

Makalah Seminar Tugas Akhir

PENJEJAK OBJEK PADA KURSI RODA CERDAS *AUTONOMOUS*

Fatkul Umam^[1], Iwan Setiawan, ST, MT^[2], Darjat, ST, MT^[2]
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

ABSTRAK

Digital image processing is a rapidly growing and has many applications in field of science and technology. One of common applications is in a control system of mobile robot to navigate, whether to detect a barrier object, to control mobile robot movement or to track the target object.

In this final project, digital image processing are implemented for object tracking system in order to smart wheelchair can navigate and track stationary or moving objects based on object color. Digital image processing using open source library AForge.NET and making the program using Visual C # 2010. Parameters that used in process detection object is color of object. Process of image acquisition using a webcam which is used to obtain position of objects and height of objects. Information position of objects and high of objects used as input linear velocity and angular velocity to move smart wheelchair.

From test results showed that smart wheelchair can navigate and track stationary or moving objects. The smart wheelchair can track moving objects well if velocity of moving objects smaller than velocity of moving smart wheelchair that is 0,6m / s. If there are two or more colored objects, the smart wheelchair will track colored objects that size of objects more dominant. Smart wheelchair will stop tracing a colored object if height of objects image is greater than 200 pixels. If a colored object is not detected by the webcam, the webcam will do scanning for these colored objects.

Key words : smart wheelchair, object tracking, webcam, image processing, AForge.NET, state chart, serial communication.

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengolahan citra digital merupakan bidang yang sedang berkembang dengan pesat dan memiliki banyak aplikasi baik di bidang sains dan teknologi. Pengolahan citra digital memungkinkan berbagai macam alat memiliki kemampuan melihat sebagaimana layaknya makhluk hidup sehingga memungkinkan dilakukannya pengembangan untuk berbagai macam alat yang dapat mempermudah kehidupan manusia.

Salah satu aplikasi berbasis pengolahan citra digital yaitu sistem penjejak berbasis informasi visual. Dalam sistem penjejak ini, citra yang ditangkap sensor visual diproses oleh perangkat lunak pengolahan citra untuk menghasilkan informasi yang kemudian dijadikan masukan pada sistem lainnya. Informasi yang dihasilkan dapat berupa posisi, kecepatan objek, dan arah pergerakan. Informasi inilah yang akan digunakan oleh sistem lain untuk melakukan fungsi-fungsi yang dikehendaki oleh pembangun sistem.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah untuk mengimplementasikan pengolahan citra digital dalam sistem penjejak objek sehingga kursi roda cerdas dapat bernavigasi dan menjejak objek diam atau jamak berdasarkan warna objek.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Ruang gerak kursi roda berada pada daerah yang datar sehingga kursi roda dapat bergerak dengan baik.
2. Aktuator yang digunakan untuk menggerakkan sistem *pan tilt* kamera berupa motor servo yang dikendalikan dengan prinsip PWM.
3. Proses pengolahan citra menggunakan *library imaging processing* dari AForge.NET.
4. Pengenalan objek target berdasarkan pada warna objek dalam citra.
5. Model objek adalah objek berwarna merah dengan ukuran minimal pada *image* kamera 10x10 piksel.
6. *Background* atau dinding ruangan yang digunakan berbeda dengan warna objek target.

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro UNDIP

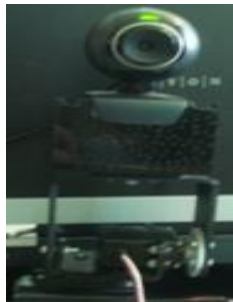
² Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro UNDIP

7. Proses *scanning* pada sistem *pan tilt* kamera hanya pada sumbu horizontal dengan arah *scanning* dari kiri kekanan atau dari sudut 0° - 180° .

II DASAR TEORI

2.1 *Pan Tilt* kamera

Pan tilt kamera merupakan perangkat keras yang digunakan untuk menggerakkan kamera secara *pan* dan *tilt*. *Pan* (*panning*) merupakan istilah yang digunakan untuk menggerakkan kamera secara horizontal (mendatar) dari kiri ke kanan atau sebaliknya, sedangkan *tilt* (*tilting*) merupakan istilah yang digunakan untuk menggerakkan kamera secara vertikal, mendongak dari bawah ke atas atau sebaliknya. Pada Tugas akhir ini, *pan tilt* kamera menggunakan dua buah motor servo untuk menggerakkan kamera. Motor servo yang digunakan yaitu servo standar buatan GWS. Kamera yang digunakan yaitu kamera jenis *webcam* logitech tipe E3500.



Gambar 2.1 *Pan Tilt* kamera.

2.2 *Color Filtering*

Color filtering merupakan filter yang digunakan untuk memfilter warna yang diinginkan pada gambar atau citra berdasarkan komponen nilai RGB. Kombinasi RGB ini yang kemudian dijadikan *filter* yang merupakan penentu sebuah warna diloloskan atau tidak.

