PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ALGORITMA PURWARUPA ROBOT PENEMBAK OTOMATIS (DRU116SGR-V13)

Muhammad Yazid Al Qahar[1], Yusrila Yeka Kerlooza[2]
[1]Teknik Informatika-Universitas Komputer Indonesia
Jl. Dipatiukur 112-114 Bandung
[2]Pascasarjana Sistem Informasi-Universitas Komputer Indonesia
Jl. Dipatiukur 112-114 Bandung
E-mail : yazidnet@gmail.com[1], kerlooza@gmail.com[2]

ABSTRAK

Ketika terjadi perang antar dua negera atau lebih, maka senjata yang canggih saja tidak cukup untuk memenangkan perang tersebut, namun setiap militer dari masing-masing negara juga harus memiliki kesiagaan dan fokus penuh untuk memantau keberadaan musuh. Kesiagaan dan fokus penuh tersebut sangat sulit untuk didapatkan ketika kondisi fisik dari seorang militer sedang dalam keadaan yang tidak baik, kelelahan, atau ketika diharuskan untuk menghadapi musuh dengan jumlah yang sangat banyak.

Kolaborasikan antara senjata, robot dan computer vision dapat menjadi solusi bagi permasalahan tersebut, dimana dapat diciptakan robot penembak yang mampu bekerja secara otomatis yang didukung oleh computer vision sebagai indra pengelihatannya. Robot ini dapat membantu kekurangan dari seorang militer, dan juga dapat memperkecil resiko jatuhnya korban jiwa militer dalam perang.

Model objek yang harus dideteksi oleh robot terdiri dari dua bagian yaitu target diam dan target bergerak. Target diletakkan pada arena 1,5m x 1,5m, dengan warna target putih dan latar belakang berwarna hitam berdasarkan peraturan Robogames 2013 Shooting Gallery Robot di San Mateo, USA. Target memiliki ukuran yang berbeda-beda, ukuran target terbesar berdiameter 3inci (7,62cm) sedangkan ukuran terkecilnya berdiameter 1/2inci (1,27cm).

Robot penembak otomatis ini diuji dengan beberapa Algoritma yang dirancang kemudian dimplementasikan dan diujikan ke purwarupa robot penembak otomatis (DRU116SGR-V13). Pengujian dilakukan untuk mengukur kecepatan, ketepatan, keamanan dan kehandalan robot. Berdasarkan hasil pengujian, robot telah mampu mengenali objek, mengetahui posisi objek, mengarahkan senjata tepat pada objek, dan telah mampu melakukan aksi penembakan terhadap objek tersebut. Tingkat keberhasilan robot dalam menjalankan tugasnya mencapai 96% dari seribu kali percobaan.

Kata kunci : robot penembak otomatis, pengolahan citra, *Shooting Gallery, Robogames 2013*

1. PENDAHULUAN

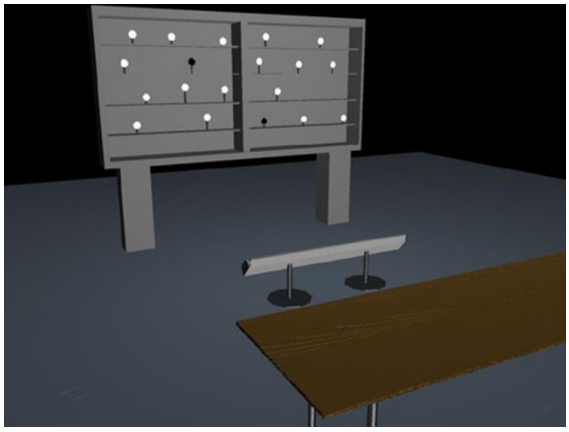
Model objek yang harus dideteksi oleh robot terdiri dari dua bagian yaitu target diam yang dianalogikan sebagai seorang musuh yang sedang diam dan target bergerak yang dianalogikan sebagai seorang musuh yang sedang berjalan atau berlari. Robot juga harus mampu membedakan objek yang harus ditembak dan yang tidak boleh ditembak yang dianalogikan sebagai teman dan musuh, serta robot juga harus mampu mengarahkan senjata dan menembak objek tersebut.

Pada penelitian kali ini, robot yang dibangun masih berbentuk prototype (purwarupa) dari robot dengan ukuran yang sebenarnya yang diharapkan dapat diaplikasikan langsung di medan pertempuran. Baik senjata maupun target tembak yang akan diuji juga akan berupa purwarupa, namun akan tetap memiliki aksi dan bentuk yang hampir menyerupai dari model yang sesungguhnya.

1.1. Batasan Sistem

Batasan masalah diambil dari peraturan pertandingan Robogames 2013 di San Mateo, USA pada kategori Autonomous Shooting Gallery Robot, yaitu secara garis besar sebagai berikut:

1. Objek yang digunakan berupa objek berbentuk lingkaran berwarna putih dan terdapat bercak-bercak dengan latar belakang hitam.
2. Ukuran minimal objek adalah 1,27cm
3. Jarak maksimal pendeteksian adalah 700cm
4. Area pendeteksian tempat objek berada berupa persegi dengan ukuran 150x150 cm
5. Untuk benda bergerak, Arah pergerakan yang dapat dideteksi vertikal dan horizontal tidak diagonal
6. Kecepatan maksimal pergerakan adalah 30cm/s
7. Faktor pencahayaan dibuat ideal.



