

ANALISIS ALGORITMA TRANSFORMASI HOUGH DALAM MENDETEKSI LINGKARAN DAN ELIPS BERBASIS PENGOLAHAN CITRA DIGITAL

Andri Pranata Kusuma¹, Koredianto Usman², Suryo Adhi Wibowo³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Dalam aplikasi sensing robotic dan computer vision dibutuhkan sebuah algoritma pengenalan pola. Pada tugas akhir ini dilakukan penelitian terhadap algoritma Transformasi Hough dalam mendeteksi kurva tertutup sederhana seperti lingkaran atau elips. Pada penelitian sebelumnya, algoritma Transformasi Hough telah digunakan dalam pendeteksian jumlah sisi bangun geometri segi-N. Akan tetapi belum ada penelitian yang menganalisis Transformasi Hough dalam mendeteksi dan membedakan kurva tertutup sederhana.

Untuk mendeteksi objek elips dan lingkaran dalam sebuah citra digital, pertama-tama dilakukan proses akuisisi citra dengan meng-capture objek dari webcam atau dengan membangkitkan citra dari komputer. Lalu tahap preprocessing untuk mendapatkan garis tepi objek. Kemudian digunakan Transformasi Hough Standar (SHT) dan dianalisis kurva sinusoidal hasil transformasi tersebut. Lingkaran akan memiliki bentuk kurva sinusoidal yang cukup teratur dibandingkan elips. Oleh karena itu pada penelitian kali ini akan digunakan metode standar deviasi untuk membedakan objek lingkaran dan elips. Setelah mendapatkan objek yang diinginkan, kemudian digunakan Transformasi Hough yang di modifikasi (MHT) untuk merekonstruksi bangun tersebut.

Untuk menganalisis tingkat performansi algoritma dalam pendeteksian dan rekonstruksi, maka diujikan 108 citra berbentuk lingkaran dan elips dengan warna dan besar berbeda. Berdasarkan hasil uji, sistem dapat membedakan objek kurva tertutup dengan akurasi 95,46% dan merekonstruksi kurva tertutup dengan akurasi sebesar 100%. Waktu komputasi rata-rata dalam merekonstruksi lingkaran 4,86 detik dan merekonstruksi elips 0,594 detik.

Kata Kunci : Transformasi Hough Standar (SHT), Standar Deviasi, Transformasi Hough

Abstract

Pattern recognition algorithm is very important for robotic sensing and computer vision. On this thesis, Hough Transform Algorithm is tested to detect simple closed curve like circle and ellipse. On the previous research, Hough Transform Algorithm was used to detect the number of N-side from a geometry object. However, there is still no research to analyze Hough Transform performance in detecting and differentiating simple closed curve.

To detect an object such as ellipse and circle in a digital image, first the image is acquired by capturing from a webcam or generating images from computer. Then the preprocessing stage will be done to get its edges. Next the edges will be transformed using Standard Hough Transform and the curve from Hough Transform will be analyzed. The circle will have a more constant sinusoidal curve than the ellipse. Therefore, in this research standard deviation method is used to differentiate those objects. After gaining the expected ones, a Modified Hough Transform is used to reconstruct the objects.

To analyze the performance of algorithm, all the 108 images of circle and ellipse with different color and size is tested. Based on the results, the system can detect and distinguish circle and ellipse objects with 95,46% accuracy as well as reconstruct those object with 100% accuracy. The average computation time in circle reconstruction is 4,86 seconds and ellipse reconstruction is about 0,594 seconds

Keywords : Standard Hough Transform (SHT), Modified Hough Transform (MHT),

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bangun geometri 2 dimensi adalah sebuah bidang datar yang dibatasi oleh garis-garis dan dimana titik ujung setiap garis terhubung dengan garis yang lain minimal tiga buah garis, sehingga membentuk sebuah bangun tertutup^[12]. Berbeda dengan bangun geometri, Lingkaran dan elips merupakan kurva sederhana tertutup yang beraturan. Lingkaran adalah himpunan titik-titik pada bidang dalam jarak tertentu (r), dari suatu titik tertentu, yang disebut pusat^[17]. Sedangkan elips didefinisikan sebagai tempat kedudukan titik-titik dalam bidang yang jumlah jarak dari dua titiknya konstan. Suatu elips punya dua sumbu simetri, yaitu sumbu sumbu utama (sumbu panjang) dan sumbu minor (sumbu pendek)^[20]. Selain itu yang membedakan antara elips dan lingkaran adalah nilai eksentrisitasnya. Elips memiliki nilai eksentrisitas antara 0-1 sedangkan lingkaran memiliki nilai eksentrisitas 0^[19].

