

## ROBOT CERDAS PEMADAM API MENGGUNAKAN PROYEKSI INTEGRAL

**Setiawardhana, Riyanto Sigit, Dadet Pramadihanto**

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya  
Kampus ITS Keputih Sukolilo Surabaya 60111, Indonesia  
Tel: +62-31-5947280 Fax: +62-31-5946114  
E-mail: setia@eepis-its.edu, setiadhana@yahoo.com

### ABSTRAKSI

Salah satu masalah manusia yang paling sering dihadapi adalah masalah keamanan dalam pekerjaan. Kebakaran merupakan suatu masalah yang penanganannya membutuhkan pengorbanan dan tidak jarang membahayakan bagi tim penyelamat itu sendiri. Dalam hal ini, robot dapat berfungsi sebagai pengganti peran manusia dalam menjalankan pekerjaan yang sangat rawan bagi keselamatan manusia. Pada penelitian ini mengambil contoh permasalahan kebakaran rumah untuk disimulasikan karena permasalahan ini merupakan permasalahan sehari-hari yang paling sering dihadapi. Fungsi robot disini adalah mengantisipasi kebakaran secara dini dengan mematikan sumber api. Prosesnya adalah pengambilan citra secara otomatis dengan melakukan thresholding sehingga diperoleh citra yang hanya mempunyai dua nilai derajat keabuan yaitu hitam dan putih, melakukan proyeksi integral untuk mencari daerah atau lokasi dari objek gambar yang berbeda, melakukan differensial terhadap hasil integral proyeksi, sehingga didapatkan tingkat perbedaaan antar baris (dari 0 - 255), dipakai dalam memandu navigasi robot dan menghindari halangan, juga dapat mendeteksi belokan dan menentukan arah gerak.

Diharapkan dengan proses diatas dapat membuat robot otomatis untuk menyelesaikan beberapa tugas yang diadopsi dari tema Kontes Robot Cerdas Indonesia 2006, yaitu "Robot Cerdas Pemadam Api".

**Kata kunci:** real time, thresholding, proyeksi integral, differensial.

### 1. PENDAHULUAN

Setiap tahun di Indonesia ada lomba robot cerdas antar universitas yang dikenal dengan Kontes Robot Cerdas Indonesia atau KRCI. Lomba ini bertujuan untuk membuat robot yang dapat mengenali setiap ruangan yang ada pada rumah, mencari api lilin pada salah satu ruangan, dan dapat memadamkan api lilin tersebut. Adapun sasaran dari lomba ini adalah membuat robot cerdas sebagai media pengembangan dalam dunia pendidikan [1,2,3].

Pada umumnya untuk menemukan api lilin dengan cara mengenali dinding secara otomatis menggunakan ultrasonic sehingga dapat mendeteksi dinding [4] seperti yang telah dilakukan oleh Lynette, Daniel, Kristen, Maxim [4] yaitu mendeteksi dinding dengan ultrasonic, menemukan posisi belokan dengan menggunakan ultrasonic [4] seperti yang telah dilakukan oleh Lynette, Daniel, Kristen, Maxim [4] yaitu mendeteksi belokan dengan ultrasonic dan menemukan api lilin menggunakan flame detector [4], CMUcam [3] seperti yang telah dilakukan oleh Lynette, Daniel, Kristen, Maxim [4].

Di samping kelebihan terdapat beberapa kelemahan dari sistem yang ada sekarang ini yaitu:

- Pada umumnya sistem pengenalan dinding menggunakan banyak ultrasonic
- Pada umumnya harga dari beberapa ultrasonic lebih mahal dibandingkan dengan satu kamera
- Pada umumnya harga flame detector lebih mahal dibandingkan dengan satu kamera
- Ketelitian dari ultrasonic dan flame detector lebih rendah dibandingkan dengan kamera

- Proses pengolahan citra dengan CMUcam lebih rendah dari webcam

Berangkat dari kelemahan-kelemahan tersebut diatas maka peneliti mengusulkan membuat sistem yang dapat:

- Mengenali dinding secara otomatis dengan kamera
- Mengenali belokan secara otomatis dengan kamera
- Mengenali lilin secara otomatis dengan kamera

Hal yang pernah dilakukan sebelumnya oleh Ardila, Fernando [8] dalam Robot Pemadam Api PENSA mobile, maka kami melakukan pengembangan dengan menggunakan kamera webcam untuk menggantikan fungsi ultrasonic dan flame detektor.

