

Robot Pengenal dan Pencari Objek dengan Kamera Menggunakan Metode Transformasi Hough

Zaki Muhammad Fathi^{1,*}, Arfianto Fahmi¹, Unang Sunarya²

1 Fakultas Teknik Elektro, Telkom University. JL. Telekomunikasi No.1, Bandung 40257

2 Fakultas Ilmu Terapan, Telkom University. JL. Telekomunikasi No.1, Bandung 40257

* E-mail : zaki.elenka@gmail.com

Abstrak. Perkembangan dunia robot saat ini sedang terus berkembang, banyak perkembangan dan inovasi yang dilakukan oleh para peneliti untuk membuat robot yang sempurna dan mendekati kemampuan manusia. Pada penelitian ini dibuat sebuah robot beroda yang menggunakan kamera sebagai pengolah citra dalam menunjang fitur deteksi dan pencarian objek. Realisasinya input robot ini adalah sebuah objek bola berwarna, untuk diolah pada pengolahan citra dengan metode transformasi hough, lebih tepatnya digunakan metode *hough circles* untuk mendeteksi unsur lingkaran pada bola. Teknologi komputing robot ini adalah sebuah mini-komputer “Raspberry Pi 2” untuk mengolah data citra dari input kamera “Pi Camera” yang diambil secara *real-time*. Sistem penggerak robot adalah dua buah motor DC beroda yang dikontrol oleh sistem minium mikrokontroler ATmega328p berdasar pada perintah dari Raspberry Pi dengan komunikasi serial untuk menentukan koordinat objek. Lalu melakukan skema navigasi untuk mendekati objek pada jarak tertentu. Dengan penerapan pre-prosesing dan transformasi hough pada pengolahan citra pada Raspberry Pi 2 dengan PI Camera menggunakan resolusi 320 x 240 piksel, robot ini memiliki akurasi mencapai 96.23% untuk mendeteksi objek ketika bekerja pada *frame rate* 50-60 *frame* per detik, akurasi pembacaan koordinat 98.825% dan akurasi pembacaan radius objek 92.6%.

Kata Kunci: Deteksi, Objek, Pencari, Robot, Transformasi Hough

1. Pendahuluan

Forklift adalah sebuah kendaraan untuk mendukung pekerjaan dibidang industrial yang bekerja secara mekanik, elektrik atau tenaga manual, dirancang untuk mengangkat, memindah, dan menata tumpukan barang [1]. Dalam implementasinya dibutuhkan seorang operator yang dapat mengoperasikanya dengan kemampuan dan sertifikat yang telah ditentukan. Operator forklift atau lift truk harus memenuhi persyaratan dan memenuhi pengalaman kerja yang cukup serta sudah bersertifikat K3 [2]. Akan tetapi di Indonesia operator forklift yang bersertifikat masih jarang serta masih sering terjadi kecelakaan operasi pada implementasinya. Untuk menghindari dan menjaga sumber daya manusia dari kecelakaan, penulis berfikir untuk menerapkan sebuah rancangan robot vision, dimana robot membutuhkan informasi visi untuk menentukan aksi yang harus dilakukan [3]. Dengan sebuah kecerdasan buatan yang dapat menggantikan forklift dan operatornya. Setelah melakukan penelitian penulis membuat sebuah sistem robot pengenal objek metode transformasi hough dan preprosesing untuk mengenali bentuk dan warna dari suatu objek, setelah itu robot akan mendekati objek berdasar pada lokasi objek tersebut. Lalu system melakukan navigasi tanpa *map* berdasar pengenalan objek dan tidak menggunakan representasi lingkungan [4] sesuai program yang telah dibuat. Batasan untuk penelitian ini adalah robot hanya akan bergerak mendekati objek lalu berhenti tepat di depan objek, robot belum menerapkan sistem pemindahan objek.

2. Landasan Teori

2.1. 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 alat-alat optik, misalnya mata pada manusia, kamera, pemindai (*scanner*), dan sebagainya, sehingga bayangan objek yang disebut citra tersebut terekam [5].

2.2. Model Warna HSV

Model warna HSV mendefinisikan warna dalam terminology *Hue*, *Saturation*, dan *Value*. *Hue* digunakan untuk membedakan warna-warna dan menentukan kemerahan (*redness*), kehijauan (*greenness*), dan sebagainya dari cahaya. *Hue* berasosiasi dengan panjang gelombang cahaya. *Saturation* menyatakan tingkat kemurnian suatu warna, yaitu mengindikasikan seberapa banyak warna putih diberikan pada warna. *Value* adalah atribut yang menyatakan banyaknya cahaya yang diterima oleh mata tanpa memperdulikan warna[6].