Pada aplikasi *sensing robotic* atau *computer vision*, dibutuhkan sebuah algoritma pengenalan pola. Hal ini bertujuan agar komputer dapat mengidentifikasi obyek-obyek tertentu. Salah satu algoritma pengenalan pola adalah algoritma Transformasi Hough. Transformasi Hough telah diperkenalkan oleh Paul Hough pada tahun 1962. Pada implementasinya Transformasi Hough melakukan pemetaan titik-titik pada citra ke dalam ruang parameter (*Hough space*) berdasarkan suatu fungsi dari bentuk yang ingin dideteksi. Pada awalnya TH digunakan untuk mendeteksi garis pada sebuah citra. Namun oleh Duda dan Hart^[4], Transformasi Hough dikembangkan dalam pendeteksian kurva, umumnya seperti lingkaran dan elips. Salah satu keunggulan dari Transformasi Hough adalah lebih cepat dan lebih baik akurasi dari Transformasi Radon^[9].

Pada penelitian sebelumnya oleh Aji Atturmudzi^[1], algoritma Transformasi Hough digunakan dalam pendeteksian posisi mata dan oleh Dzikrina Khoirunnisak^[9], telah dilakukan penganalisisan terhadap performansi algoritma Transformasi Hough dalam mengidentifikasi bangun geometri 2D segi-N. Namun belum ada penelitian yang membahas bagaimana performansi algoritma Transformasi Hough dalam mendeteksi dan membedakan kurva tertutup yaitu lingkaran dan juga elips. Banyak objek yang terbentuk dari kurva tertutup, misal bola, piring, telur, sabun, dll. Oleh karena itu, kemampuan untuk membedakan dan menganalisis elips dan lingkaran merupakan hal penting untuk

diimplementasikan agar objek-objek yang tersusun dari kurva tertutup tersebut dapat terdeteksi dan dibedakan. Maka dari itu, pada penelitian kali akan dibuat dan dianalisis suatu aplikasi untuk mendeteksi dan menganalisis objek lingkaran dan elips yang terdapat pada sebuah citra digital dengan menggunakan algoritma Transformasi Hough.

1.2 Tujuan

Tujuan tugas akhir ini dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Mengimplementasikan aplikasi untuk mendeteksi dan menganalisis objek lingkaran dan elips baik yang dibuat maupun objek sesungguhnya berbasis pengolahan citra digital.
2. Menguji dan menganalisis simulasi sistem untuk deteksi objek buatan hasil akuisisi webcam dan objek yang dibangkitkan lewat komputer
3. Menguji performansi Transformasi Hough dengan mengukur akurasi dan waktu komputasi dalam mendeteksi dan menganalisis objek lingkaran dan elips.
4. Menguji dan menganalisis hasil implementasi sistem dengan derau yang memiliki kerapatan yang berbeda.

1.3 Manfaat

Manfaat dari pelaksanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Melengkapi penelitian sebelumnya dan bisa sebagai tambahan bahan perkuliahan di mata kuliah *computer vision*.
2. Dasar pengenalan objek karena objek selain terbentuk dari bangun geometri, objek-objek juga bisa terbentuk dari komponen lingkaran dan elips
3. Dapat digunakan dan diterapkan pada aplikasi *sensing robotic*.

1.4 Perumusan masalah

Perumusan masalah yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana melakukan tahap *preprocessing* dari objek lingkaran dan elips dalam citra digital menggunakan MATLAB.
2. Bagaimana menggunakan algoritma Transformasi Hough untuk mengetahui adanya objek lingkaran atau elips dari sebuah citra digital.
3. Bagaimana cara mendeteksi dan menganalisis objek lingkaran dan elips dari sebuah citra digital.

4. Bagaimana pengaruh tingkat eksentrisitas elips terhadap proses pendeteksian dengan Transformasi Hough.
5. Bagaimana pengaruh jenis citra masukan terhadap performansi sistem: citra dengan derau dan citra tidak dengan derau.
6. Bagaimana pengaruh level derau terhadap performansi Transformasi Hough.
7. Bagaimana tingkat keberhasilan sistem berdasarkan waktu komputasi, tingkat parameter akurasi, dan *error*.