Menentukan posisi adanya belokan dengan cara mengubah citra warna menjadi biner, melakukan proyeksi integral yang yang digunakan pada aplikasi ekspresi wajah oleh saxena, A.Anand, A.Mukerjee [9] dan melakukan proyeksi differensial [9] untuk aplikasi robotika.

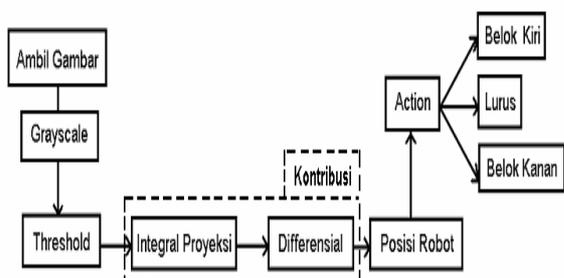
Menentukan posisi api lilin dengan cara segmentasi berdasarkan warna yang telah dilakukan oleh Bruce, Veloso [5] dan ekspresi wajah oleh Z.Zang [6] dan Saxena [9] digunakan untuk aplikasi robotika. Secara garis besar prosesnya adalah mencari jarak dinding dengan cara mengubah citra warna menjadi biner, melakukan proyeksi integral, pengembangan dari ekstraksi ciri wajah, Haiyuan Wu, Taro Yokoyama, Dadet Pramadihanto,

Masahiko Yachida[10], melakukan proyeksi differensial [10] digunakan untuk aplikasi robotika.

Berangkat dari hal tersebut maka dalam penelitian ini melakukan kontribusi di beberapa bagian, mencoba menyelesaikan permasalahan pada KRCI [1], dengan mengembangkan sistem dengan menggantikan beberapa sensor dengan webcam[4,5], dan mengaplikasikan yang ada pada pengolahan citra pada ekspresi wajah [6,7,8,9,10] untuk aplikasi robotika.

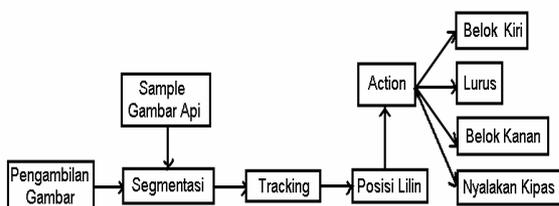
## 2. DISAIN SISTEM

Secara garis besar sistem navigasi robot cerdas pemadam api yang dirancang adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Navigasi Robot

Secara garis besar sistem pengenalan api lilin pada robot cerdas pemadam api yang dirancang adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Blok Diagram Sistem Pengenalan Api Lilin

### a. Menentukan Arah Gerak Robot

Arah gerak robot miring kiri,kanan dan lurus dapat ditentukan dengan cara thresholding, proyeksi integral, differensial.

Citra Biner atau Threshold adalah citra yang hanya mempunyai dua nilai derajat keabuan yaitu hitam dan putih. Pixel-pixel objek bernilai "1" dan pixel-pixel latar belakang bernilai "0".

Konversi Citra Hitam-Putih ke Citra Biner dilakukan dengan operasi pengambangan (*thresholding*). Operasi ini mengelompokkan nilai derajat keabuan setiap pixel ke dalam 2 kelas, hitam dan putih. Pada citra hitam-putih terdapat 256 level, artinya mempunyai skala dari "0" sampai "255" atau [0, 255], yang dalam hal ini nilai intensitas 0 menyatakan hitam, dan nilai intensitas 255 menyatakan putih, dan nilai antara 0 sampai 255 menyatakan warna keabuan yang terletak antara hitam dan putih.