2.3 *Grayscale Filter*

Grayscale filter digunakan untuk mengubah gambar berwarna menjadi sebuah gambar hitam putih dengan cara mengubah efek warna dari masing-masing piksel menjadi derajat keabua-abuan.

2.4 *Blob Counter*

Blob counter digunakan untuk menghitung objek, memfilter objek, mengekstrak objek dan mendapatkan dimensi objek yang ada di gambar, yang dipisahkan oleh latar belakang hitam dengan

menggunakan prinsip algoritma pelabelan komponen terhubung. Algoritma ini memperlakukan semua piksel dengan nilai kurang atau sama dengan batas ambang *background* sebagai latar belakang, sedangkan piksel dengan nilai yang lebih ukuran diperlakukan sebagai piksel objek.

2.5 AForge.NET

AForge.NET merupakan *framework open source* C# yang dirancang bagi para pengembang dan peneliti di bidang komputer vision dan *artificial intelligence* yang meliputi pengolahan citra, jaringan syaraf tiruan, algoritma genetika, logika fuzzy, *machine learning*, dan robotika.

III PERANCANGAN SISTEM

3.1 Perancangan Perangkat Keras

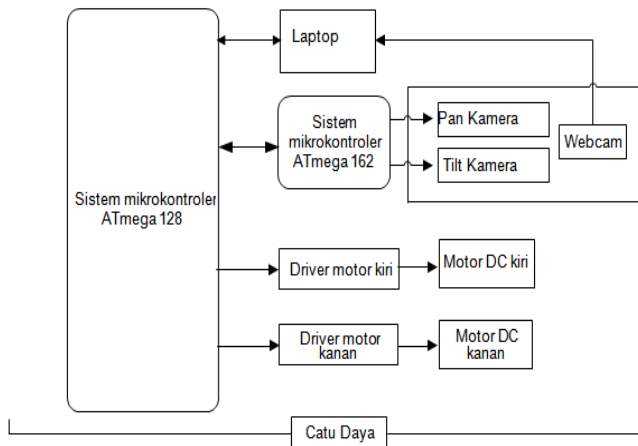
Perangkat keras dari Tugas Akhir ini meliputi sistem minimum mikrokontroler ATmega128, mikrokontroler ATmega162, *pan tilt* kamera, *webcam*, dan laptop. Secara umum perancangan sistem yang akan dibuat dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Tiap-tiap bagian dari diagram blok sistem ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. *Webcam* digunakan sebagai media perekam video yang berfungsi sebagai masukan untuk kontroler yaitu koordinat atau posisi objek yang ditangkap.
2. Laptop digunakan sebagai pusat pengolahan citra dan pengiriman data serial.
3. Mikrokontroler ATmega128 berfungsi untuk melaksanakan tugas-tugas yang meliputi pembacaan kecepatan linear, kecepatan sudut, sudut objek, penerimaan data serial posisi objek dari laptop, dan pengiriman data serial posisi objek ke mikrokontroler ATmega162.
4. Mikrokontroler ATmega162 berfungsi sebagai penerimaan data serial posisi objek dari mikrokontroler ATmega128, pengiriman data serial sudut objek ke mikrokontroler ATmega128 dan pengendalian *pan tilt* motor servo dengan PWM. Referensi PWM yang digunakan untuk mengendalikan *pan tilt* motor servo berdasarkan posisi objek.
5. *Pan* kamera merupakan motor servo yang digunakan untuk menggerakkan *webcam* searah bidang horizontal dengan daerah gerak 0 - 180° .
6. *Tilt* kamera merupakan motor servo yang digunakan untuk menggerakkan *webcam* searah bidang vertikal dengan daerah gerak 0 - 180° .
7. *Driver* motor berfungsi untuk menjalankan motor DC. *Driver* ini menerima masukan PWM

yang berasal dari sistem mikrokontroler ATmega128.

8. Motor DC berfungsi sebagai sistem kemudi kursi roda cerdas.
9. Catu daya berfungsi sebagai catu daya sistem keseluruhan.



Gambar 3.1 Diagram blok sistem.

3.2 Perancangan Perangkat Lunak pada Mikrokontroler ATmega128

Tugas akhir ini merupakan pengembangan atau bagian dari sistem kursi roda cerdas secara keseluruhan. Tiap tugas dalam program di kelompokkan kedalam fungsi-fungsi secara terpisah. Tiap fungsi dipanggil sesuai dengan pengaturan waktu pemanggilannya yang ditetapkan pada saat memprogram. Penjadwalan tugas atau pemanggilan fungsi pada tugas akhir ini menggunakan *template* Softtimer. Fungsi-fungsi tersebut antara lain:

- a. `behaviour_mode()`
Fungsi ini digunakan untuk memilih mode pengendalian kursi roda cerdas yaitu mode *semiautonomous* atau mode *autonomous*. Fungsi ini dipanggil tiap 50 ms sekali.
- b. `serial_task_pantilt_motoservo()`
Fungsi ini digunakan untuk mengirimkan data posisi objek ke mikrokontroler ATmega162 melalui komunikasi serial. Fungsi ini dipanggil tiap 5 ms sekali.
- c. `update_object_tracking()`
Fungsi ini digunakan untuk *update* sudut objek yang kemudian dinormalisasi menjadi kecepatan sudut dan *update* kecepatan linear. Fungsi ini dipanggil tiap 100 ms sekali.