Gambar 1 Arena Pengujian Robot

1.2. Kecerdasan Buatan

Kecerdasan buatan merupakan cabang ilmu pengetahuan berhubungan dengan pemanfaatan mesin untuk melakukan pekerjaan seperti dan sebaik yang dilakukan oleh manusia. [1] Makin pesatnya perkembangan teknologi menyebabkan adanya perkembangan dan perluasan lingkup yang membutuhkan kehadiran kecerdasan buatan. Berikut merupakan lingkup utama kecerdasan buatan: [1]

a. Sistem pakar (expert system)
b. Pengolahan bahasa alami (natural language processing)
c. Pengolahan suara (speech recognize)
d. Robotika dan sistem sensor (robotic and sensory system)
e. Visi Komputer (computer vision)
f. Tutor Berbasis Komputer Cerdas (Intelligent computer-aided instruction)
g. Game Playing

1.3. Representasi Pengetahuan

Representasi pengetahuan merupakan suatu teknik untuk merepresentasikan pengetahuan yang diperoleh ke dalam suatu skema atau diagram tertentu sehingga dapat diketahui keterhubungan antara suatu data dengan data yang lain. Terdapat beberapa teknik representasi pengetahuan yang bisa digunakan dalam pengembangan sistem kecerdasan buatan, yaitu :

1. Logika
2. Diagram Semantik
3. Pohon
4. Sistem Produksi (Produstion System)
5. Frame
6. Naskah (Script)

Menurut Schank dan Abelson (1997), Script adalah representasi terstruktur yang menggambarkan urutan stereotip dari kejadian-kejadian dalam sebuah konteks khusus. Script mirip dengan frame, perbedaannya yaitu frame menggambarkan objek, sedangkan script menggambarkan urutan peristiwa. Dalam menggambarkan urutan peristiwa, script menggunakan serangkaian slot yang berisi informasi tentang orang, objek dan tindakan-tindakan yang terjadi dalam suatu peristiwa. Script memiliki elemen-elemen tipikal sebagai berikut [1]:

a. Kondisi masukan, yaitu menggambarkan situasi yang harus dipenuhi sebelum terjadi suatu peristiwa yang ada dalam script.
b. Track, yaitu mengacu kepada variasi yang mungkin terjadi dalam script tertentu.
c. Role, yaitu mengacu kepada orang-orang yang terlibat dalam script.
d. Prop, yaitu mengacu kepada objek yang digunakan dalam urutan peristiwa yang terjadi.
e. Scene, yaitu menggambarkan urutan peristiwa aktual yang terjadi.
f. Hasil, yaitu kondisi yang ada sesudah peristiwa dalam script berlangsung.

Pada penelitian ini, penulis merepresentasikan pengetahuan robot penembak otomatis ke dalam bentuk naskah (script) karena sifatnya yang terstruktur dan sesuai dengan pengetahuan robot yang juga terstruktur.

1.4. Pengolahan Citra

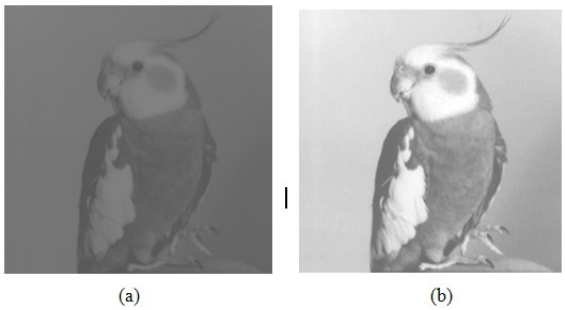
Secara harafiah, citra (image) adalah gambar pada bidang dwimatra (dua dimensi). Ditinjau dari sudut pandang matematis, citra merupakan fungsi menerus (continue) dari intensitas cahaya pada bidang dwimatra. Sumber cahaya menerangi objek, objek memantulkan kembali sebagian dari berkas cahaya tersebut. Pantulan cahaya ini ditangkap oleh oleh alat-alat optik, misalnya mata pada manusia, kamera, pemindai (scanner), dan sebagainya, sehingga bayangan objek yang disebut citra tersebut terekam [3].

1.4.1. Pengertian Pengolahan Citra

Meskipun sebuah citra kaya informasi, namun seringkali citra yang kita miliki mengalami penurunan mutu (degradasi), misalnya mengandung cacat atau derau (noise), warnanya terlalu kontras, kurang tajam, kabur (blurring), dan sebagainya. Tentu saja citra semacam ini menjadi lebih sulit diinterpretasi karena informasi yang disampaikan oleh citra tersebut menjadi berkurang.

