

## **PENGENDALIAN ROBOT LENGAN BERODA DENGAN KAMERA UNTUK PENGAMBILAN OBYEK**

Ahmad Dicky Dzulkarnain<sup>(1)</sup>, Bima Sena Bayu Dewantara<sup>(2)</sup>, A.R Anom Besari<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Komputer, <sup>(2)</sup> Dosen Program Studi Teknik Komputer  
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya – Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya  
Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya 60111

### **ABSTRAK**

Penggunaan robot dalam kehidupan manusia semakin bertambah tiap tahunnya, hal ini karena penggunaan robot dapat membantu meringankan pekerjaan manusia. Dalam proyek akhir ini akan dikembangkan robot mobile yang dapat melakukan tugas yang diberikan, yakni mampu mengambil obyek yang telah ditentukan, penggunaan pengolahan citra juga semakin berkembang dalam teknologi komputerisasi dan juga sangat membantu dalam menyelesaikan tugas manusia, bahkan terkadang sangat sulit dilakukan manusia. Penggunaan dua metode pendeteksian obyek dapat mendukung dari sistim ini untuk menyelesaikan tugas yang diberikan, *template matching* yang digunakan untuk pendeteksian obyek yang telah dipilih, dan *viola-jones* yang digunakan sebagai bantuan untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Hasil pendeteksian yang digunakan untuk *tracking* mencapai 90%, pada rencana pengembangan kedepannya diharapkan munculnya suatu robot yang menerapkan pengolahan citra, untuk diaplikasikan pada kehidupan sehari-hari.

**Kata kunci :** *pengolahan citra, robot lengan, autonomus mobile robot(amr), templat matching, viola-jones, invers kinematics*

### **1. PENDAHULUAN**

Banyaknya penggunaan kamera digital sebagai alat pendukung dalam hal-hal keseharian manusia, tak luput dari maraknya penelitian pengembangan dari metode pengolahan citra digital, mulai dari bidang robotika, medis, keamanan serta *entertainment*.

Dalam bidang perindustrian pemanfaatan robot sangat banyak dilakukan, penggunaan robot berdasarkan dari sifat robot itu sendiri yang tidak mengenal lelah, dan memiliki toleransi kesalahan yang kecil, sehingga sangat bagus untuk meningkatkan daya produktifitas industri. Dalam industry perakitan mobil misalnya, robot lengan mempunyai andil yang sangat besar, dimana robot lengan ini dimanfaatkan untuk melakukan tugas-tugas yang apabila dilakukan manusia akan lambat ataupun sangat berbahaya. Banyak terjadi kecelakaan kerja yang dihasilkan dari kelalaian manusia. Hal ini dikarenakan dalam bekerja manusia mempunyai tingkat kejenuhan serta tingkat kelelahan, hal ini menyebabkan meningkatnya *human error* yang dihasilkan, yang akan berimbas pada tingkat produktifitas suatu industry.

Dalam proyek akhir ini penulis lebih mengembangkan pengolahan citra dalam sub bidang robotika, dimana diaplikasikan dalam pengendalian robot lengan yang digunakan dalam pengambilan suatu obyek. Penggunaan kamera sebagai sensor yang akan memberikan input berupa gambar bergerak.

Pengolahan citra akan di manfaatkan sebagai metode pengenalan obyek, yang selanjutnya obyek akan di identifikasikan sehingga

robot dapat mengunci keberadaan obyek, antara lain dari sisi letak obyek terhadap robot, memanfaatkan metode *viola jones* sebagai metode identifikasi obyek. Setelah obyek teridentifikasi, maka robot akan bergerak ke obyek, dalam jarak yang telah ditentukan antara obyek dan robot, selanjutnya kamera digunakan sebagai sensor dari pengendalian robot lengan, mulai dari posisi dari letak lengan sampai dengan keadaan *end effector / gripper*.

### **2. LATAR BELAKANG**

Penelitian mengenai pengolahan citra dan pengaplikasiannya semakin marak, terutama pengaplisannya dalam bidang robotika, sehingga muncullah subbab pegolahan citra dalam bidang robotika, yakni *robot vision*. Penelitian ini memadukan dua metode pengenalan obyek, yakni *template matching* dan *viola-jones*. Dalam penyelesaian tugas untuk pengambilan obyek yang telah didefinisikan maka digunakan robot lengan yang digerakkan dengan menggunakan *invers kinematic*,

Tugas yang diberikan pada robot adalah mengambil obyek yang telah di definisikan, dimana dalam penelitian ini dibatasi tiga obyek yang memiliki kemiripan, obyek yang akan diambil adalah yang telah didefinisikan oleh user dan akan digunakan sebagai template dalam pengenalan menggunakan *template matching*, yang akan menghasilkan nilai titik tengah yang digunakan sebagai acuan untuk robot dalam bergerak. Selanjutnya dalam orientasi piksel yang dideteksi sesuai dengan ukuran templatnya akan dilakukan

pendeteksi wajah sebagai alat bantu mengetahui jarak yang akan digunakan sebagai ukuran jarak robot dengan obyek.