3.3 Perancangan Perangkat Lunak pada Mikrokontroler ATmega 162

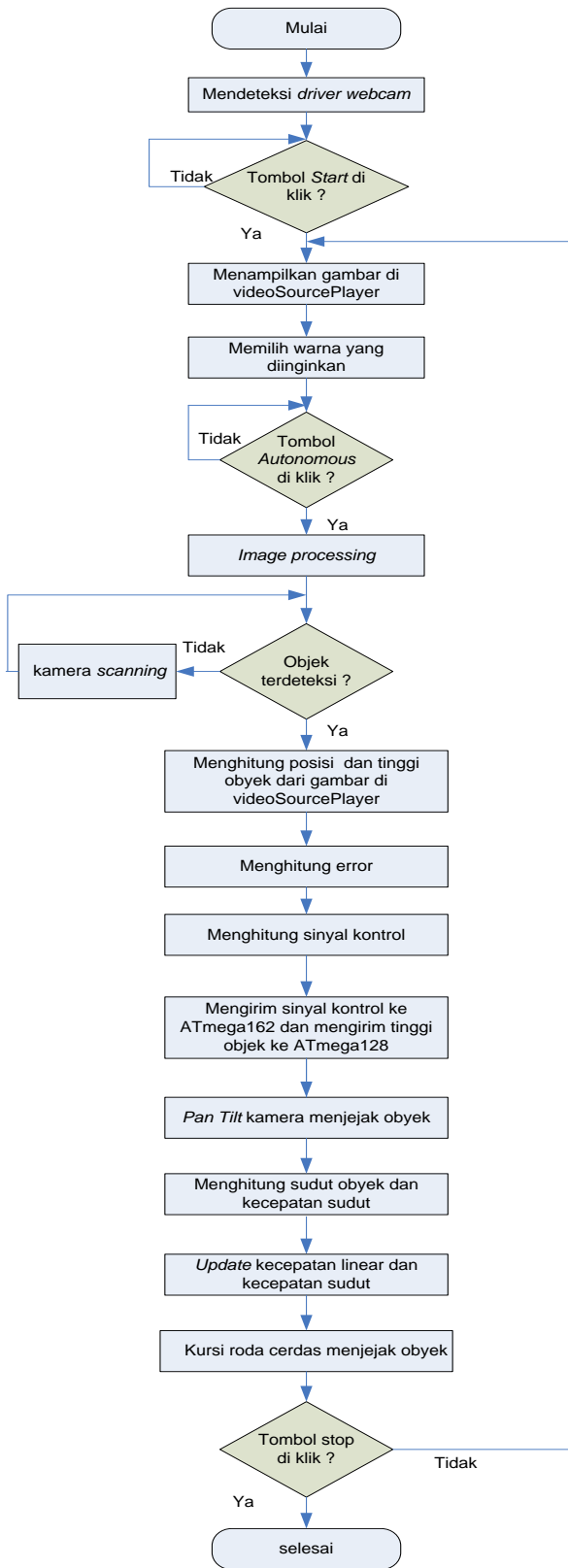
Perancangan perangkat lunak pada mikrokontroler ATmega 162 ini menyerupai pada perancangan mikrokontroler ATmega128. Perbedaannya pada tugas-tugas yang dikerjakan oleh mikrokontroler ini. Fungsi-fungsi yang ada pada mikrokontroler ini antara lain:

- a. `pan_servo()`
Fungsi ini digunakan untuk mengendalikan servo searah bidang horizontal. Fungsi ini dipanggil tiap 20 ms sekali.
- b. `tilt_servo()`
Fungsi ini digunakan untuk mengendalikan servo searah bidang vertikal. Fungsi ini dipanggil tiap 20 ms sekali.
- c. `data_send_servo()`
Fungsi ini digunakan untuk mengirimkan data sudut pan servo terhadap objek yang dideteksi ke mikrokontroler ATmega162 melalui komunikasi serial. Fungsi ini dipanggil tiap 10 ms sekali.

Pada Tugas Akhir ini selain ketiga fungsi yang disebutkan diatas terdapat fungsi lain yaitu fungsi `data_receive_servo()`. Fungsi `data_receive_servo()` digunakan untuk menangani data komunikasi serial yang berasal dari mikrokontroler ATmega128. Fungsi ini tidak masuk pada penjadwalan tugas karena fungsi ini diletakkan pada interupsi Timer 3, yang digunakan untuk penjadwalan tugas, agar dapat terus mendeteksi secara *real time* apakah ada data serial yang masuk.

