini.

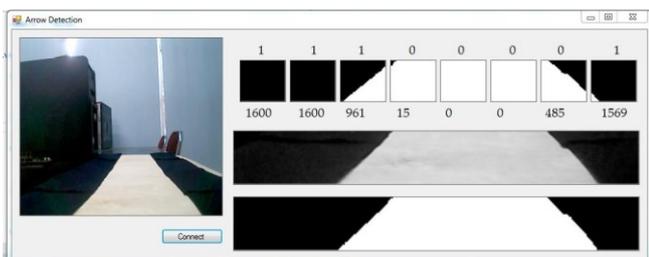
Dengan diketahui hasil tersebut, maka robot diperintahkan untuk majudengan memberikan karakter 'a' yang dikirimkan melalui komunikasimenggunakan kabel USB ke mikrokontroler. Maka secara otomatis robot akan maju. Untuk kondisi maju sistem telah berkerja dengan baik. Kondisi yang dilakukan saat maju dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Posisi saat maju

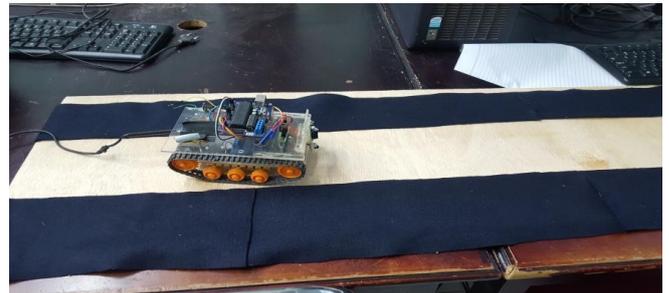
## 2) Gerak Kanan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui data thresholding yang diperoleh robot apakah sesuai dengan data statechart untuk posisi dinding garis gerak kekanan. Pengujian yang pertama adalah meletakkan posisi robot ditengantengah labirin dengan dinding garis menunjuk arah kekanan. Untuk jelasnya dapat dilihat dalam Gambar 5 dibawah.



Gambar 5 Pada saat kondisi gerak kanan data segmentasi 11100001

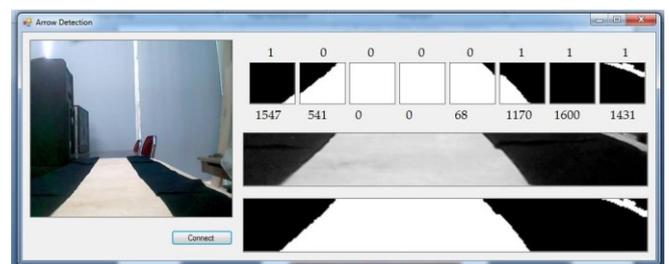
Jika terdeteksi gngguan pada dinding track maka robot akan diperintahkan untuk berhenti, dengan memberikan karakter 'b' pada mikokontroler. Karakter 'b' ini akan memberikan nilai 0 untuk kedua pin Enable pada driver motor. Setelah berhenti, maka data hasil pembacaan dinding garis akan dikirim ke komputer untuk di analisa. Setelah melalui proses pengolahan citra, maka hasil yang diperoleh adalah bilangan biner dengan empat kombinasi 10000000, 11000000, 11100000 dan 11100001. hasil ini sesuai dengan data dalam tabel statechart untuk gerak kekanan. Dengan diketahui hasil tersebut, maka robot diperintahkan untuk bergerak ke arah kanan dengan memberikan karakter 'b' yang dikirimkan melalui komunikasi menggunakan kabel USB ke mikrokontroler. Maka secara otomatis robot akan bergerak ke arah kanan. Untuk pergerakan robot gerak kanan sistem telah berkerja dengan baik. Posisi saat gerak kanan dapat dilihat pada Gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Posisi gerak kanan

## 3) Gerak Kiri

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui data thresholding yang diperoleh robot apakah sesuai dengan data statechart untuk posisi dinding garis gerak ke kiri. Pengujian yang pertama adalah meletakkan posisi robot ditengantengah labirin dengan dinding garis menunjuk ke arah kiri. Untuk jelasnya dapat dilihat dalam Gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Pada saat kondisi gerak kiri data segmentasi 10000111