0 → Hitam  
255 → Putih

Setiap pixel di dalam citra dipetakan ke 2 nilai, "1" atau "0" dengan fungsi pengambangan :

$$f_B(i, j) = \begin{cases} 1, & f_G(i, j) \leq T \\ 0, & \text{lainnya.} \end{cases}$$

dimana:

$f_B(i, j)$  = Citra hitam-putih

$f_G(i, j)$  = Citra biner

T = Nilai ambang yang dispesifikasikan

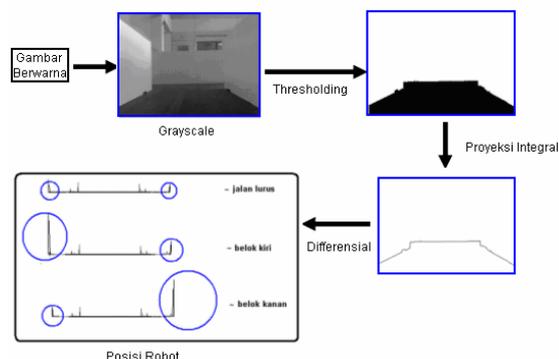


Gambar 3. Gambar Citra Biner

Integral proyeksi adalah metode yang digunakan untuk mencari daerah atau lokasi dari objek. Metode ini dapat digunakan untuk mendeteksi batas dari daerah gambar yang berbeda, sehingga kita bisa mencari daerah lokasi wajah dan feature-featurenya.

Metode ini juga bisa disebut dengan integral baris dan kolom dari pixel, karena integral ini menjumlahkan pixel per baris dan pixel per kolom. Dari metode ini kita akan dengan mudah untuk menemukan daerah lokasi object yang kita perlukan.

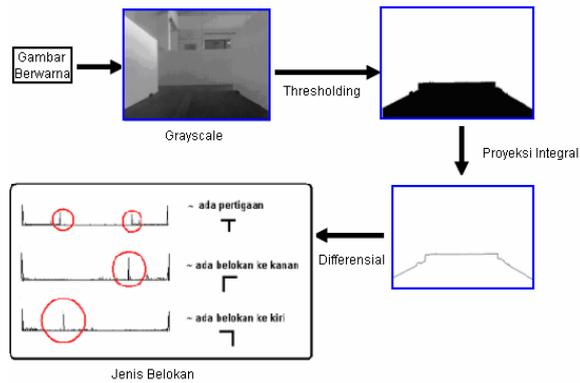
Differensial merupakan turunan pertama pada hasil integral proyeksi, sehingga didapatkan tingkat perbedaan antar baris (dari 0-255). Inilah yang dipakai dalam memandu navigasi robot dan menghindari halangan.



Gambar 4. Menentukan arah gerak atau teknik berjalan robot, ke kiri, ke kanan atau lurus

### b. Menentukan Jenis Belokan

Jenis belokan robot yaitu belokan ke kiri, ke kanan dan adanya pertigaan dapat ditentukan dengan cara thresholding, proyeksi integral, differensial.

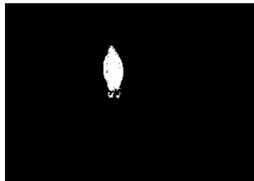


**Gambar 5.** Menentukan jenis belokan robot, belok ke kiri, belok ke kanan atau ada pertigaan

**c. Mendapatkan Lokasi Lilin Otomatis**

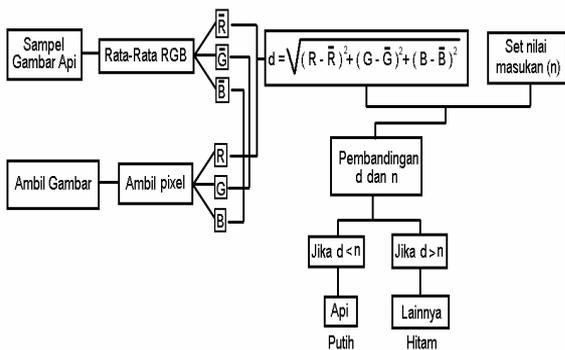
Untuk mendapatkan lokasi api lilin dilakukan dengan cara segmentasi dengan mencari rata-rata RGB dan tracking dengan cara proyeksi integral.