2.3. Open CV

OpenCV adalah sebuah open source library (see <http://opensource.org>) untuk library computer vision (<http://SourceForge.net/projects/opencvlibrary>). Library ditulis dengan bahasa C dan C++ dan berjalan pada Linux, Windows dan Mac OS X. Untuk pengembangannya berjalan pada Python, Ruby, Matlab, dan Bahasa lain [7]. OpenCV didesain untuk efisiensi komputasi dan berfokus pada aplikasi realtime. Tujuannya adalah untuk memberi kemudahan pada pengguna aplikasi computer vision agar dapat bekerja dengan cepat. OpenCV library memiliki lebih dari 500 fungsi dan menjangkau banyak area pada pengaplikasian computer vision, antara lain inspeksi produk, citra medis, keamanan, user interfaces, kalibrasi kamera, stereo vision, dan robotika [7].

2.4. Image Proccesing pada OpenCV

Image Proccesing adalah operasi yang dilakukan untuk mengekstrak dan modifikasi suatu citra sesuai dengan output yang dibutuhkan. Beberapa morfologi *image processing* antara lain:

- a. *Smoothing* juga sering disebut *blurring* dan sering kali digunakan pada operasi pemrosesan citra. Banyak alasan untuk melakukan *smoothing*, tetapi biasanya digunakan untuk mengurangi *noise* dan camera artifact. *Smoothing* juga sangat penting ketika digunakan sebagai dasar untuk menurunkan resolusi dari sebuah citra [7].
- b. *Image Morphology*, OpenCV menyediakan kecepatan, antarmuka yang mudah digunakan untuk melakukan transformasi morfologi pada citra. Transformasi morfologi dasar disebut dilatasi dan erosi, mereka muncul dalam berbagai konteks seperti menghilangkan *noise*, mengisolasi unsur individu, dan menggabungkan elemen berbeda dalam citra. Morfologi juga dapat digunakan untuk menemukan benjolan intensitas atau lubang di gambar dan untuk menemukan gradien gambar.[7]
- c. *Opening dan Closing* adalah dua operasi utama pada dilasi dan erosi,. Dalam kasus *opening*, kita melakukan erosi pertama dan kemudian dilasi. Sebaliknya aplikasi *closing* dikaukan berlawanan dengan *opening* [7].
- d. *Threshold*, Setelah melakukan banyak langkah-langkah pengolahan dan ingin membuat keputusan akhir tentang piksel dalam gambar atau kategori menolak, pada piksel bawah atau di atas pada beberapa nilai sekaligus untuk menjaga yang lain. Fungsi OpenCV `cvThreshold()` menyelesaikan tugas-tugas ini. Ide dasarnya adalah bahwa sebuah jika array diberikan, bersama dengan ambang batas, dan kemudian sesuatu terjadi pada setiap elemen dari array tergantung pada apakah itu di bawah atau di atas ambang batas [7].

3. Perancangan Sistem

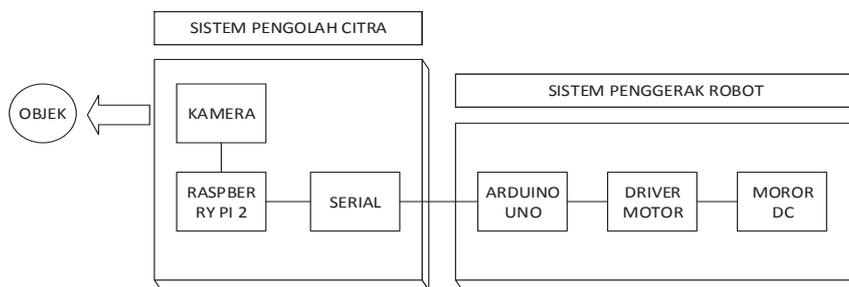
3.1 Deskripsi Sistem

Sistem robot yang dibuat adalah sebuah robot beroda dengan kemampuan untuk mendeteksi dan mencari objek berdasar pada sensor kamera yang diolah dari data citranya oleh raspberry pi. Keluaran pengolahan citra yang dilakukan adalah data koordinat sumbu x dari piksel gambar dan radius piksel