Agar citra yang mengalami gangguan mudah diinterpretasi (baik oleh manusia maupun mesin), maka citra tersebut perlu dimanipulasi menjadi citra lain yang kualitasnya lebih baik. Bidang studi yang menyangkut hal ini adalah pengolahan citra (image processing).

Pengolahan citra adalah pemrosesan citra, khususnya dengan menggunakan komputer, menjadi citra yang kualitasnya lebih baik. Sebagai contoh, citra burung nuri pada Gambar 2(a) tampak agak gelap, lalu dengan operasi pengolahan citra kontrasnya diperbaiki sehingga menjadi lebih terang dan tajam (b).



(a) (b)

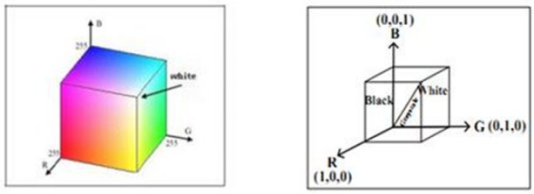
Gambar 2 (a) Citra burung nuri yang agak gelap, (b) Citra burung yang telah diperbaiki kontrasnya

1.4.2. Pengenalan Warna Citra Warna RGB

Warna adalah spektrum tertentu yang terdapat di dalam suatu cahaya sempurna (berwarna putih). Nilai warna ditentukan oleh tingkat kecerahan maupun kesuraman warna. Nilai ini dipengaruhi oleh penambahan putih ataupun hitam [4].

Penelitian memperlihatkan bahwa kombinasi warna yang memberikan rentang paling lebar adalah red (R), green (G) dan blue (B). Ketiga warna tersebut merupakan warna pokok yang biasa disebut RGB. Warna lain dapat diperoleh dengan mencampurkan ketiga warna pokok tersebut dengan perbandingan tertentu. Setiap warna pokok mempunyai intensitas sendiri dengan nilai maksimum 255 (8-bit). Misal warna kuning merupakan kombinasi warna merah dan hijau sehingga nilai RGB: 255 255 0.

RGB disebut juga ruang warna yang dapat divisualisasikan sebagai sebuah kubus seperti gambar 3, dengan tiga sumbunya yang mewakili komponen warna merah (red) R, hijau (green) G, biru (blue) B. Salah satu pojok alasnya yang Sistem Klasifikasi Jenis dan Kematangan Buah Tomat Berdasarkan Bentuk dan Ukuran serta Warna Permukaan Kulit Buah Berbasis Pengolahan Citra Digital berlawanan menyatakan warna hitam ketika R = G = B = 0, sedangkan pojok atasnya yang berlawanan menyatakan warna putih ketika R= G= B= 255 (sistem warna 8 bit bagi setiap komponennya).



Gambar 3 Ruang Warna RGB

Kamera yang digunakan pada robot penembak otomatis ini akan menangkap gambar dari objek dan kemudian merepresentasikannya kedalam bentuk citra warna RGB untuk kemudian dilakukan pengolahan citra tersebut sehingga menghasilkan data-data objek yang dibutuhkan.

1.4.3. Pengenalan Warna Citra Binary

Citra biner (binary image) adalah citra yang hanya mempunyai dua nilai derajat keabuan: hitam dan putih seperti yang ditunjukkan pada gambar 4. Meskipun saat ini citra berwarna lebih disukai karena memberi kesan yang lebih kaya daripada citra biner, namun tidak membuat citra biner mati. Pada beberapa aplikasi citra biner masih tetap dibutuhkan, misalnya citra logo instansi (yang hanya terdiri atas warna hitam dan putih), citra kode batang (bar code) yang tertera pada label barang, citra hasil pemindaian dokumen teks, dan sebagainya [5].

Proses awal yang dilakukan dalam menganalisis objek di dalam citra biner adalah segmentasi objek. Proses segmentasi bertujuan mengelompokkan pixel-pixel objek menjadi wilayah (region) yang merepresentasikan objek. Ada dua pendekatan yang digunakan dalam segmentasi objek:

1. Segmentasi berdasarkan batas wilayah (tepi dari objek). Pixel-pixel tepi ditelusuri sehingga rangkaian pixel yang menjadi batas (boundary) antara objek dengan latar belakang dapat diketahui secara keseluruhan (algoritma boundary following).
2. Segmentasi ke bentuk-bentuk dasar (misalnya segmentasi huruf menjadi garis-garis vertikal dan horizontal, segmentasi objek menjadi bentuk lingkaran, elips, dan sebagainya).

