

**IMPLEMENTASI METODE HOUGH TRANSFORM UNTUK
MENGENALI BENTUK SEGI BANYAK PADA SEBUAH
CITRA**

Skripsi



oleh
SANDRA PUSPA JAYANTI
22104890

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA

2015

**IMPLEMENTASI METODE HOUGH TRANSFORM UNTUK
MENGENALI BENTUK SEGI BANYAK PADA SEBUAH
CITRA**

Skripsi



Diajukan kepada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana
Sebagai Salah Satu Syarat dalam Memperoleh Gelar
Sarjana Komputer

Disusun oleh

SANDRA PUSPA JAYANTI
22104890

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
2015

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

IMPLEMENTASI METODE HOUGH TRANSFORM UNTUK MENGENALI BENTUK SEGI BANYAK PADA SEBUAH CITRA

yang saya kerjakan untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Komputer pada pendidikan Sarjana Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Duta Wacana, bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi kesarjanaan di lingkungan Universitas Kristen Duta Wacana maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Jika dikemudian hari didapati bahwa hasil skripsi ini adalah hasil plagiasi atau tiruan dari skripsi lain, saya bersedia dikenai sanksi yakni pencabutan gelar kesarjanaan saya.

Yogyakarta, 11 Juni 2015



SANDRA PUSPA JAYANTI
22104890

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Implementasi Metode Hough Transform untuk Mengenali
Bentuk Segi Banyak Pada Sebuah Citra
Nama : SANDRA PUSPA JAYANTI
N I M : 22104890
Matakuliah : Tugas Akhir
Kode : TIW276
Semester : Gasal
Tahun Akademin : 2014/2015

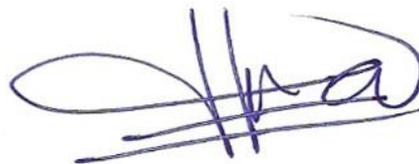
Telah diperiksa dan disetujui
di Yogyakarta,
Pada tanggal 11 Juni 2015

Dosen Pembimbing I



Dra. Widi Hapsari, M.T.

Dosen Pembimbing II



Yuan Lukito, S.Kom., M.Cs.

HALAMAN PENGESAHAN

IMPLEMENTASI METODE HOUGH TRANSFORM UNTUK MENGENALI BENTUK SEGI BANYAK PADA SEBUAH CITRA

Oleh: SANDRA PUSPA JAYANTI / 22104890

Dipertahankan di depan Dewan Penguji Skripsi
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana - Yogyakarta
Dan dinyatakan diterima untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Komputer
pada tanggal 9 Juni 2015

Yogyakarta, 11 Juni 2015
Mengesahkan,

Dewan Penguji:

1. Widi Hapsari, Dra. M.T.
2. Yuan Lukito, S.Kom., M.Cs.
3. Theresia Herlina R., S.Kom., M.T.
4. Lukas Chrisantyo, S.Kom., M.Eng.

DU TA WACANA

Dekan


(Badi Susanto, S.Kom., M.T.)

Ketua Program Studi


(Gloria Virginia, Ph.D.)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “IMPLEMENTASI METODE HOUGH TRANSFORM UNTUK MENGENALI BENTUK SEGI BANYAK PADA SEBUAH CITRA” dengan baik.

Penulisan laporan ini merupakan kelengkapan dan pemenuhan dari salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Komputer. Selain itu, penulisan laporan Tugas Akhir ini juga bertujuan untuk melatih mahasiswa agar dapat menghasilkan suatu karya yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, sehingga dapat bermanfaat bagi penggunanya.

Dalam menyelesaikan penelitian dan laporan Tugas Akhir ini, penulis telah mendapat banyak dukungan, bimbingan, dan saran dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Untuk itu dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Mama dan Papa, serta saudara di rumah yang telah membantu dalam doa dan memberikan dukungan moril dan materiil kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Ibu Dra. Widi Hapsari, M.T. dan Bapak Yuan Lukito, S.Kom, M.Cs selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dalam pembuatan Tugas Akhir ini sehingga hasil yang diperoleh menjadi sesuai dengan tujuan awal.
3. Thomas Soesanto, S.Kom., Ninik Wijayanti, S.E., Destiana, S.E., Febe Margaretha Patola, S.E., serta para teman dan sahabat lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah menemani dan mendampingi disaat suka maupun duka saat penulis mengerjakan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian dan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca, sehingga suatu saat nanti penulis dapat memberikan karya yang lebih baik lagi.

Akhir kata penulis meminta maaf bila ada kesalahan dalam penyusunan laporan maupun sewaktu penulis melakukan penelitian Tugas Akhir. Semoga penelitian dan laporan Tugas Akhir ini dapat berguna dikemudian hari.