3.4 Perancangan Perangkat Lunak pada Laptop

Perancangan perangkat lunak (*software*) pada laptop menggunakan bahasa pemrograman Visual C# 2010. Perangkat lunak ini berfungsi untuk melakukan pengolahan citra yang diterima dari *webcam* sehingga dihasilkan nilai posisi dan ukuran dari objek yang diamati. Fungsi lain yang tidak kalah penting yaitu sebagai *interface* untuk menampilkan *video streaming*, metode pengoperasian kursi roda cerdas dan pengiriman data serial posisi dan tinggi objek ke mikrokontroler.

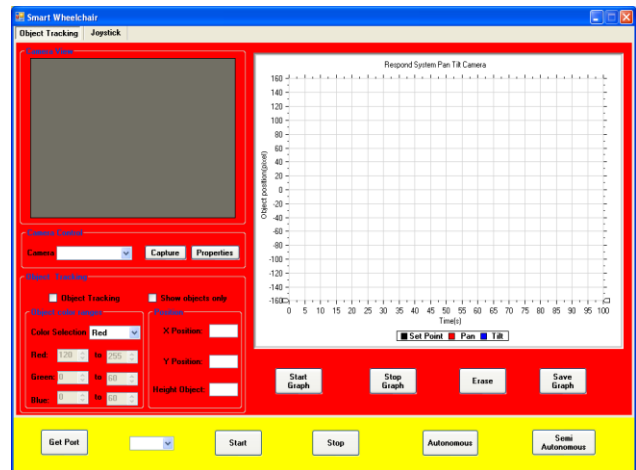


Gambar 3.2 Flowchart program utama penjejak objek pada kursi roda cerdas *autonomous*

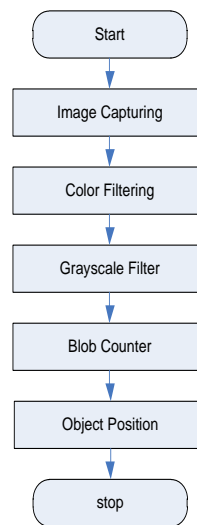
3.4.1 Perancangan Pengolahan Citra pada Penjejak Objek

Pada tugas akhir ini, untuk proses pengolahan citra menggunakan *library AForge.Imaging*, sedangkan untuk proses pengolahan video menggunakan *library AForge.Video*. Pengolahan video digunakan untuk mendeteksi *driver webcam* dan menampilkan gambar di *videoSourcePlayer* sehingga dapat digunakan untuk proses pengolahan citra.

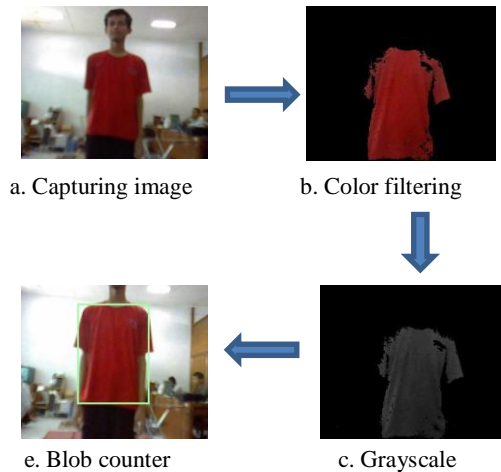
Proses pengolahan citra menggunakan *library AForge.Imaging* yang memiliki berbagai macam *class* dan *class* yang dibutuhkan untuk penjejak objek yaitu *class colorFiltering*, *class grayscale* dan *class blobCounter*.



Gambar 3.3 Tampilan visual penjejak objek



Gambar 3.4 Flowchart pengolahan citra penjejak objek



Gambar 3.5 Proses pengolahan citra *tracking* objek

a. Capturing Image

Proses *capturing image* menggunakan *webcam* logitech seri E3500. Resolusi webcam yang digunakan yaitu 320 x 240. Untuk mendeteksi driver webcam menggunakan *library AForge.NET* yaitu *library AForge.video*. Selain digunakan untuk mendeteksi driver webcam juga digunakan untuk menampilkan citra di komponen *video source player* sehingga dapat digunakan untuk proses pengolahan citra.

b. Color Filtering

Citra hasil *capturing image* kemudian difilter menggunakan *color filtering*. *Color filtering* merupakan proses untuk memfilter warna yang diinginkan pada suatu gambar berdasarkan komponen nilai RGB. Untuk menetapkan nilai batas pada filter dengan cara coba-coba. Misal warna yang diinginkan warna merah dengan komponen nilai RGB $120 < R < 255$, $0 < G < 60$, $0 < B < 60$ maka warna yang muncul pada gambar tersebut hanya warna merah sedangkan warna yang lain dianggap *background* atau dalam hal ini menjadi hitam.