Penggunaan dua metode itu adalah memakan *source processor* yang besar, hal ini menjadikan pengolahan menjadi sedikit berat, sehingga diharuskan dalam penggunaan dua metode ini menggunakan komputer yang mempunyai prosesor yang bagus, seperti teknologi prosesor berinti ganda.

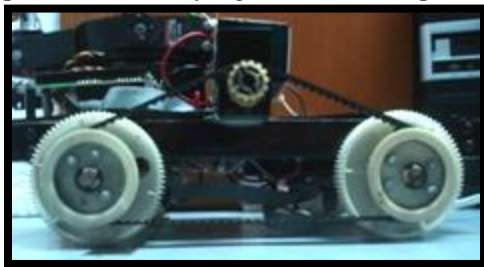
### 3. PERANCANGAN SISTEM

Secara garis besar penelitian ini terdiri dari dua bagian besar, yakni proses yang dilakukan oleh software pada komputer dalam mengolah citra yang di berikan, selanjutnya proses dalam mikrokontroler yang akan menerjemahkan perintah dari komputer dan akan meneruskan pada aktuator dalam melakukan pengambilan obyek; roda sebagai aktuator yang akan menggerakkan robot untuk mendekati obyek, dan robot lengan yang digunakan untuk pengambilan obyek.

#### 3.1 Pembuatan Mekanik Robot

Pembuatan mekanik atau pembuatan robot ditentukan dari tugas dari robot, seperti halnya robot lain robot ini bertipe gerak *differential* mempunyai empat roda, dua bagian kanan dan dua pada bagian kiri, setiap bagian dihubungkan dengan *v-belt* yang membuat roda depan dan belakang pada tiap bagian bergerak dalam arah yang sama.

Robot keseluruhan akan membawa robot lengan, kamera baterai, dan rangkaian pendukungnya, oleh karena itu robot menggunakan motor dc yang memiliki torsi besar, sehingga robot tidak akan terlalu dipengarui oleh beban yang ditanggung, begitupun roda yang dibuat bergerigi yang memberikan daya cengkram yang baik pada permukaan lunak yang tidak rata sekalipun.

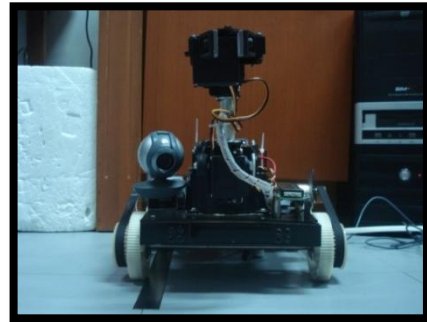


Gambar 1. Sistem penggerak robot.



Gambar 2. Robot lengan

Penggunaan yang mempunyai berat 650gram menjadikan frame robot yang kuat dan tebal.



Gambar 3. Robot tampak depan

#### 3.2 Proses Pengenalan obyek

Pada proses ini obyek akan di seleksi secara *online*. Jadi template akan berisi oleh gambar yang sesungguhnya pada kondisi saat itu juga, template yang diberikan akan disimpan dalam file template, selanjutnya akan dilakukan perhitungan *template matching* dengan perhitungan pendekatan nilai korelasi, ketika titik piksel yang dicari dengan luas template yang diberikan akan memberikan nilai yang kecil dibandingkan dengan nilai korelasi yang sebelumnya maka nilai posisi piksel akan ditandai, tanda akan digunakan sebagai titik dimana obyek berada.

Pencarian nilai korelasi dapat dilakukan dengan persamaan berikut.

$$R(x,y) = \frac{\sum_{x,y} (T(x',y') - I(x+x',y+y'))^2}{\sqrt{\sum_{x,y} T(x',y')^2 \times \sum_{x,y} I(x+x',y+y')^2}}$$

Persamaan 3.1 Korelasi piksel

Dimana.