Yogyakarta, 11 Juni 2015

(Sandra Puspa Jayanti)

Penulis

©UKDIN

INTISARI

IMPLEMENTASI METODE HOUGH TRANSFORM UNTUK MENGENALI BENTUK SEGI BANYAK PADA SEBUAH CITRA

Pengolahan citra digital merupakan cara untuk mendapatkan informasi-informasi yang terkandung dalam sebuah citra digital. Salah satunya adalah identifikasi objek bangun datar (2D) pada citra, seperti pada sistem yang dibangun oleh penulis, dimana sistem tersebut bertujuan untuk mengidentifikasi bentuk segi banyak yang terdapat pada sebuah citra, yang selanjutnya dapat dikembangkan menjadi sistem yang lebih kompleks seperti indentifikasi banyaknya kendaraan roda empat dalam sebuah citra, dll..

Dalam membangun sistem ini, penulis menggunakan beberapa metode yang digabungkan untuk mendapatkan hasil yang seakurat mungkin. Metode-metode tersebut antara lain: Canny Edge Detection yang dikombinasikan dengan Thinning Zhang Suen, Harris Corner Detector, dan Linear Hough Transform. Hasil deteksi tepi dari Canny Edge Detection dan juga Thinning Zhang Suen akan diolah dengan Harris Corner Detector dan Linear Hough Transform untuk mendapatkan garis-garis yang membentuk kurva sederhana yang akan diidentifikasi bentuknya.

Hasil dari penelitian ini, tingkat akurasi sistem pada 30 sampel dari bentuk 1 garis lurus, segitiga, segi empat, segi enam, segi delapan, dan lingkaran yaitu sebesar 65%, sedangkan untuk bentuk segi-n (segitiga, segiempat, segi enam, dan segi delapan) sistem memiliki tingkat akurasi yang tinggi, yaitu sebesar 85%.

Kata Kunci: identifikasi, segi banyak, Canny, edge detection, thinning, Zhang Suen, Harris Corner Detector, Linear Hough Transform.

DAFTAR ISI

IMPLEMENTASI METODE HOUGH TRANSFORM UNTUK MENGENALI BENTUK SEGI BANYAK PADA SEBUAH CITRA.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
INTISARI.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB 1	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Hipotesis.....	2
1.5. Tujuan Penelitian.....	3
1.6. Metode Penelitian.....	3
1.7. Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2	5
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.2. Landasan Teori	7
2.1.1. Pengolahan Citra Digital.....	7
2.1.2. Grayscale.....	7
2.1.3. Thresholding	8

2.1.4.	Algoritma Canny	10
2.1.5.	Algoritma Thinning Zang Shuen	13
2.1.6.	Segi Banyak dan Sudut	15
2.1.7.	Algoritma Harris Corner Detector	15
2.1.8.	Algoritma Linear Hough Transform	18
BAB 3	22
3.1.	Alat Penelitian	22
3.2.	Perancangan Sistem.....	22
3.1.1.	Preprocessing	23
3.1.2.	Deteksi Tepi	25
3.1.3.	Algoritma Harris Corner Detector	32
3.1.4.	Algoritma Linear Hough Transform	33
3.3.	Perancangan Antarmuka.....	35
3.4.	Perancangan Pengujian.....	37
BAB 4	39
4.1.	Implementasi Sistem	39
4.1.1.	Implementasi Proses Preprocessing	41
4.1.2.	Implementasi Proses Deteksi Tepi	43
4.1.3.	Implementasi Metode Harris Corner Detector	44
4.1.4.	Implementasi Metode Linear Hough Transform.....	45
4.2.	Analisis Sistem	48
BAB 5	65
5.1.	Kesimpulan.....	65
5.2.	Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA	67

LAMPIRAN ALampiran A - 1

LAMPIRAN BLampiran B - 1

©UKDW

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Optimal Thresholding	9
Gambar 2.2. Citra grayscale (a) dan hasil thresholding dengan metode Otsu (b)	10
Gambar 2.3. Diagram Alir Algoritma Canny.....	10
Gambar 2.4. Hasil langkah-langkah pada algoritma deteksi tepi Canny	13
Gambar 2.5. Pengaplikasian <i>Harris Corner Detector</i>	18
Gambar 2.6. Hubungan antara Image Space (a) dan Parameter Space (b)	18
Gambar 2.7. <i>Accumulator Array</i>	19
Gambar 2.8. Bentuk normal untuk k,d	20
Gambar 2.9. Pengaplikasian <i>Linear Hough Transform</i>	21
Gambar 3.1. Diagram Alir Sistem.....	22
Gambar 3.2. Diagram Alir Preprocessing	23
Gambar 3.3. Diagram Alir Grayscale	23
Gambar 3.4. Diagram Alir Thresholding	24
Gambar 3.5. Diagram Alir Deteksi Tepi.....	26
Gambar 3.6. Diagram Alir <i>Gaussian Smoothing</i>	26
Gambar 3.7. Diagram Alir <i>Gradient Filtering</i>	28
Gambar 3.8. Diagram Alir Thinning Zhang Suen.....	30
Gambar 3.9. Diagram Alir Hysteresis Thresholding	31
Gambar 3.10. Diagram Alir Harris Corner Detector.....	32
Gambar 3.11. Diagram Alir Linear Hough Transform	34
Gambar 3.12. Perancangan Antarmuka Sistem	36
Gambar 4.1. Tampilan awal sebelum melakukan <i>Browse Picture</i>	40
Gambar 4.2. Tampilan setelah citra diinputkan	41
Gambar 4.3. Tampilan sistem setelah proses Grayscale	42
Gambar 4.4. Tampilan sistem setelah proses Thresholding.....	43
Gambar 4.5. Tampilan sistem setelah dilakukan proses Deteksi Tepi.....	44
Gambar 4.6. Tampilan sistem setelah proses deteksi sudut.....	45
Gambar 4.7. <i>Message box</i>	46
Gambar 4.8. Tampilan setelah dilakukan proses Hough Transform.....	46