c. Grayscale Filter

Citra hasil *color filtering* kemudian dikonversi menjadi *grayscale* agar dapat digunakan oleh *class BlobCounter*. Proses konversi dari citra berwarna menjadi grayscale menggunakan koefisien dari ITU- Recommendation BT.709.

$$\text{Grayscale} = 0.2125 * \text{red} + 0.7154 * \text{green} + 0.0721 * \text{blue}$$

d. BlobCounter

Objek citra hasil *grayscale filter* kemudian diidentifikasi dengan menggunakan *blobCounter*. Identifikasi objek ini digunakan untuk menghitung *blob*, memfilter *blob*, mengekstrak *blob* dan mendapatkan dimensi *blob*. Di dalam *class blobCounter* terdapat metode *GetObjectsRectangles* yang digunakan untuk mendapatkan bentuk kotak dari objek. Setelah bentuk kotak didapat maka proses selanjutnya yaitu proses penggambaran kotak pada objek yang terdeteksi menggunakan *class graphics* dan *class pens*. Dalam perancangannya objek mempunyai luas minimal 100 piksel. Jika dalam *image* kamera terdapat objek jamak maka *blobCounter* akan memprioritaskan luas objek yang lebih dominan yang akan dideteksi terlebih dahulu.

e. Object Position

Citra hasil *blobCounter* dapat digunakan untuk menghitung posisi objek dengan memanfaatkan metode yang ada pada *class blobCounter* yaitu *GetObjectsRectangles*. Metode ini digunakan untuk mendapatkan bentuk kotak objek sehingga dapat dicari jarak objek sumbu x dari tepi kiri dan jarak objek sumbu y dari tepi atas serta lebar dan tinggi objek.



Gambar 3.6 Perhitungan posisi objek

Posisi obyek pada koordinat x yaitu jarak objek sumbu x dari tepi kiri dijumlahkan dengan setengah dari lebar objek.

$$\text{positionObjectX} = \text{objectRect.X} + \text{objectRect.Width} / 2$$

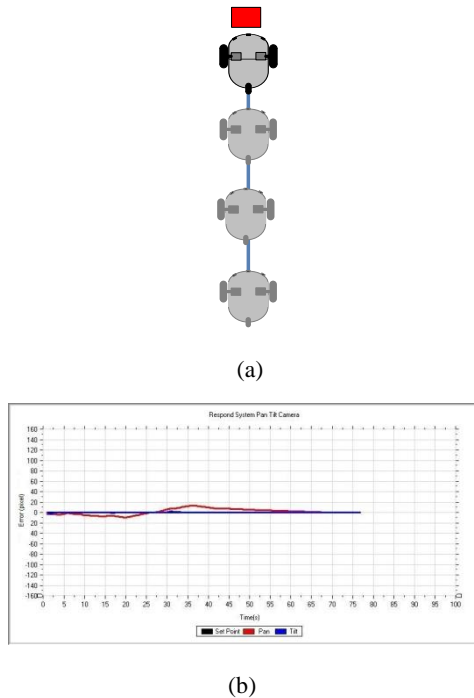
Posisi obyek pada koordinat y yaitu jarak objek sumbu y dari tepi atas dijumlahkan dengan setengah dari tinggi objek.

$$\text{positionObjectY} = \text{objectRect.Y} + \text{objectRect.Height} / 2$$

IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Objek diam tunggal didepan tengah SWC

Pada pengujian ini objek merah sengaja diletakan dalam area pandangan kamera yaitu didepan tengah kursi roda cerdas. Karena objek yang akan diuji tunggal maka dalam ruangan tersebut hanya ada 1 objek yang berwarna merah.

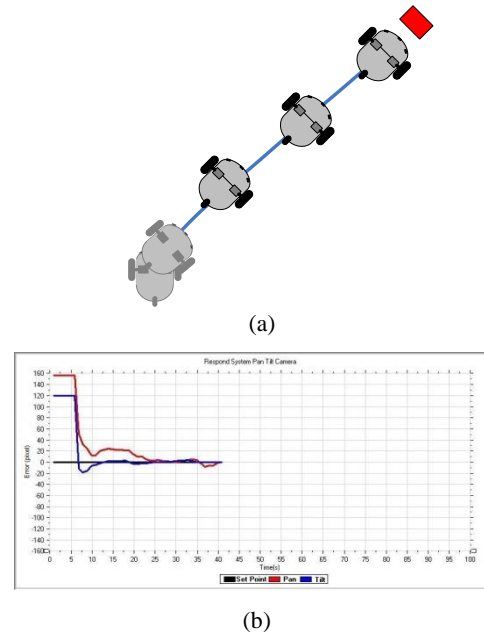


Gambar 4.1 (a) Kursi roda cerdas bergerak menuju objek diam yang berada didepan tengah kursi roda cerdas. (b) Respon penjejak objek merah diam tunggal yang berada didepan kursi roda cerdas.