gambar dari objek untuk menentukan lokasi objek tersebut, agar dapat dilakukan perintah untuk mendekati objek. Sistem pengolahan citra difokuskan pada raspberry pi saja lalu skema mendekati objek akan diolah oleh sistem penggerak robot yang terdiri dari Arduino Uno, Driver Motor L298N dan Motor DC. Sistem penggerak robot berpusat pada arduino uno untuk mengatur kedua motor dc berdasar metode PWM [4] (Pulse Width Modulation) untuk menggerakkan robot untuk maju, berhenti, belok kanan, dan belok kiri. Sistem pengolah citra (Raspberry pi) akan mengirimkan koordinat lokasi dari objek secara berkala ke sistem penggerak robot (Arduino Uno) dengan komunikasi serial (USB) berbentuk perintah sederhana yang menjadi dasar gerakan dari sistem penggerak untuk melakukan navigasi tanpa *map* [4] untuk mendekati objek dengan jarak tertentu.

3.2 Blok Diagram Sistem

Berdasar pada rancangan sistem diatas, blok sistem yang digunakan untuk implementasi robot adalah seperti dibawah ini..



Gambar 1. Blok diagram sistem

3.3 Analisis Kebutuhan Sistem

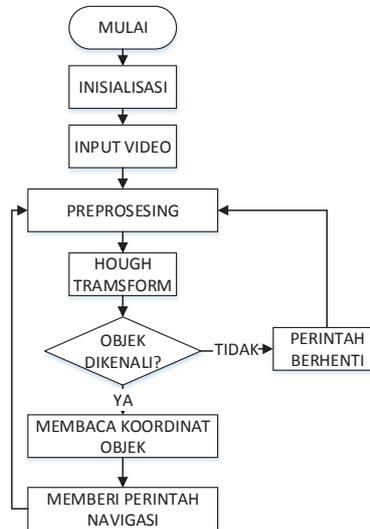
Untuk realisasi sistem ini dibutuhkan hardware dan software yang tepat dan peralatan pendukung yang sesuai untuk mendapat hasil yang maksimal. Berikut spesifikasi yang diterapkan pada sistem robot ini.

Tabel 1. Kebutuhan Sistem

Hardware	Software	Spesifikasi Utama
Raspberry Pi 2	OS: Rasbian, IDE: Python, Library: OpenCV 2.4.11	Processor: 1 GHz Quardcore, RAM: 2 GB
Pi Camera Ver. 1	-	5 Megapixel
Kabel USB Serial	-	-
Driver Motor	-	L298N
Arduino Uno	Arduino 1.6.6	IC: ATmega 32
Motor DC	-	6V
Baterai	-	7.2V dan 5V
Bola	-	Dimameter: 6.5 cm, Warna: Ungu, Hijau, Biru, Merah, Kuning

3.4 Diagram Alir Sistem

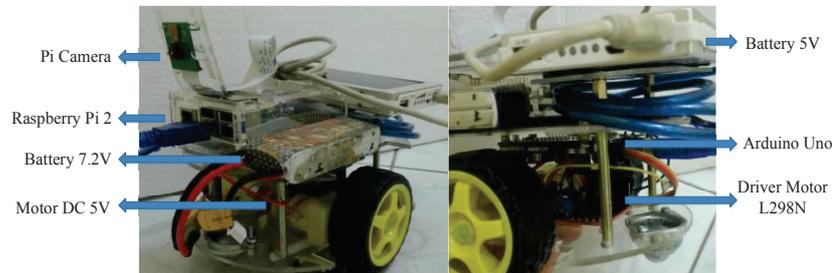
Untuk implementasi dari sistem diatas, sistem keseluruhan robot bekerja dengan siklus seperti dibawah ini.



Gambar 2. Diagram Alir Sistem

3.5 Desain Robot

Dengan spesifikasi yang telah dijelaskan implementasi robot seperti dibawah ini.



Gambar 3. Desain Robot

3.6 Analisa Pengenalan Objek

Untuk mulai menganalisa dan mendeteksi objek harus dilakukan preprosesing terhadap citra target. Proses preprosesing adalah proses yang dilakukan untuk menyiapkan citra ke bentuk yang dibutuhkan oleh metode transformasi hough agar bias dikenali dan dideteksi bentuknya. Berikut ini adalah proses preprosesing yang dirancang oleh penulis untuk mendeteksi objek seperti pada gambar.