- T = *grayscale* template image
- I = *grayscale* image *search window*
- x' = *gray* piksel x pada template
- y' = *gray* piksel y pada template
- x = *gray* piksel x pada image
- y = *gray* piksel y pada image

Jika terdapat nilai korelasi yang lebih kecil dari nilai korelasi yang sebelumnya, maka nilai dari x,y yang disimpan sebagai penanda letak image yang ditemukan akan diperbaharui sesuai pada letak piksel yang dicari. Nilai dari korelasi akan dinormalisasi, sehingga data tidak akan terlalu besar.

Nilai x,y yang telah ditentukan sebagai titik posisi awal, digunakan sebagai nilai posisi awal tempat deteksi obyek yang dicari, dan akan diberikan tanda berupa kotak berwarna biru, dimana perumusannya adalah:

Lebar = x + lebar template  
Tinggi = y + tinggi template

Persamaan 3.2 kondisi kotak penanda

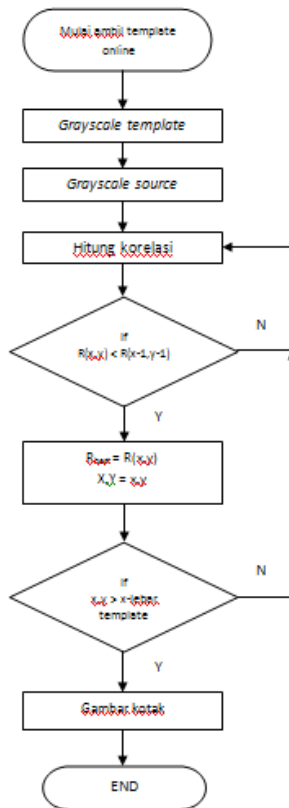
syarat yang diharuskan dalam *template matching*

1. Besar image yang akan di lakukan pencarian ( *search window* ) harus lebih besar atau minimal sama dengan besar image yang akan dicari (*template*).
2. Minimal lebar dan tinggi image :
  - Lebar = Lebar(image) – lebar(template) + 1
  - Tinggi = Tinggi(image) – lebar(template) + 1

Dari persamaan tersebut didapatkan bahwa ukuran dari template tidak akan berubah-ubah, sehingga menjadikan metode *template matching* tidak bisa digunakan dalam pengukuran jarak obyek dari robot. Untuk pengukuran jarak obyek dari robot menggunakan metode *viola-jones* yang akan mendeteksi wajah yang telah diletakan pada obyek yang telah di templatkan.



Gambar 4. Obyek yang dijadikan template



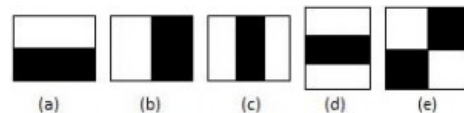
Gambar 5 Diagram alir template matching

Dalam setiap perubahan frame yang telah dideteksi template akan diperbaharui secara otomatis, hal ini dimaksudkan agar template dapat sesuai dengan kondisi yang paling terbaru dari jendela pencarian, karena jika tidak diperbarui maka template tidak akan dapat mewakili dari kondisi saat itu, jika obyek di dekatkan atau dijauhkan, karena *template matching* sangat sensitif dengan template yang diberikan, jika terjadi perbedaan yang signifikan dengan template maka obyek tidak akan terdeteksi, walaupun itu berbeda dalam ukuran.

Langkah selanjutnya adalah pencarian obyek berupa gambar wajah dalam daerah kotak yang telah dijadikan template. Hal ini sangat membantu karena menjadikan proses pencarian wajah menjadi cepat, karena bidang pencarian menjadi lebih kecil yakni hanya seukuran dari template saja.

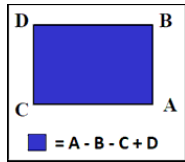
Algoritma Viola-Jones merupakan algoritma yang paling banyak digunakan untuk mendeteksi wajah. Proses pendeteksian wajah dilakukan dengan mengklasifikasikan sebuah gambar setelah sebelumnya sebuah pengklasifikasi dibentuk dari data latih. Data latih yang digunakan oleh algoritma ini berjumlah 5000 citra wajah dan 9400 citra non-wajah sehingga menghasilkan akurasi sistem sebesar 95% dengan data positif salah sebesar 1 : 14084.

Klasifikasi citra dilakukan berdasarkan nilai dari sebuah fitur. Penggunaan fitur dilakukan karena pemrosesan fitur berlangsung lebih cepat dibandingkan pemrosesan citra perpixel. Terdapat 3 jenis fitur berdasarkan jumlah persegi panjang yang terdapat di dalamnya, seperti yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 6. Fitur dari Haar filter

Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa fitur (a) dan (b) terdiri dari dua persegi panjang, sedangkan fitur (c) dan (d) terdiri dari tiga persegi panjang dan fitur (e) empat persegi panjang. Cara menghitung nilai dari fitur ini adalah mengurangi nilai piksel pada area hitam dengan piksel pada area putih. Untuk mempermudah proses penghitungan nilai fitur, algoritma Viola-Jones menggunakan sebuah media berupa citra integral.