Pada saat tombol *autonomous* ditekan maka kamera langsung mendeteksi objek tersebut karena objek berada dalam area pandangan kamera. Hal ini menyebabkan kursi roda cerdas bergerak menuju objek yang diam yang ditunjukkan pada Gambar 4.1(a). Dari grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 4.1(b) saat kursi roda cerdas bergerak menuju objek target kamera berusaha menempatkan objek tersebut ditengah area pandangan kamera. Kursi roda cerdas akan terus bergerak dan kemudian berhenti didepan objek target pada saat tinggi objek lebih besar dari 200 piksel.

4.2 Objek diam tunggal disebelah kanan SWC

Pengujian ini sama dengan objek merah yang berada di sebelah kiri kursi roda cerdas. Pada saat tombol *autonomous* ditekan maka kamera akan melakukan mode *scanning* untuk mencari objek. Pada saat kamera melakukan *scanning*, kursi roda cerdas dalam keadaan diam.

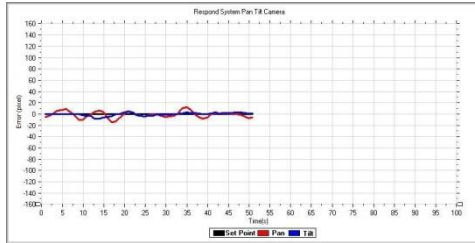
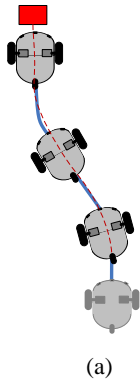


Gambar 4.2 (a) Kursi roda cerdas bergerak menuju objek yang berada di sebelah kanan kursi roda cerdas. (b) Respon penjejak objek merah tunggal yang berada di sebelah kanan kursi roda cerdas.

Dari grafik yang ditunjukkan Gambar 4.2(b) terlihat kamera melakukan *scanning* untuk mencari objek yang diinginkan. Setelah objek terdeteksi maka kursi roda cerdas akan melakukan pengemudian dan sambil bergerak menuju objek target yang ditunjukkan pada Gambar 4.2(a). Kursi roda cerdas akan terus bergerak dan kemudian berhenti didepan objek target pada saat tinggi objek lebih besar dari 200 piksel.

4.3 Objek diam tunggal kemudian bergerak

Pada pengujian ini keadaan objek awal berada di depan tengah kursi roda cerdas dalam kondisi diam. Pada saat tombol *autonomous* ditekan maka kamera langsung mendeteksi objek tersebut dan menempatkan objek tersebut di tengah area pandangan kamera. Pada keadaan ini objek masih dalam keadaan diam dan tinggi objek lebih besar dari 200 piksel. Kursi roda cerdas akan menjejak dan mengikuti objek target ketika objek tersebut mulai bergerak dan tinggi objek lebih kecil dari 200 piksel.



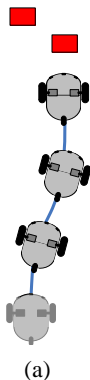
(b)

Gambar 4.3 (a) Kursi roda cerdas bergerak mengikuti objek yang diam kemudian bergerak. (b) Respon penjejak objek saat kursi roda cerdas mengikuti objek diam kemudian bergerak.

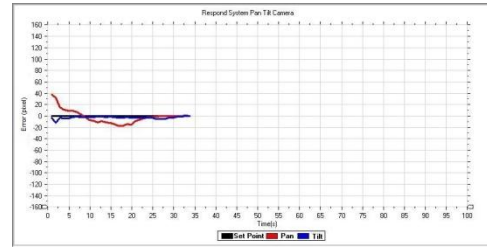
Dari grafik yang ditunjukkan Gambar 4.3(b) terlihat kamera langsung mendeteksi objek tersebut kemudian menempatkan objek tersebut di tengah area pandangan kamera. Pada saat objek mulai bergerak dan tinggi objek lebih kecil dari 200 piksel maka kursi roda cerdas akan bergerak menjejak dan mengikuti objek tersebut yang ditunjukkan pada Gambar 4.3(a). Kursi roda cerdas akan terus bergerak dan kemudian berhenti didepan objek target pada saat tinggi objek lebih besar dari 200 piksel.

4.4 Dua objek diam didepan tengah SWC

Pada pengujian ini ada 2 objek merah yang mempunyai ukuran yang sama berada dalam area pandangan kamera. Posisi kedua objek merah ini berbeda yang satu lebih dekat dengan kursi roda cerdas, sedangkan yang lain lebih jauh dengan kursi roda cerdas yang ditunjukkan pada Gambar 4.4(a).