Proses Preprosesing terdiri dari beberapa tahap antara lain adalah:

1. Input Video : Citra diambil dari Pi Camera secara real-time, ada beberapa parameter yang diubah pada citra video yaitu resolusi 320x240 piksel, *Frame Rate* 60 *frame* per detik.
2. RGB to HSV [7]: Pada tahap ini bentuk *frame* dari video akan di split menjadi 3 bagian yaitu *Hue*, *Saturation*, dan *Value*.
3. Thresholding [7]: Proses ini bertujuan untuk mengunci warna dengan membatasi tiap parameter *Hue*, *Saturation*, dan *Value*.
4. Morfologi Dilasi [7]: Setelah digabung kembali dari komponen HSV, citra lebarkan dengan morfologi Dilasi.
5. Morfologi *Closing* [7]: Untuk mencegah hasil citra preprosesing berlubang atau tidak bulat dilakukan morfologi *Closing*.
6. Morfologi Gaussian Blur [7]: Hasil *closing* dilewatkan pada filter gaussian blur untuk menghilangkan *noise* dan meningkatkan akurasi.

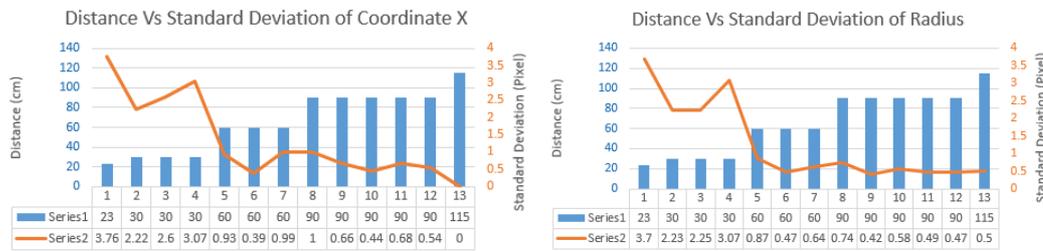
Setelah seluruh proses di atas selesai dilakukan, hasil citra akan diolah oleh metode transformasi hough circles [7] untuk dideteksi bentuknya (bentuk lingkaran), lalu ditracing secara berkala untuk mengekstrak nilai koordinat dan radius dari objek.

4. Hasil dan Analisis

Pada tahap ini, dilakukan pengujian terhadap jarak, *frame rate*, dan pengaruh cahaya terhadap waktu pengolahan citra, *error detection* dan akurasi dari sistem ini. Sebelum melakukan pengujian objek dilakukan kalibrasi warnanya terhadap nilai HSV dan dilakukan pengukuran pencahayaan ruangan pengujian dengan aplikasi Light Meter Ver.1.2 by keuwsoft dengan device Asus Padfone S (Proximity Sensor).

4.1 Hasil Pengujian Jarak terhadap Nilai Koordinat dan Radius

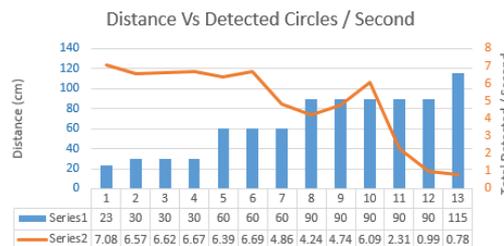
Pengujian dilakukan pada kondisi jarak 23 cm, 30cm, 60cm, 90, cm ,dan 115 cm pencahayaan 10 LUX dan *Frame Rate* 60 *frame* per detik dalam waktu pengamatan 10 detik per pengujian di 13 pengujian untuk melihat perubahan nilai koordinat dan radius dari benda yang dideteksi dan melihat standar deviasi dari nilai rata-ratanya. Pada nilai standar deviasae koordinat dan radius nilai yang terbesar pada jarak terdekat didapat 3.76 piksel (akurasi 98.825%) dan 3.7 piksel (akurasi 92.6%) lalu menurun berdasar peningkatan jarak Hasilnya seperti dibawah ini.



Gambar 4. Pengujian Jarak terhadap Nilai Koordinat dan Radius

4.2 Hasil Pengujian Jarak terhadap Jumlah Objek yang Terdeteksi setiap Detik

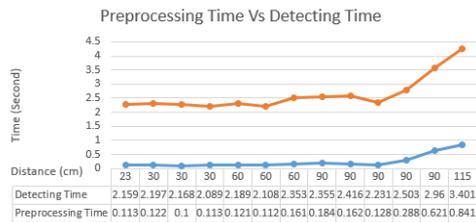
Pengujian ini menggunakan parameter yang sama seperti pengujian sebelumnya dan berfokus pada analisa perubahan jumlah objek yang terdeteksi dalam tiap detiknya. deteksi per detik nilai maksimal adalah 7.08 *frame*/detik, nilai minimal 0.78 *frame*/detik.