1.5 Batasan masalah

Pengerjaan tugas akhir ini, dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Masukan sistem merupakan citra dengan ukuran 640x480 piksel, memiliki format *.bmp
2. Citra masukan didapat melalui akuisisi dari web-cam (untuk hasil aktual) dan beberapa citra masukan didapat dengan dibangkitkan oleh software (CorelDRAW X5) untuk pembuktian hasil teoretis.
3. Objek atau citra untuk pengujian eksentrisitas dibatasi dengan eksentrisitas 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, dan 0.8.
4. Citra masukan merupakan gambar lingkaran dengan jari-jari minimum piksel sebesar 50 pixel dan maksimal piksel bernilai 150 piksel baik aktual maupun ideal (CorelDRAW) dan elips.
5. Latar belakang objek berwarna putih.
6. Penambahan derau yang dibangkitkan lewat aplikasi MATLAB untuk menguji performansi sistem (derau *Gaussian*, *Salt & Pepper*, *Speckle*, dan *Poisson*).
7. Alat bantu yang digunakan pada penelitian ini adalah MATLAB versi R2009a.

1.6 Metodologi Penelitian

Penelitian ini bersifat terapan, hasil akhir dari penelitian dapat diaplikasikan dan diterapkan secara langsung. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah dengan melakukan eksperimen. Eksperimen akan berlangsung di laboratorium IMV dan tempat tinggal penulis. Eksperimen pertama yang dilakukan adalah mengakuisisi citra dan menentukan kategori citra, apakah termasuk berderau atau tidak. Kemudian akan dilakukan eksperimen pendeteksian bentuk dengan menggunakan Transformasi Hough sehingga hasil keluarannya berupa deteksi bidang yang diinginkan. Dan tahap terakhir dari

deteksi ini adalah proses rekonstruksi (*fitting*) dari objek yang diteliti. Implementasi Transformasi Hough ini dengan menggunakan platform MATLAB R2009a. Berdasarkan hasil keluaran sistem maka akan dibuat analisis berdasarkan skenario yang dijalankan. Kemudian dapat ditarik kesimpulan dari hasil analisis tersebut.

1.7 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini dibagi dalam beberapa topik bahasan yang disusun secara sistematis sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan

Bab ini membahas latar belakang, tujuan, manfaat, perumusan dan batasan masalah, metodologi penelitian serta sistematika penulisan.

Bab II Dasar Teori

Bab ini membahas teori yang mendukung dan mendasari penulisan tugas akhir ini, meliputi pengolahan citra digital, teori dasar algoritma Transformasi Hough, karakteristik bangun Lingkaran dan Elips, serta teori lain yang mendukung.

Bab III Perancangan Sistem

Dalam BAB III diuraikan tentang model perancangan sistem dari tahap pemrosesan awal, sampai penggunaan Algoritma Transformasi Hough dalam deteksi objek berbasis citra digital

Bab IV Analisis Hasil Simulasi

Bab ini membahas hasil simulasi yang diperoleh dan memberikan analisis terhadap hasil simulasi tersebut. Objek masukan dalam keadaan tanpa derau hingga objek diberikan derau dengan berbagai kerapatan dan analisis objek kurva tertutup dalam kehidupan nyata.

BAB V Kesimpulan Dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dari analisis–analisis skenario yang telah dilakukan dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.