(a)



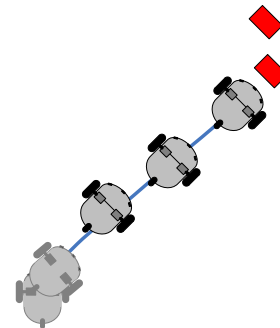
(b)

Gambar 4.4 (a) Kursi roda cerdas bergerak menuju objek yang berukuran lebih besar pada *image* kamera yang berada ditengah kursi roda cerdas (b) Respon penjejak objek pada saat kursi roda cerdas bergerak menuju objek yang berukuran lebih besar pada *image* kamera yang berada ditengah kursi roda cerdas.

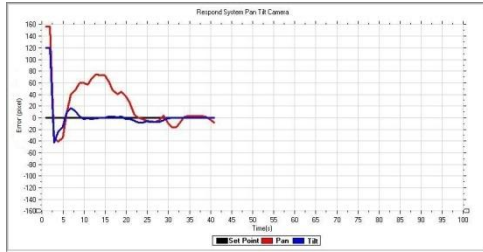
Dari grafik yang ditunjukkan Gambar 4.4(b) terlihat kamera akan mendeteksi objek yang berada lebih dekat dengan kursi roda cerdas karena objek tersebut mempunyai ukuran yang lebih besar pada *image* kamera dibandingkan objek yang posisinya lebih jauh meskipun kedua objek tersebut mempunyai ukuran yang sama. Pada saat kursi roda cerdas bergerak kamera berusaha menempatkan objek tersebut ditengah area pandangan kamera. Kursi roda cerdas akan berhenti pada saat tinggi objek lebih besar dari 200 piksel.

4.5 Dua objek diam disebelah kanan SWC

Pada pengujian ini ada 2 objek merah yang mempunyai ukuran yang sama diletakan diluar area pandangan kamera yaitu di sebelah kanan kursi roda cerdas. Posisi kedua objek merah ini berbeda yang satu lebih dekat dengan kursi roda cerdas, sedangkan yang lain lebih jauh dengan kursi roda cerdas. Posisi 2 objek merah ini di ditunjukkan pada Gambar 4.5(a).



(a)



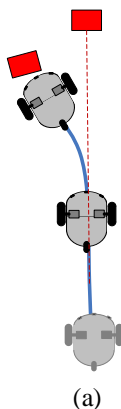
(b)

Gambar 4.5 (a) Kursi roda cerdas bergerak menuju objek yang berukuran lebih besar pada *image* kamera yang berada di sebelah kanan kursi roda cerdas. (b) Respon penjejak objek pada saat kursi roda cerdas bergerak menuju objek yang berukuran lebih besar pada *image* kamera yang berada di sebelah kanan kursi roda cerdas.

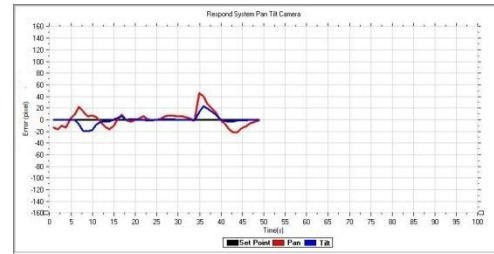
Gambar 4.5 (b) merupakan grafik respon penjejak objek pada saat kursi roda cerdas bergerak menuju objek yang berukuran lebih besar yang berada di sebelah kanan kursi roda cerdas. Dari grafik terlihat pada saat objek tidak terdeteksi maka kamera melakukan *scanning* untuk mencari objek tersebut. Pada saat objek terdeteksi oleh kamera kursi roda cerdas melakukan pengemudian dan sambil bergerak menuju objek yang berukuran lebih besar pada *image* kamera yang berada disebelah kanan kursi roda cerdas. Pada saat kursi roda cerdas bergerak kamera berusaha menempatkan objek tersebut ditengah area pandangan kamera. Kursi roda cerdas akan berhenti yaitu saat tinggi objek lebih besar dari 200 piksel.

4.6 Objek bergerak dan objek diam

Pada pengujian ini ada objek yang bergerak dan objek yang diam diletakan dalam area pandangan kamera. Kondisi awal objek yang bergerak yaitu didepan kursi roda cerdas kemudian objek yang bergerak bergerak mendekati objek yang diam dan kemudian menyalip objek yang diam. Pada saat *start* maka kamera akan mendeteksi objek yang bergerak dan kemudian menempatkan objek tersebut ditengah pandangan kamera.



(a)



(b)

Gambar 4.6 (a) Kursi roda cerdas bergerak mengikuti objek yang bergerak dan kemudian kursi roda cerdas mendeteksi objek yang diam dan berhenti. (b) Respon penjejak objek pada saat kursi roda cerdas bergerak mengikuti objek yang bergerak dan kemudian kursi roda cerdas mendeteksi objek yang diam dan berhenti.