Segmentasi merupakan proses untuk memisahkan objek yang kita ambil dengan latar belakang menggunakan teknik pengelompokan (*clustering*) warna-warna yang mendekati warna objek yang kita tentukan.



**Gambar 6.** Segmentasi Api pada Gambar

Adapun blok diagram segmentasi api lilin adalah:

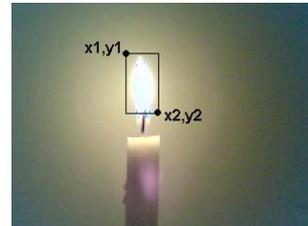


**Gambar 7.** Blok Diagram Segmentasi Api lilin

Proses tracking adalah sebuah proses penjajakan dari setiap titik-titik fitur. Pertama dibuat template dari titik yang akan di track. Biasanya titik template ini berasal dari titik-titik fitur yang ada di frame 1. Setelah mendapatkan templatnya maka selanjutnya dicari dimana posisi dari titik tersebut di frame kedua. Cara seperti ini biasa disebut dengan Template Matching.

**d. Mendapatkan Jarak Api Lilin Otomatis**

Untuk mendapatkan jarak api lilin dilakukan dengan cara segmentasi dengan mencari rata-rata RGB dan tracking dengan cara proyeksi integral, kemudian menentukan luasan area yang dapat ditentukan juga jarak api lilin terhadap robot dengan penskalaan terhadap nilai  $| (X1, Y1) (X2, Y2) |$



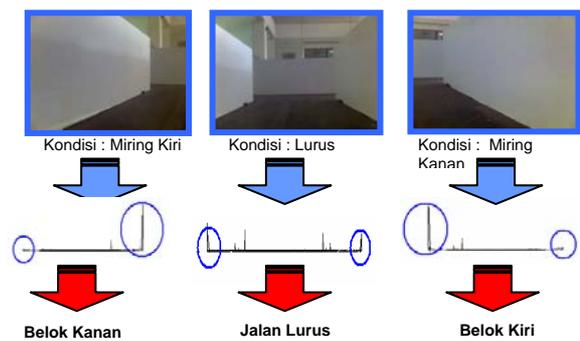
**Gambar 8.** Mendapatkan Jarak Api Lilin

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada penelitian ini data diambil dilaboratorium PENS-ITS secara online. Data berupa gambar online yang di capture kemudian disimpan. Data diambil pada lapangan robot KRCI yang ada yaitu pada tiga kondisi yang akhirnya dapat menghasilkan keputusan untuk teknik gerakan robot yaitu kekiri, kekanan dan lurus dan juga pada tiga belokan yaitu belokan kekiri, kekanan dan pertigaan, juga terhadap api lilin.

**a. Tahap Pengujian Arah Gerak Robot**

Pada pengujian arah gerak robot diambil data berdasarkan gambar ruang yang ada pada lapangan robot, adapun berbagai kondisi dari lapangan yaitu kondisi robot miring kiri, kanan atau lurus.

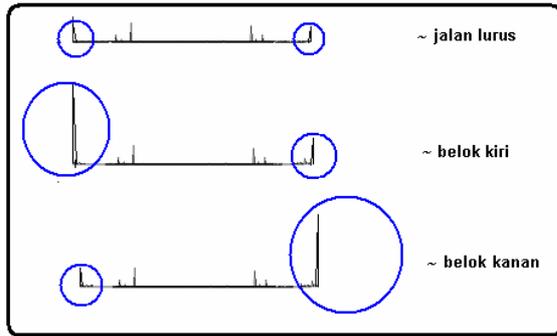


**Gambar 9.** Hasil Deteksi Navigasi Robot

**Tabel 1.** Arah Gerak Robot

No	Kondisi Lapangan Robot	Arah Gerak
1.	Miring Kiri	Belok Kanan
2.	Lurus	Jalan Lurus
3.	Miring Kanan	Belok Kiri