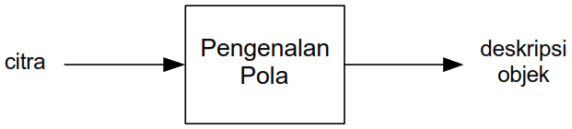


Gambar 4 Citra Biner

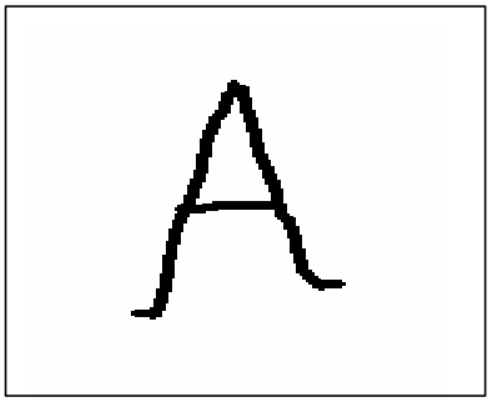
Pada penelitian ini, citra biner digunakan untuk menyimpan hasil pendeteksian objek berdasarkankan warna objeknya. Pemilihan menggunakan citra biner sebagai tempat penyimpanan data sementara untuk mempercepat proses pendeteksian pola objek yang dilakukan berikutnya dikarenakan ukuran memori yang digunakan pada citra biner sangat kecil, yaitu 1 bit (true dan false).

1.4.4. Pengenalan Pola 2 Dimensi

Pengenalan pola adalah mengelompokkan data numerik dan simbolik (termasuk citra) secara otomatis oleh mesin (dalam hal ini komputer). Tujuan pengelompokan adalah untuk mengenali suatu objek di dalam citra. Manusia bisa mengenali objek yang dilihatnya karena otak manusia telah belajar mengklasifikasi objek-objek di alam sehingga mampu membedakan suatu objek dengan objek lainnya. Kemampuan sistem visual manusia inilah yang dicoba ditiru oleh mesin. Komputer menerima masukan berupa citra objek yang akan diidentifikasi, memproses citra tersebut, dan memberikan keluaran berupa deskripsi objek di dalam citra [3].



Contoh pengenalan pola misalnya citra pada Gambar 5 adalah tulisan tangan yang digunakan sebagai data masukan untuk mengenali karakter 'A'. Dengan menggunakan suatu algoritma pengenalan pola, diharapkan komputer dapat mengenali bahwa karakter tersebut adalah 'A'.



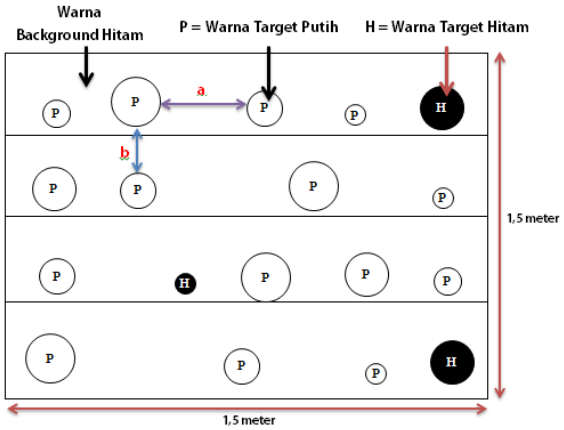
Gambar 5 Pola 2 Dimensi

2. ISI PENELITIAN

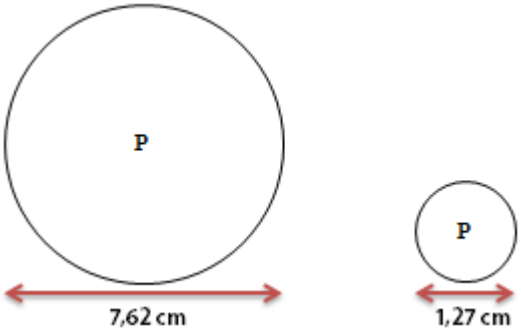
2.1 Analisis Masalah

Sistem yang akan dibangun harus mampu untuk menjatuhkan beberapa target tembak yang diletakkan pada arena yang berukuran 1,5m x 1,5m. Terdapat dua jenis target yaitu target berwarna putih yang merupakan target yang boleh dijatuhkan dan target berwarna hitam yang merupakan target yang tidak boleh dijatuhkan. Latar belakang dari arena target tembak akan diberikan berupa kain yang berwarna hitam sesuai peraturan Robogames 2013 Shooting Gallery Robot di San Mateo, USA.

Target disusun secara acak ketika perlombaan akan dimulai untuk memastikan bahwa robot dapat bekerja secara otomatis dalam pendeteksian targetnya. Masing – masing target memiliki ukuran yang berbeda-beda, ukuran target terbesar berdiameter 3inci (7,62cm) sedangkan ukuran terkecilnya berdiameter 1/2inci (1,27cm). Jarak antar target (a) dan jarak antar baris (b) pada Gambar 6 serta jumlah baris tidak di akan diketahui sebelumnya sampai perlombaan akan dimulai. Gambaran dari bentuk arena target tembak dapat dilihat pada Gambar 6 dan ukuran dari target dapat dilihat pada Gambar 7.