1.8 Jadwal Pelaksanaan

| No | Kegiatan | Sep-12 | | | | Okt-12 | | | | Nop-12 | | | | Des-12 | | | | Jan-13 | | | |
|----|----------------------------------|--------|---|---|---|--------|---|---|---|--------|---|---|---|--------|---|---|---|--------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Studi Literatur | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 2 | Pengumpulan Data | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Implementasi Perangkat Lunak | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| 4 | Analisis Performansi | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| 5 | Perbaikan Sistem | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| 6 | Pengambilan keputusan | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| 7 | Menulis Buku/Laporan Tugas Akhir | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis terhadap pengujian yang dilakukan pada sistem pendeteksi lingkaran dan elips pada bangun 2 dimensi dengan menggunakan Transformasi Hough berbasis pengolahan citra digital, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Metode standar deviasi dapat digunakan dalam membedakan hasil ekstraksi ciri Transformasi Hough standar dalam pendeteksian elips dan lingkaran. Akan tetapi untuk mendeteksi bangun selain elips dan lingkaran metode ini tidak lagi bisa digunakan karena hanya bangun lingkaran yang memiliki homogenitas data jarak piksel atas dan piksel bawah yang paling stabil. Sehingga apabila mendeteksi bangun selain elips dan lingkaran akan menghasilkan bangun elips.
- b. Perbedaan dalam pendeteksian objek kurva tertutup dengan objek poligon (segi 3,4,5) dapat dilihat dari nilai puncak (*local maxima*) dari hasil algoritma Transformasi Hough standar. Nilai puncak bangun poligon rata-rata diatas 100, dikarenakan poligon terdiri dari garis-garis lurus.
- c. Dalam mendeteksi jenis bangun lingkaran atau elips 2D, tingkat akurasi mencapai 100% untuk citra tidak berderau yang dibangkitkan dari komputer dan 81,84% untuk citra yang di-*capture* oleh webcam. Sehingga akurasi total adalah 95,46% dengan jumlah citra uji 108 buah.
- d. Dalam mendeteksi posisi dan rekonstruksi bangun lingkaran dan elips, tingkat akurasi mencapai 100% untuk citra tidak berderau yang dibangkitkan dari komputer maupun citra yang di-*capture* oleh webcam dengan jumlah citra uji 108 buah.
- e. Untuk pendeteksian objek sebenarnya yang di-*capture* melalui webcam, akurasi dalam mendeteksi jenis bangun mencapai 80%. Akurasi dalam merekonstruksi bangun mencapai 86,66% untuk keseluruhan citra uji 120 citra digital.
- f. Semakin besar objek yang diteliti maka menyebabkan waktu komputasi *Modified Hough Transform* (MHT) untuk merekonstruksi objek akan semakin bertambah. Pada penelitian ini MHT untuk mendeteksi elips lebih cepat daripada untuk mendeteksi lingkaran

- g. Nilai batas ambang (*threshold*) standar deviasi yang digunakan dalam penentuan bangun elips dan lingkaran dapat mempengaruhi proses pendeteksian. Dalam penelitian ini nilai batas ambang standar deviasi yang ditentukan adalah 0,8.
- h. Untuk pengujian eksentrisitas elips, semakin besar eksentrisitas elips maka objek elips akan semakin pipih, sehingga hasil pendeteksian elips mencapai tingkat akurasi 100%. Semakin kecil eksentrisitas elips maka objek elips akan semakin mirip dengan lingkaran, sehingga akurasi dalam mendeteksi jenis bangun dengan eksentrisitas 0,2 adalah 0%, eksentrisitas 0,3 adalah 25%, dan eksentrisitas 0,4 adalah 91,67%. Elips dengan eksentrisitas 0,5 dan 0,8 memiliki kesalahan 0 dari masing-masing 12 kali percobaan, sehingga akurasi dalam mendeteksi elips sebesar 100%.
- i. Untuk derau *Poisson*, akurasi deteksi jenis bangun lingkaran dan elips sebesar 100% dan akurasi dalam pendeteksian posisi dan rekonstruksi (*fitting*) mencapai 97%. Kesalahan *fitting* terdapat pada citra elips yang di-*capture* webcam karena citra tersebut sudah punya derau bayangan dan ditambah derau lagi sehingga objek yang telah melewati tahap *preprocessing* tidak sempurna lagi.
- j. Untuk derau *Speckle*, *Salt and Pepper*, dan *Gaussian*, semakin besar kerapatan, *mean* atau *variance*-nya maka akan membuat sistem semakin tidak akurat. Umumnya untuk citra yang dibangkitkan lewat komputer, mampu bertahan sampai *variance/density* sebesar 0.2, sedangkan citra yang di-*capture* lewat webcam rata-rata mampu bertahan sampai *variance/density* sebesar 0.05.
- k. Kesalahan dalam memasukkan derau sering terjadi pada objek lingkaran. Karena semakin rapat derau, hasil pemrosesan awal terkadang menghasilkan objek lingkaran yang tidak sempurna hingga mengakibatkan sistem mendeteksinya sebagai elips.

5.2 Saran

Pengembangan yang dapat dilakukan pada tugas akhir ini antara lain sebagai berikut:

- a. Perancangan sistem yang mampu mendeteksi keseluruhan jenis bangun, baik pendeteksian kurva tertutup maupun poligon.
- b. Perancangan sistem *preprocessing* yang lebih baik sehingga dapat mendeteksi bangun dengan latar yang beragam atau adaptif terhadap berbagai derau.