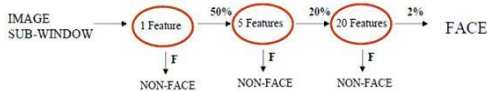


Gambar 7. Area perhitungan citra integral

Permasalahan yang terdapat dalam penghitungan fitur ini adalah Viola – Jones memiliki 60.000 jenis fitur yang berbeda. Jumlah ini terlalu besar sehingga tidak mungkin dilakukan penghitungan untuk semua fitur. Hanya fitur-fitur tertentu sajalah yang dipilih untuk diikutsertakan. Pemilihan fitur-fitur ini dilakukan menggunakan algoritma Ada-Boost.

Algoritma Ada-Boost berfungsi untuk mencari fitur-fitur yang memiliki tingkat pembeda yang tinggi. Hal ini dilakukan dengan mengevaluasi setiap fitur terhadap data latih dengan menggunakan nilai dari fitur tersebut. Fitur yang memiliki batas terbesar antara wajah dan non-wajah dianggap sebagai fitur terbaik.

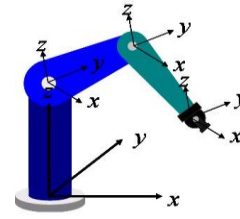
Karakteristik dari algoritma Viola-Jones adalah adanya klasifikasi bertingkat. Klasifikasi pada algoritma ini terdiri dari 3 tingkatan dimana tiap tingkatan mengeluarkan subcitra yang diyakini bukan wajah. Hal ini dilakukan karena lebih mudah untuk menilai subcitra tersebut bukan wajah ketimbang menilai apakah subcitra tersebut berisi wajah. Di bawah ini adalah alur kerja dari klasifikasi bertingkat.



Gambar 8 klasifikasi bertingkat

Pada klasifikasi tingkat pertama, tiap subcitra akan diklasifikasi menggunakan satu fitur. Klasifikasi ini kira-kira akan menyisakan 50% subcitra untuk diklasifikasi di tahap kedua. Seiring dengan bertambahnya tingkatan klasifikasi, maka diperlukan syarat yang lebih spesifik sehingga fitur yang digunakan menjadi lebih banyak. Jumlah subcitra yang lolos klasifikasi pun akan berkurang hingga mencapai jumlah sekitar 2%.

Kinematika balik adalah salah satu cara perhitungan dalam kinematika robot lengan, dimana akan menghasilkan nilai sudut yang di peroleh dari perhitungan nilai titik akhir yang diinginkan (*end effector*). Hasil dari perhitungan berupa satuan sudut yang akan dikerjakan oleh tiap derajat kebebasan (*DOF*).



Gambar 9 Unsur kinematika dan dinamika robot lengan

$$P_y = Y_3 - (L_3 \times \sin(\theta_3))$$

$$P_x = X_3 - (L_3 \times \cos(\theta_3))$$

$$\theta_2 = \frac{\cos^{-1}(P_x^2 - P_y^2 - L_1^2 - L_2^2)}{2L_1 \times L_2}$$

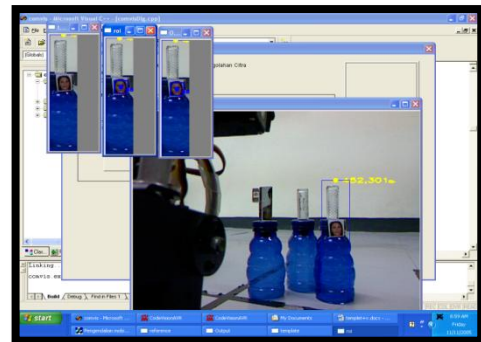
$$\theta_1 = \frac{\tan^{-1}\left(\frac{P_y}{P_x}\right) - \tan^{-1}(L_2 \times \sin(\theta_2))}{L_1 - (L_2 \times \cos(\theta_2))}$$

$$\theta_3 = \theta_3 - \theta_2 - \theta_1$$

Persamaan 2.2 kinematika balik 3 derajat kebebasan

#### 4 UJI COBA DAN ANALISA

Pengujian dilakukan dalam keadaan ideal, dalam artian cahaya lampu dan kondisi permukaan normal, pengujian bertujuan menguji metode dalam melakukan tugas yang dikerjakan.