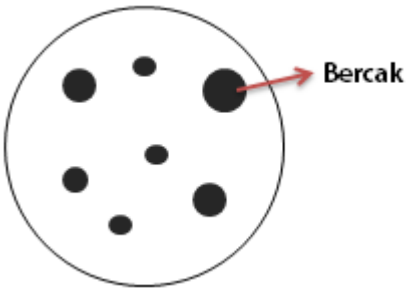


Gambar 6 Arena Target Tembak



Gambar 7 Batas Ukuran Terbesar dan Terkecil Target

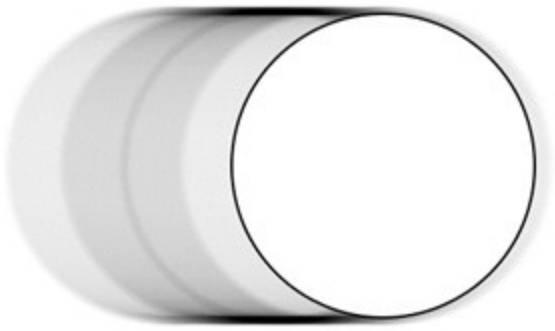
Target yang sediakan tidak akan selalu putih bersih, tetapi akan ada kemungkinan bercak-bercak yang mengotori warna dari target dikarenakan penggunaan target tersebut untuk percobaan atau perlombaan sebelumnya seperti pada Gambar 8.



Gambar 8 Bercak-bercak Pada Warna Target

Selain terdapat beberapa kriteria dari target tembak seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, pada peraturan Robogames 2013 juga akan terdapat

target yang dapat bergerak secara horizontal seperti yang dapat dilihat pada Gambar 9



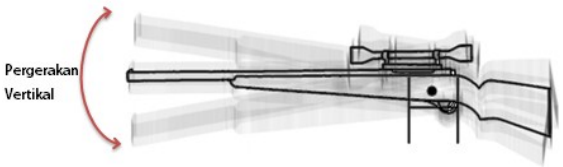
Gambar 9 Target Bergerak

Sistem ini ditujukan untuk dapat menembak semua target putih dan mengabaikan target hitam yang tersedia. Untuk setiap target putih yang ditembak jatuh maka peserta akan memberikan satu poin, tetapi untuk setiap target hitam yang ditembak jatuh maka 5 poin akan dikurangi dari total skor peserta. Pada akhir perlombaan, peserta yang memiliki poin tertinggi yang akan dijadikan juara. Jika terdapat poin yang sama, maka peserta yang memiliki waktu tersingkat untuk menjatuhkan semua target putih tersebut akan menjadi pemenang.
Untuk dapat menembak target yang telah disediakan, maka dibutuhkan robot yang dapat melakukan beberapa fungsi seperti :

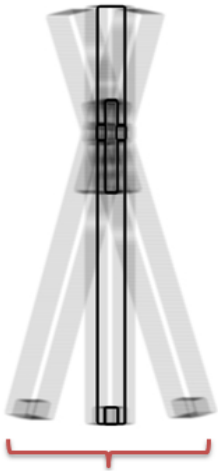
1. Membedakan target yang boleh ditembak dan yang tidak boleh ditembak
2. Membedakan target yang diam dan target yang bergerak
3. Mengarahkan senjata menuju setiap target yang boleh ditembak
4. Menembak target sampai benar – benar jatuh.

2.2. Sistem Pergerakan Robot

Sistem pergerakan robot yang dibutuhkan adalah sistem yang mengatur arah dari pergerakan robot. Sistem ini membutuhkan dua koordinat pergerakan yaitu pergerakan vertikal (atas ↔ bawah) sumbu Y yang ditunjukkan pada gambar 10 dan pergerakan horizontal (kiri ↔ kanan) sumbu X yang ditunjukkan pada gambar 11. Untuk pergerakan diagonal, maka sistem dapat melakukan dua pergerakan secara langsung yaitu pergerakan horizontal dan vertikal secara bersamaan.



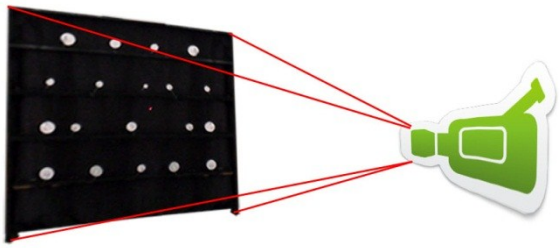
Gambar 10 Arah Pergerakan Vertikal Robot



Gambar 11 Arah Pergerakan Horizontal Robot

2.3.Sensor Kamera

Sensor kamera digunakan untuk mengambil gambar seluruh target dan kemudian gambar tersebut akan dikirimkan ke laptop untuk di olah sehingga menghasilkan data-data dari target seperti ukuran target, serta bentuk dan posisi dari masing-masing target. Untuk dapat penjangkau keseluruhan target pada area target yang diset dengan ukuran 1,5m x 1,5m tersebut, maka kamera harus diletakan ditengah-tengah dari area tersebut untuk menghasilkan gambar yang lebih ideal. Gambar 12 dapat menggambarkan jangkauan dari sensor kamera yang dirancang.