- c. Perancangan sistem algoritma Transformasi Hough dalam mendeteksi lingkaran yang lebih efisien agar waktu komputasi yang diperlukan tidak terlalu besar.
- d. Dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mengaplikasikan algoritma Transformasi Hough General agar mampu mendeteksi objek sembarang ataupun objek 3-D.
- e. Dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan *software/platform* yang berbeda sehingga dapat diaplikasikan kedalam kehidupan nyata.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Atturmudzi, Aji. 2008. *Eye Detection Menggunakan Template Matching, Algoritma Genetika, dan Hough Transform*. Tugas Akhir Program Sarjana, Institut Teknologi Telkom
- [2] Basca, C.A. et al. 2005. *Randomized Hough Transform for Ellipse Detection with Result Clustering*. University of Sibiu. Romania.
- [3] Dembele, Fatoumata. *Object Detection Using Circular Hough Transform*. Michigan State University.
- [4] Duda, R. O. and P. E. Hart. 1971. *Use of the Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures*. Artificial Intelligence Center.
- [5] Herdiyeni, Yeni. 2008. *Hough Transform*. Institut Pertanian Bogor, Ilmu Komputer.
- [6] Illingworth, J and Kittler, J. 1988. A Survey of the Hough Transform. Department of Electronics and Electrical Engineering, University of Surrey, Guildford. United Kingdom.
- [7] Ji, Qiang and Xie, Yonghong. 2002. *A New Efficient Ellipse Detection Method*. IEEE.
- [8] J.K. Pedersen, Simon. 2007. *Circular Hough Transform*. Aalborg University, Vision, Graphics, and Interactive System.
- [9] Khoirunnisak, Dzikrina. 2011. *Analisis Perbandingan Algoritma Transformasi Hough Dan Algoritma Transformasi Radon Untuk Deteksi Objek Planar Segi-N Berbasis Pengolahan Citra Digital*. Tugas Akhir Program Sarjana, Institut Teknologi Telkom.
- [10] Lee, Kyewook. 2006. *Application of the Hough Transform*. University of Massachusetts. Lowell
- [11] McAndrew, Alasdair. *An Introduction to Digital Image Processing with Matlab*. School of Computer Science and Mathematics. Victoria University of Technology
- [12] Prasasti, Anggunmeka L. 2012. *Deteksi Dan Analisis Convex Dan Concave Polygon Pada Bangun Geometri 2-Dimensi Dengan Menggunakan Transformasi Radon Berbasis Pengolahan Citra Digital*. Tugas Akhir Program Sarjana, Institut Teknologi Telkom.
- [13] Putra, Dharma. 2010. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi Publisher.

- [14] Sa'diyah, Halimatus. 2008. *Aplikasi Transformasi Hough Untuk Deteksi Garis Lurus*. Tugas Akhir Program Sarjana, Universitas Diponegoro.
- [15] Sembor, Dhiemas R.Y., et al. 2010. *Pengenalan dan Pencarian Posisi Robot Dalam Pencarian Sumber Kebocoran Gas*. Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Indonesia.
- [16] Simonovsky, Martin. 2011. *Ellipse Detection Using 1D Hough Transform*. Mathworks.
- [17] Wijaya, M.C. dan Prijono A. 2007. *Pengolahan Citra Digital Menggunakan Matlab*. Bandung: Informatika.
- [18] http://en.wikipedia.org/wiki/Hough_transform Tanggal akses 11 April 2012
- [19] <http://id.wikipedia.org/wiki/Lingkaran> Tanggal 12 April 2012
- [20] <http://web-matematika.blogspot.com/2010/03/persamaan-elips.html> Tanggal akses 12 April 2012
- [21] http://en.wikipedia.org/wiki/Eccentricity_%28mathematics%29 Tanggal akses 12 April 2012
- [22] <http://www.mathworks.com/help/images/ref/hough.html> Tanggal akses 12 April 2012
- [23] <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/hough.htm> Tanggal akses 20 Oktober 2012
- [24] <http://blog.ub.ac.id/rakamahendras/2012/03/14/mean-median-modus-dan-standar-deviasi/> Tanggal akses 23 Oktober 2012
- [25] <http://basic-eng.blogspot.com/2005/12/object-detection-using-hough-transform.html> Tanggal akses 23 Oktober 2012
- [26] http://www.mathworks.com/help/images/morphology-fundamentals-dilation-and-erosion.html#f18-24720?s_tid=doc_12b Tanggal akses 28 Desember 2012