Dari grafik yang ditunjukkan Gambar 4.6(b) terlihat pada saat objek bergerak maka kursi roda cerdas akan mengikuti objek tersebut sampai objek yang bergerak tersebut menyalip objek yang diam. Pada saat objek yang bergerak menyalip objek yang diam maka objek yang bergerak tidak terdeteksi lagi oleh kamera karena kamera akan mendeteksi objek yang diam sehingga kursi roda cerdas bergerak menuju objek yang diam. Hal ini disebabkan karena objek yang diam mempunyai ukuran yang lebih besar dibandingkan objek yang bergerak menjauhi objek yang diam.

V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Kursi roda cerdas dapat menjejak objek bergerak dengan baik jika kecepatan objek bergerak lebih kecil daripada kecepatan kursi roda cerdas bergerak yaitu 0,6 m/s.
2. Apabila ada dua objek berwarna atau lebih maka kursi roda cerdas akan menjejak atau mengikuti objek yang mempunyai ukuran yang lebih dominan.
3. Kursi roda cerdas akan berhenti menjejak objek berwarna pada saat tinggi objek berwarna yang terdeteksi 83 % dari tinggi citra.
4. Semakin kecil ukuran objek berwarna sebenarnya maka jarak antara kursi roda cerdas saat berhenti dengan objek berwarna semakin dekat.

5.2 Saran

Untuk pengembangan sistem lebih lanjut, maka dapat diberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Memperluas daerah jangkauan pendeteksian sistem *pan tilt* kamera menjadi 360° sehingga dapat mendeteksi objek yang berada di belakang kursi roda cerdas.
2. Untuk mengurangi pengaruh perubahan intensitas cahaya dalam proses pendeteksian objek berwarna dapat menggunakan metode *HSL filtering*.
3. Kursi roda cerdas autonomous dapat dikembangkan dengan menambahkan kemampuan tingkah laku *obstacle avoidance* sehingga kursi roda cerdas autonomous dapat menghindari halangan pada saat menjejak objek.

- [15] Munir, Rinaldi, *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*, Informatika, Bandung, 2004.
- [16] Setiawan, Iwan, [Fungsi Soft Timer untuk Keperluan Operasi Tundaan dan Penjadwalan \(Scheduling\) Pada Sistem Embedded](http://iwan.blog.undip.ac.id), <http://iwan.blog.undip.ac.id>, Januari 2010.
- [17] Setiawan, Iwan, *Model Kinematika Robot Mobile Jenis Differential Drive*, <http://iwan.blog.undip.ac.id>, Januari 2010.



Fatkhul Umam

L2F005535

Lahir di Kebumen. Saat ini sedang menempuh pendidikan strata I di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Konsentrasi Kontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alamsyah, *Pengolahan Citra Digital untuk Sistem Penjejak Sasaran pada Model Roket LAPAN*, Skripsi S-1, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2007.
- [2] Chen, Lee, *Automatic Navigation Of Wifi-Enabled Robot Car Using Video Processing (Video Processing)*, Thesis S-2, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia, 2010.
- [3] Cyberton Solution, *Cara Mudah Menguasai Microsoft C# 2008*, ANDI, Yogyakarta, 2009.
- [4] Fauzan, Isnaini, *Pemetaan Posisi dan Orientasi Kursi Roda Cerdas Berbasis Dead Reckoning*, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2010.
- [5] Hartanto, Budi, *Memahami Visual C#.Net Secara Mudah*, ANDI, Yogyakarta, 2008.
- [6] Hartanto, Budi, *Membuat Program-Program Keren dengan Visual C#.Net Secara Mudah*, ANDI, Yogyakarta, 2009.
- [7] Heryanto, M. Ary dan Wisnu Adi P., *Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATMEGA8535*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2008.
- [8] Kirchof, Andrew, *AForge.Net Help*, <http://www.aforgenet.com>, Januari 2010.
- [9] Kirchof, Andrew, *Lego Pan Tilt Camera and Objects Tracking*, <http://www.aforgenet.com>, Januari 2010.
- [10] Kirchof, Andrew, *Making Step Stereo Vision*, <http://www.aforgenet.com>, Januari 2010.
- [11] Kurnia, Rahmadi, *Penjejak Target Benda pada Gerakan Linier Berdasarkan Warna*, SNATI, Yogyakarta, 2009.
- [12] Kurniawan, kelik, *Pengendalian Ban Berjalan pada Mesin Pamarut Kelapa Menggunakan Kendali PID Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535*, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2008.
- [13] Masrian, *Pengendalian Webcam sebagai Pengawas Ruang dengan Metode Kontrol Fuzzy*, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2008.
- [14] Miftahurrozaq, *Perancangan Sistem Kursi Roda Cerdas Menggunakan Pendekatan Model Fungsional dan Model Tingkah Laku dan Perancangan Perilaku Obstacle Avoidance*, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2010.

Mengetahui dan mengesahkan,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Iwan Setiawan, ST, MT

NIP. 197309262000121001

Darjat, ST, MT

NIP. 197206061999031001

Tanggal: _____

Tanggal: _____