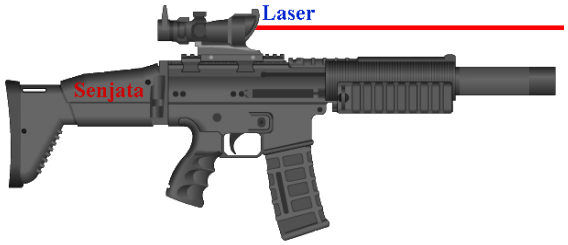
Gambar 12 Jangkauan Sensor Kamera

2.4. Senjata dan Laser

Pada robot penembak otomatis ini, senjata dan laser merupakan komponen yang sangat yang digunakan untuk menjatuhkan target-target yang telah disediakan. Senjata yang digunakan pada robot penembak otomatis ini adalah senjata berjenis Airsoftgun berlaras panjang (Rifle) yang merupakan replika senjata asli namun berukuran hampir sama dengan jenis senjata aslinya.

Pada robot penembak otomatis ini, laser digunakan untuk menunjukan arah dari senjata, sehingga dapat diketahui peluru yang akan meluncur dari senjata tersebut akan jatuh pada posisi yang mana. Laser diletakkan diatas senjata dan sangat dekat dengan senjata dengan tujuan untuk

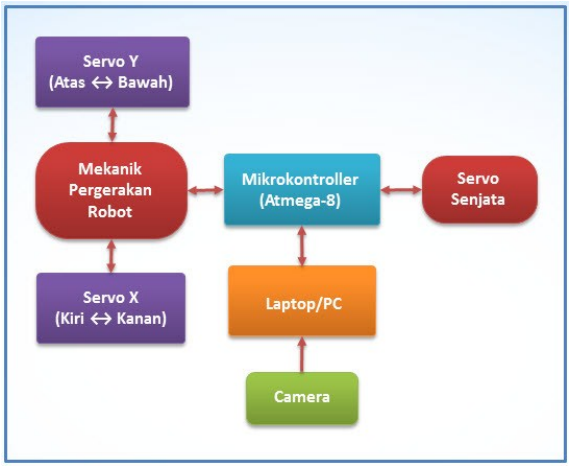
mempermudah melakukan kalibrasi laser terhadap senjata dan untuk memperkecil peluang sudut elevasi yang kemungkinan muncul karena adanya jarak antara arah senjata dan arah dari sinar laser. Gambar 13 dapat menggambarkan posisi laser terdapat senjata yang dirancang untuk robot penembak otomatis ini.



Gambar 13 Rancangan Senjata dan Laser

2.5. Diagram Blok Sistem Kendali

Diagram blok merupakan gambaran sejumlah komponen yang berperan dalam sistem kontrol. Tiap tiap blok terhubung satu sama lain melalui sinyal yang ditransmisikan. Diagram blok robot penembak otomatis (DRU116SGR-V13) dapat dilihat pada Gambar 14.

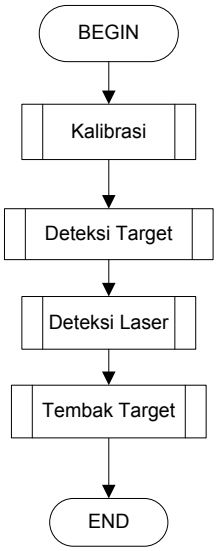


Gambar 14 Diagram Blok Sistem Kendali

Pada mekanik pergerakan robot, akan terdapat dua servo yaitu servo Y yang berfungsi sebagai pergerakan keatas dan kebawah senjata robot, dan servo X yang berfungsi sebagai pergerakan kekiri dan kekanan senjata robot. Mikrokontroler Atmega-8 akan mengontrol pergerakan pada mekanik pergerakan robot serta servo senjata yang berfungsi untuk mengaktifkan senjata ketika dibutuhkan. Mikrokontroler Atmega-9 juga akan dikontrol lagi oleh Laptop/PC yang akan memberikan perintah sesuai dengan hasil pengolahan data gambar yang diperoleh dari kamera.

2.6. Algoritma Utama

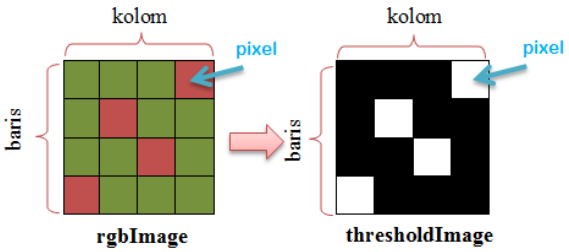
Algoritma utama merupakan algoritma keseluruhan dari tugas – tugas yang harus dilakukan oleh robot penembak otomatis. Algoritma ini dimulai dari tahap mengkalibrasi derajat pergerakan robot, kemudian mengambil gambar dari target yang tersedia dan melakukan pendeteksian target dan laser, hingga tahap yang terakhir adalah melakukan penembakan terhadap semua target yang tersedia. Secara umum, diagram alir algoritma utama ditunjukkan pada Gambar 15.