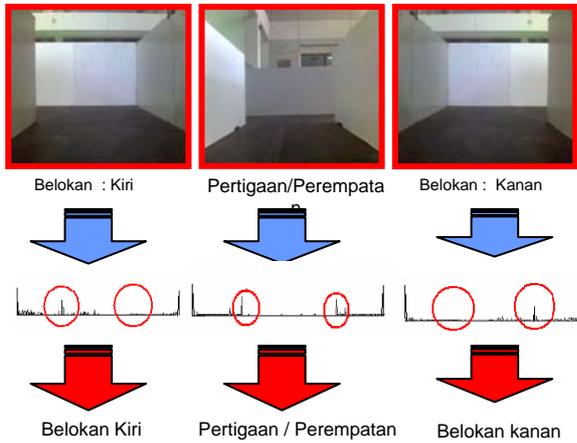
Hasil proses diferensial yang menentukan arah gerak dari robot adalah sebagai berikut:



Gambar 10. Diferensial untuk menentukan Arah Gerak Robot

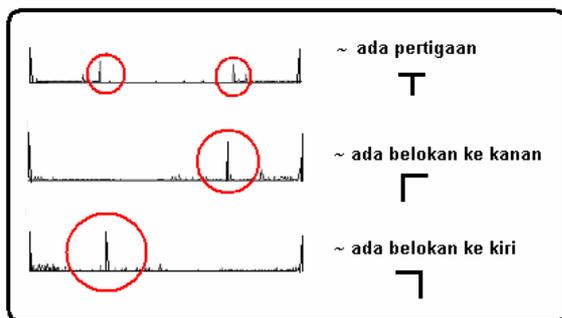
**b. Tahap Pengujian Jenis Belokan**

Pada pengujian jenis belokan robot diambil data berdasarkan gambar ruang yang ada pada lapangan robot, adapun berbagai kondisi dari lapangan yaitu kondisi robot miring kiri, kanan atau lurus.



Gambar 11. Hasil Deteksi Jenis Belokan Robot

Hasil proses diferensial yang menentukan arah gerak dari robot adalah sebagai berikut :



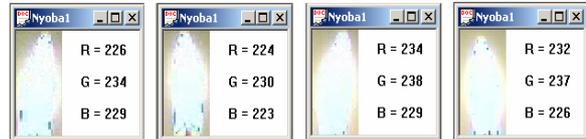
Gambar 12. Diferensial untuk menentukan Jenis Belokan

Tabel 2. Jenis Belokan Robot

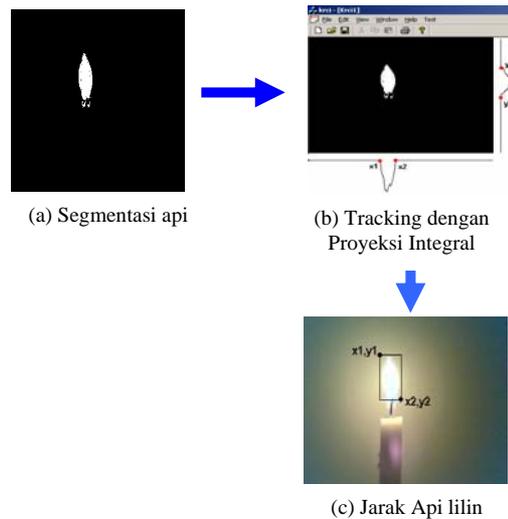
No	Kondisi Lapangan Robot	Arah Gerak
1.	Belokan kiri	Belokan Kanan
2.	Pertigaan / Perempatan	Pertigaan / Perempatan
3.	Belokan Kanan	Beloka Kiri

**c. Tahap Pengujian Pengenalan Lokasi Lilin**

Dari beberapa sampel gambar api, didapatkan rata-rata RGB-nya untuk dibandingkan dengan gambar yang diambil saat kamera mengambil gambar dalam pencarian api, sehingga ditemukan posisi dan jarak api lilin.