Gambar 10. Hasil deteksi *template matching* dan *viola-jones*

Penggunaan obyek yang akan deteksi adalah berbentuk seperti pada gambar 4, dengan penambahan foto wajah berukuran 3x4 cm.

Table 1. Data pengujian terhadap jarak

Jarak(cm)	Template matching	Viola-jones
20	√	√
25	√	√
30	√	√
35	√	√
40	√	√
45	√	√
50	√	√
55	√	X
60	√	X

65	√	X
70	X	X

Dari hasil pengujian diatas didapat bahwa jarak tidak banyak berpengaruh pada *template matching* karena template diperbaharui secara berkala sejalan dengan perubahan frame. Sebaliknya dengan *viola-jones*, metode ini berpengaruh pada jarak, dikarenakan pada jarak yang jauh gambar wajah yang ada pada obyek menjadi kecil, menjadi lebih kecil dari fitur haar yang dibuat dan lebih kecil dari ukuran dari image wajah yang telah dibelajarkan.

Hal yang memungkinkan hilangnya hasil pendeteksian adalah ketika saat pergantian frame, dan tepat pada posisi robot bergerak, maka frame yang dihasilkan akan menjadi buram karena *blur* yang timbul. Sehingga akan menjadikan kesalahan dalam pendeteksian, karena itu penggunaan dari kamera yang baik sangat berpengaruh pada hasil penggunaan *tracking* obyek.

Tegangan dan arus baterai yang digunakan juga berpengaruh pada keberhasilan, karena pergerakan robot menjadi lebih pelan dan sering terjadi error ketika mengambil obyek.

Kecepatan prosesor juga mempengaruhi dari keberhasilan, pasalnya semua arah dan pergerakan mengambil dari perhitungan dari pendeteksian obyek pada pengolahan citra. Ketika perhitungan dari prosesor lambat karena *source* prosesor yang kecil akan berefek pada pengiriman perintah yang lambat, dan robot akan terlalu berbelok misalkan, dan robot akan kehilangan benda yang dideteksi pada *search window*.

## 5. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, penggunaan metode ini yang secara bersamaan akan menghasilkan nilai yang cukup bagus untuk digunakan sebagai alat penunjuk arah pada robot, jika penggunaannya dihubungkan dengan menggunakan kontrol maka robot akan menjadi sangat baik. Untuk masalah hilangnya obyek yang dideteksi dapat dilakukan dengan penandaan posisi terakhir dari obyek, jika posisi terakhir ada pada sebelah kiri, maka robot seharusnya bergerak kearah kanan, begitupun

sebaliknya. Keberhasilan metode ini menjadikan teknik pencocokan korelasi dapat digunakan dalam pendeteksian obyek, tetapi dalam penggunaan untuk *tracking* kurang bagus, dikarenakan proses perhitungan harus dilakukan pada semua piksel *source* yang tersedia.

## REFERENSI

- [1] Bastian Leibe, Konrad Schindler, Luc Van Gool.2008." *Coupled Detection and Trajectory Estimation for Multi-Object Tracking*". ETHZurich,Switzerland.
  - [2] Erhan Çokal, Abdülkadir Erden.2006." *Development of an Image Processing System for a Special Purpose Mobile Robot Navigation*". Middle East Technical University, Turkey
  - [3] Fahad Fazal Elahi Guraya,Pierre-Yves Bayle,Faouzi Alaya Cheikh.2009." *People Tracking via a Modified VIOLA JONES*". Department of Computer Science and Media Technology,GjovikUniversity College Gjovik.Norway.
  - [4] Garry Bradski, Adrian Kaehler.2008." *Learning OpenCV*". O'Reilly Media.
  - [5] Lauw Lim Un Tung, res mana lim,budiman lewa.2002. " *robot mobile dengan sensor kamera untuk menelusuri jalur pada maze*". Yogyakarta
  - [6] Mehmet Serdar Guzel.2009." *Mobile Robot Navigation using a Vision Based Approach*". School of Mechanical and Systems Engineering Newcastle University.
  - [7] Resmana Lim, Yulia, Roy Otniel Pantouw." *pelacakan dan pengenalan wajah menggunakan webcam & metode gabor filter*". Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Informatika – Universitas Kristen Petra.
  - [8] Sigit Riyanto, achmad basuki.2006. " *indicator music melalui ekspresi wajah*". Surabaya.
  - [9] Wibowo Wahyu tri.2006. " *identifikasi isyarat tangan untuk aplikasi robot gegana*". Surabaya.Tugas Akhir.
- Budiarto Widodo.2010. " *deteksi dan tracking obyek buatan XML berbasis openCV*". Ilmukomputer.