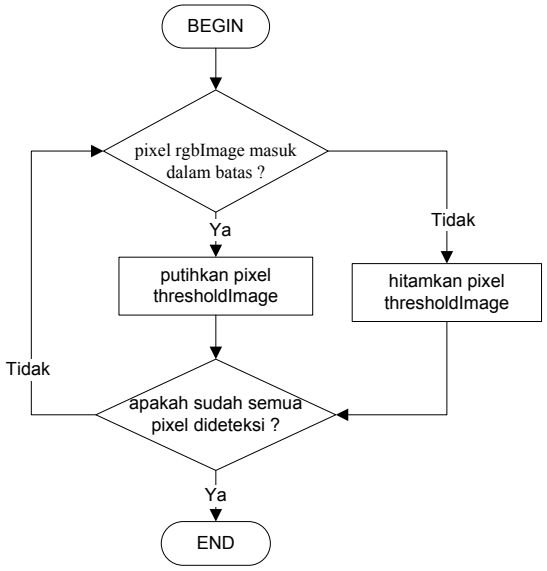


Gambar 15 Diagram Alir Algoritma Utama

2.7. Prosedur Threshold

Prosedur threshold digunakan untuk melakukan segmentasi citra digital RGB (warna) ke dalam citra digital hitam (foreground) dan putih (background) sehingga mempermudah dan mempercepat proses pengolahan gambar. Secara umum diagram alir prosedur threshold ditunjukkan pada Gambar 16.



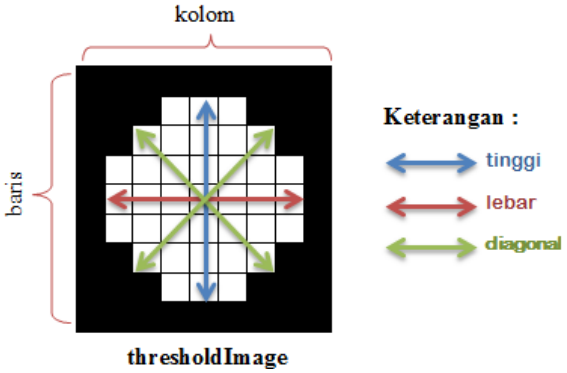


Gambar 16 Diagram Alir Prosedur Threshold

2.8. Algoritma Pendeteksian Pola Target

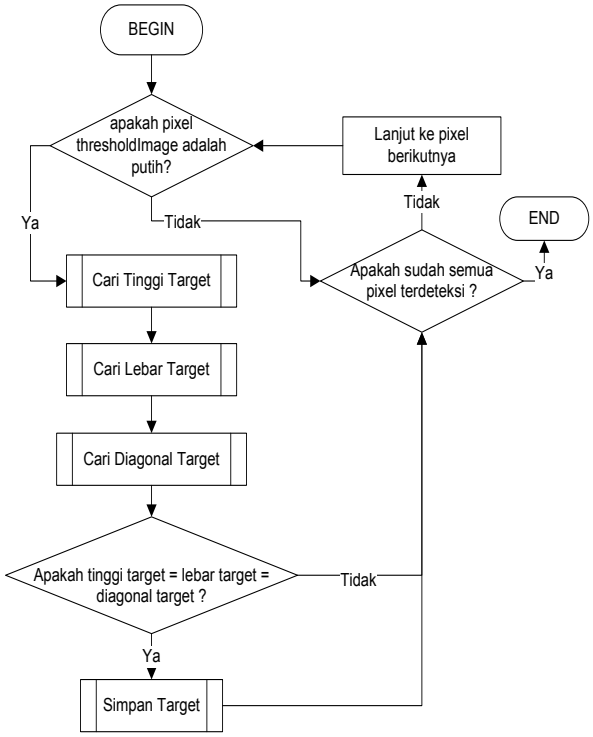
Prosedur deteksi pola target digunakan untuk mendapatkan target yang sesuai dengan pola target yaitu pola bulat dari gambar binary yang sebelumnya telah dilakukan proses thresholding.

Untuk mengenali target bulat, algoritma pendeteksi pola ini akan menggunakan prinsip 8 arah mata angin yang digunakan untuk mendapatkan 8 sudut dari target yang akan dicari. Setelah mendapatkan 8 sudut dari target tersebut, maka langkah selanjutnya yaitu menentukan target yang masuk dalam kategori bulat dengan cara menghitung tinggi, lebar dan diagonal dari target tersebut, jika setiap garis sama panjangnya, maka target tersebut ditetapkan sebagai target bulat yang dicari. Secara umum gambaran teknik pendeteksian pola target bulat ini dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17 Teknik Pendeteksian Pola Target Bulat

Secara umum diagram alir prosedur deteksi pola target ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18 Diagram Alir Prosedur Deteksi Pola Target

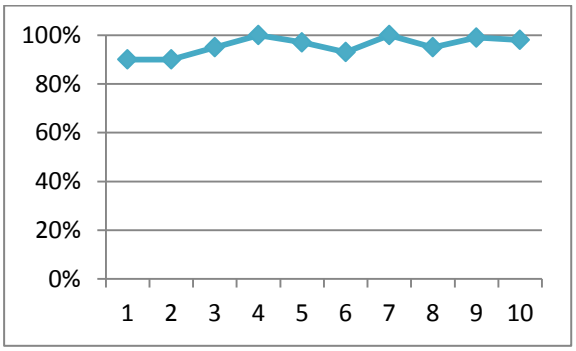
2.9. Pengujian

Pengujian dilakukan untuk meneliti ketepatan, kecepatan, keamanan dan kehandalan robot. Hasil pengujian robot yang dilakukan pada bulan Februari sampai dengan Maret 2013 dapat dilihat pada Tabel 1. Grafik keberhasilan robot dapat dilihat pada Gambar 19.