Gambar 5. Pengujian Jarak terhadap Jumlah Objek yang Terdeteksi setiap Detik

4.3 Hasil Pengujian Jarak Terhadap Waktu Preprocessing dan Waktu Deteksi

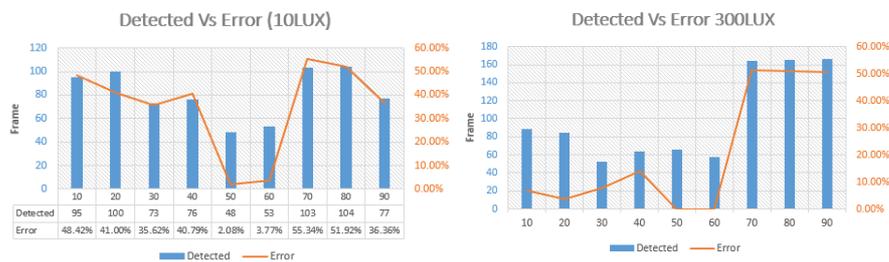
Pengujian ini masih menggunakan kondisi parameter seperti sebelumnya hanya saja, focus pengujian ini adalah waktu preprocessing dan waktu deteksi dari sistem terhadap perubahan jarak. Untuk waktu deteksi didapat standar deviasi 0.22 detik dan nilai rata-rata 0.2357 detik. Sedangkan untuk waktu preprocessing waktu rata-rata yang dibutuhkan adalah 2.394 detik.



Gambar 6. Pengujian Jarak Terhadap Waktu Preprosesing dan Waktu Deteksi

4.4 Hasil Pengujian Frame Rate dan Pencahayaan Terhadap Jumlah deteksi dan Nilai Error

Pengujian ini dilakukan untuk melihat nilai *error* dari jumlah citra yang terdeteksi, parameter yang digunakan adalah perubahan *frame rate*, pencahayaan, jarak pada 45 cm, waktu pengamatan 10 detik. Untuk jumlah *frame* yang terdeteksi keseluruhan pada kondisi terang (300LUX) adalah 674 *frame* dan *error* 274 *frame*, sedangkan pada kondisi redup (10LUX) adalah 729 *Frame* dan *error* 286 *frame*. Untuk detailnya dilihat berdasar perubahan *frame rate* seperti dibawah ini.



Gambar 7. Pengujian Frame Rate dan Pencahayaan Terhadap Jumlah deteksi dan Nilai Error

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian sistem dengan berbagai parameter dan kondisi, dapat disimpulkan bahwa. Akurasi sistem pembacaan koordinat piksel sumbu x adalah 98.825 %. Akurasi pembacaan radius pixel objek adalah 92.6 %. Kemampuan kecepatan deteksi dan jumlah deteksi akan menurun ketika jarak objek dengan robot semakin jauh, waktu deteksi rata-rata 0.2357 detik dan didapat standar deviasi 0.22 detik, Sedangkan untuk waktu preprosesing rata-rata adalah 2.394 detik. Kalibrasi harus dilakukan pada *frame rate* dimana robot dapat bekerja atau bergerak tanpa ada delay dari kamera, pada 50 frame per detik ke atas. Nilai parameter Frame Rate sangat sensitif terhadap nilai *error* dan perubahan warna dari video asli. Dari hasil disimpulkan bahwa nilai Frame Rate 50 frame per detik dan 60 frame per detik pada kondisi terang akurasi mencapai 100 % dan kondisi gelap akurasi mencapai 96.23 %.

6. Daftar Referensi

- [1] J Chetwin and Hon. Doug Kidd, "Training Operators and Instructors Of Powered Industrial Lift Trucks", Wellington, New Zealand, the Occupational Safety and Health Service, 1995
- [2] Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia, NOMOR PER.09/MEN/VII/2010, "Operator dan Petugas Pesawat Angkat dan Angkut", 2010.
- [3] Widodo Budiharto dan Djoko Purwanto "Robot Vision Teknik Membangun Robot Cerdas Masa Depan", Yogyakarta, ANDI, 2012.
- [4] Widodo Budiharto, "Robotika, Teori dan Implementasi", Yogyakarta, ANDI, 2010.
- [5] Munir, Renaldi. "Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik", Bandung, Informatika,, 2004.
- [6] Budisanjaya, I Putu Gede. "Identifikasi Nitrogen dan Kalium Pada Daun Tanaman Sawi Hijau Menggunakan Matriks Co-Occurrence, Moments dan Jaringan Saraf Tiruan", Bali, Universitas Udayana, 2013
- [7] Gary Bradski and Adrian Kaehler, "Learning OenCV", United States of America, O'Reilly Media, Inc, 2013.