Gambar 13. Beberapa api dan rata-rata RGB-nya



Gambar 14. Tracking Posisi dan Jarak Api Lilin

Sehingga didapatkan informasi luasan objek (api) dalam segi empat (x1,y1 sampai dengan x2,y2).

**d. Tahap Pengujian Pengenalan Jarak Lilin**

Jarak api lilin dikenali dengan mengetahui selisih dari (X1,Y1) dan (X2,Y2) dimana nilai perbandingannya dibagi dalam range tiga kategori yaitu dekat, sedang dan jauh.

Tabel 3. Jarak Api lilin berdasarkan gambar capture

No	X2-X1	Y2-Y1	Jarak Api
1.	>1.5 cm	>1.5 cm	Dekat
2.	1-1.5 cm	1-1.5 cm	Sedang
3.	<1 cm	<1 cm	Jauh

**4. KESIMPULAN**

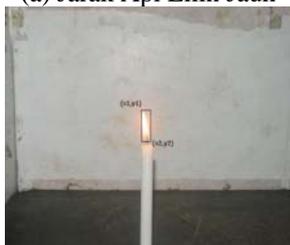
Dari hasil uji coba penelitian ini dapat diperoleh beberapa kesimpulan antara lain:

- Warna dinding pada lapangan sangat berpengaruh terhadap proses navigasi robot dan penentuna jenis belokan
- Jarak Api lilin juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti angin, tingkat cahaya dan oksigen lingkungan sekitar.
- Integral Proyeksi dapat digunakan untuk menentukan arah gerak robot, mengenali adanya

belokan, menentukan posisi api lilin dan menentukan jarak api lilin.



(a) Jarak Api Lilin Jauh



(b) Jarak Api Lilin Sedang



(c) Jarak Api Lilin Dekat

**Gambar 15.** Jarak Api lilin.

point tracking has high concurrent validity with manual face coding, *Psychophysiology*, 36:35–43, 1999.

- [8] Ardila, Fernando., *Robot Pemadam Api PENSA mobile*, Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya – ITS, 2006.
- [9] A. Saxena, A. Anand, A. Mukerjee, Robust Facial expression Recognition Using Spatially Localized Geometric Model, *International Conference on Systemics, Cybernetics*, February 12-15, 2004.
- [10] Haiyuan Wu, Taro Yokoyama, Dadet Pramadihanto, Masahiko Yachida, Face and Facial Feature Extraction from Color Image fg, p. 345, *2nd International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FG '96)*, 1996.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Kontes Robot Cerdas Indonesia 2006: Robot Cerdas Pemadam Api*, Jakarta: DIKTI. 2005
- [2] David J. Ahlgren, Igor M. Verner, FIRE-FIGHTING ROBOT INTERNATIONAL COMPETITIONS, *International Conference on Engineering Education*, August 6-10 2001.
- [3] Pack, D., Mankowski, A. M., and Freeman, G. J. A Fire-Fighting Robot and its Impact on Educational Outcomes. *Proc. 1998 ASEE Annual Conference*, Seattle, June, 1998.
- [4] Lynette Miller, Daniel Rodriguez, Kristen Allen, Maksim Makeev, *Firebot: Design of an Autonomous Fire Fighting Robot*, 2003
- [5] J. Bruce T. Balch and M. Veloso. Fast and inexpensive color image segmentation for interactive robots. In *Proceedings of the IEEE/RSL International Conference on Intelligent Robots and Systems*, volume 3, pages 2061.2066, 2000.
- [6] Z. Zhang, Feature based facial expression recognition: Sensitivity analysis and experiments with a multi-layer perceptron, *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 13(6):893–911, 1999.
- [7] J.F. Cohn, A.J. Zlochower, J.Lien, and T. Kanade, Automated face analysis by feature