Tabel 1 Data Keberhasilan Robot

No	Tanggal	Jumlah Pengujian	Jumlah Berhasil	Jumlah Gagal	Waktu Rata-rata Menembak target (detik)	Persentase Keberhasilan
1	3/2/2013-4/2/2013	100	90	10	35	90 %
2	6/2/2013-7/2/2013	100	90	10	30	90%
3	10/2/2013-11/2/2013	100	95	5	31,5	95%
4	13/2/2013-14/2/2013	100	100	0	28	100%
5	17/2/2013-18/2/2013	100	97	3	25	97%

No	Tanggal	Jumlah Pengujian	Jumlah Berhasil	Jumlah Gagal	Waktu Rata-rata Menembak target (detik)	Persentase Keberhasilan
6	22/2/2013-23/2/2013	100	93	7	18	93%
7	27/2/2013-28/2/2013	100	100	0	12	100%
8	2/3/2013-3/3/2013	100	95	5	12	95%
9	5/3/2013-6/3/2013	100	99	1	13	99%
10	8/3/2013-9/3/2013	100	98	2	12	98%



Gambar 19 Grafik Keberhasilan Robot

Rata-rata keberhasilan sudah mencapai diatas 96% seperti yang ditunjukkan pada Gambar 19. Kegagalan terjadi dikarenakan tingkat kecerahan cahaya pada saat pengujian yang tidak selalu konstan yang sangat mempegaruhi tingkat ketajaman saat mengambil gambar dari kamera yang digunakan.

3. PENUTUP

Berdasarkan penelitian, pengujian dan analisa data yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Robot penembak otomatis (DRU116SGR-V13) dapat mendeteksi banyak objek diam beserta posisi dari masing-masing objek tersebut.
2. Robot penembak otomatis (DRU116SGR-V13) dapat mendeteksi banyak objek bergerak beserta arah pergerakan dan kecepatan pergerakan objek tersebut.
3. Robot penembak otomatis (DRU116SGR-V13) dapat mengarahkan senjata tepat pada objek diam maupun bergerak dan menembaknya.
4. Robot penembak otomatis (DRU116SGR-V13) memiliki nilai keberhasilan menjatuhkan banyak target dengan berbagai ukuran yang mencapai 96% dari 1000 kali percobaan dan memiliki kompleksitas algoritma sebesar $O(n^3)$

Berdasarkan kesimpulan yang diuraikan sebelumnya, maka dapat diambil saran-saran sebagai berikut:

1. Robot penembak otomatis masih dapat dikembangkan untuk implementasi kasus nyata.
2. Masih dibutuhkan teknologi alternative lain yang mampu menggantikan kekurangan pada kamera biasa untuk mengurangi keterbatasan jarak pendeteksian terhadap objek.
3. Masih dibutuhkan pengembangan teknologi kaki robot agar dapat berputar 360 derajat.
4. Pengembangan metode yang digunakan pada pengenalan pola dapat menggunakan metode algorimta *machine learing* agar dapat mengenali objek lain yang berbeda tanpa merubah struktur program.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Kusumadewi, Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya). Yogyakarta: Graha Ilmu, 2003.

[2] E. Martiana. (2010) Introduction to Altificial Intelligence. [Online]. http://lecturer.eepis-its.edu/~entin/Kecerdasan%20Buatan/Presentasi/Minggu1%20-%20Introduction%20to%20Artificial%20Intelligence.pdf

[3] R. Munir, Pengolahan Citra Digital. Bandung: Informatika, 2004.

[4] I. T. Digital Library. (2011, Oct.) Pengolahan Warna. [Online]. http://digilib.ittelkom.ac.id/index.php?option=com_content&view=article&id=824

[5] A. Aries. (2013, Sep.) Segmentasi Citra. [Online]. http://aryn-genetika.blogspot.com/2013/01/segmentasi-citra.html

[6] A. Purnama. (2012, May) Elektronika Dasar. [Online]. http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/motor-servo/

[7] N. Kartika. (2013, Feb.) Mikrokontroler. [Online]. http://tikakartikanur.blogspot.com/2013_02_01_archive.html

[8] Liana. (2011, Aug.) Belajar QT Creator. [Online]. http://rumels.blogspot.com/2011/08/blajar-qt-creator-part-1.html

[9] I. Sommerville, Software Engineering. United States: Pearson Education, 2011.