Jika terdeteksi gngguan pada track maka robot akan diperintahkan untuk berhenti, dengan memberikan karakter 'c' pada mikokontroler. Karakter 'c' ini akan memberikan nilai 0 untuk kedua pin Enable pada driver motor. Setelah berhenti, maka data hasil pembacaan dinding garis akan dikirim ke komputer untuk di analisa. Setelah melalui proses pengolahan citra, maka hasil yang diperoleh adalah bilangan biner dengan lima kombinasi 00000001, 00000011, 00000111, 10000111, dan 00001111. hasil ini sesuai dengan data dalam tabel statechart untuk gerak ke kiri. Dengan diketahui hasil tersebut, maka robot diperintahkan untuk bergerak ke arah kiri dengan memberikan karakter 'c' yang dikirimkan melalui komunikasi menggunakan kabel USB ke mikrokontroler. Maka secara otomatis robot akan bergerak ke arah kiri. Untuk pergerakan robot gerak kiri sistem telah

berkerja dengan baik. Pergerakan robot pada saat gerak kiri dapat dilihat Gambar 8.



Gambar 8. Posisi gerak kiri

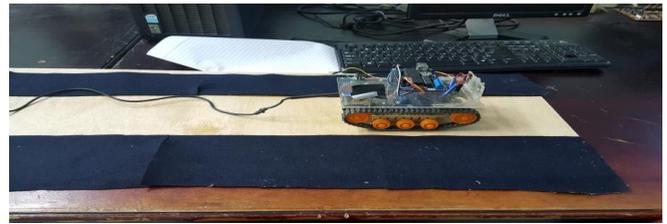
#### 4) Kondisi Berhenti

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui data *thresholding* yang diperoleh robot apakah sesuai dengan data statechart untuk posisi dinding garis pada saat robot berhenti. Pengujian yang keempat adalah meletakkan posisi robot ditengah – tengah labirin dengan dinding garis pada saat berhenti. Untuk jelasnyadapat dilihat dalam Gambar 9.



Gambar 9. Pada saat kondisi berhenti data segmentasi 11111111

Jika terdeteksi gngguan pada track maka robot akan diperintahkan untuk berhenti, dengan memberikan karakter 'd' pada mikokontoler. Karakter 'd' ini akan memberikan nilai 0 untuk kedua pin Enable pada driver motor. Setelah berhenti, maka data hasil pembacaan dinding garis akan dikirim ke komputer untuk di analisa. Setalah melalui proses pengolahan citra, maka hasil yang diperoleh adalah bilangan biner dengan tiga kombinasi 00000000 dan 11111111, hasil ini sesuai dengan data dalam tabel statechart untuk kondisi berhenti. Dengan diketahui hasil tersebut, maka robot diperintahkan untuk berhenti dengan memberikan karakter'd' (Gambar 10) yang dikirimkan melalui komunikasi menggunakan kabel USB ke mikrokontroler. Maka secara otomatis robot akan berhenti. Untuk pergerakan robot berhenti sistem telah berkerja dengan baik.



Gambar 10. Posisi Berhenti

## IV. KESIMPULAN

Robot *wall follower* berfungsi untuk membaca garis yang berwarna hitam atau merah pada *track* yang telah dibuat. Robot ini dapat mendeteksi objek pada suatu wilayah menggunakan sensor kamera lalu sensor kamera akan mendeteaksi sebuah objek, selanjutnya sensor akan mengirim data ke mikrokontroler ATmega 16 lalu data tersebut akan di eksekusi sehingga robot dapat bergerak Robot *wall follower* bergerak dengan cara mengetahui warna hitam atau merah pada *track* yang telah dibuat, apabila warna yang diketahui buram maka robot akan berhenti.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Pitowarno, *Robotika: Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2006.
- [2] S. B. Raharjo and B. Sutopo, "Robot Pengikut Garis Berbasis Mikrokontroler AT89C51 Menggunakan Sensor Infra Merah," *Makal. ilmiah. Tek. Elektro UGM, Yogyakarta. Indones.*, 2004.
- [3] D. Putra, *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2010.
- [4] S. I. Syafi'i, R. T. Wahyuningrum, and A. Muntasa, "Segmentasi Obyek Pada Citra Digital Menggunakan Metode Otsu Thresholding," *J. Inform.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–8, 2015.
- [5] H. Kristianto, "TA: Automatic Mobile Robot Menggunakan Data Kamera Sebagai Pengambil Gambar Jalan Robot," STIKOM Surabaya, 2012.
- [6] A. Winoto, *Mikrokontroler AVR ATmega8/32/16/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR*. Bandung: Penerbit Informatika, 2008.