Gambar 4.9. <i>Message box</i> keterangan kurva	47
Gambar 4.10. Tampilan <i>Parameter Space</i>	47
Gambar 4.11. Status <i>combo box</i>	48

©UKDW

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Hubungan antara Image Space dan Parameter Space	19
Tabel 3.1. Komponen dan fungsi pada rancangan antarmuka	36
Tabel 4.1. Urutan Citra Hasil Proses Citra Asli ke Citra Biner	49
Tabel 4.2. Citra Hasil Penelitian Sampel Berupa Garis Lurus.....	54
Tabel 4.3. Data Hasil Penelitian Sampel Berupa Garis Lurus	55
Tabel 4.4. Citra Hasil Penelitian Sampel Berupa Segitiga.....	55
Tabel 4.5. Data Hasil Penelitian Sampel Berupa Segitiga.....	56
Tabel 4.6. Citra Hasil Penelitian Sampel Berupa Segi Empat	57
Tabel 4.7. Data Hasil Penelitian Sampel Berupa Segi Empat.....	58
Tabel 4.8. Citra Hasil Penelitian Sampel Berupa Segi Enam	58
Tabel 4.9. Data Hasil Penelitian Sampel Berupa Segi Enam.....	59
Tabel 4.10. Citra Hasil Penelitian Sampel Berupa Segi Delapan	60
Tabel 4.11. Data Hasil Penelitian Sampel Berupa Segi Delapan.....	61
Tabel 4.12. Citra Hasil Penelitian Sampel Berupa Lingkaran	62
Tabel 4.13. Data Hasil Penelitian Sampel Berupa Lingkaran.....	63

INTISARI

IMPLEMENTASI METODE HOUGH TRANSFORM UNTUK MENGENALI BENTUK SEGI BANYAK PADA SEBUAH CITRA

Pengolahan citra digital merupakan cara untuk mendapatkan informasi-informasi yang terkandung dalam sebuah citra digital. Salah satunya adalah identifikasi objek bangun datar (2D) pada citra, seperti pada sistem yang dibangun oleh penulis, dimana sistem tersebut bertujuan untuk mengidentifikasi bentuk segi banyak yang terdapat pada sebuah citra, yang selanjutnya dapat dikembangkan menjadi sistem yang lebih kompleks seperti indentifikasi banyaknya kendaraan roda empat dalam sebuah citra, dll..

Dalam membangun sistem ini, penulis menggunakan beberapa metode yang digabungkan untuk mendapatkan hasil yang seakurat mungkin. Metode-metode tersebut antara lain: Canny Edge Detection yang dikombinasikan dengan Thinning Zhang Suen, Harris Corner Detector, dan Linear Hough Transform. Hasil deteksi tepi dari Canny Edge Detection dan juga Thinning Zhang Suen akan diolah dengan Harris Corner Detector dan Linear Hough Transform untuk mendapatkan garis-garis yang membentuk kurva sederhana yang akan diidentifikasi bentuknya.

Hasil dari penelitian ini, tingkat akurasi sistem pada 30 sampel dari bentuk 1 garis lurus, segitiga, segi empat, segi enam, segi delapan, dan lingkaran yaitu sebesar 65%, sedangkan untuk bentuk segi-n (segitiga, segiempat, segi enam, dan segi delapan) sistem memiliki tingkat akurasi yang tinggi, yaitu sebesar 85%.

Kata Kunci: identifikasi, segi banyak, Canny, edge detection, thinning, Zhang Suen, Harris Corner Detector, Linear Hough Transform.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Dalam sebuah citra dapat memuat berbagai informasi, dan dengan dilakukannya pengolahan citra (*image processing*) maka informasi-informasi yang terkandung dalam citra tersebut dapat diketahui. Salah satu hasil dari pengolahan citra tersebut adalah pengidentifikasian bentuk bangun datar pada citra. Untuk mengidentifikasi bangun datar tersebut, khususnya bentuk segi banyak dapat dilakukan dengan pendeteksian garis tepi (*edge detection*) dan pendeteksian sudut (*corner detector*) pada citra tersebut, sehingga akhirnya dapat teridentifikasi adanya bentuk segi banyak pada sebuah citra atau tidak. Pengidentifikasian ini merupakan langkah awal yang dapat dikembangkan menjadi sistem yang lebih kompleks, seperti pengidentifikasian kendaraan roda empat dalam sebuah citra, dsb.

Terdapat banyak algoritma untuk pendeteksian garis tepi, seperti *Sobel*, *Laplacian*, *Prewitt*, *Robert*, *Canny*, dan sebagainya.. Noise dalam citra dapat membuat pendeteksian garis tepi menjadi gagal, maka itu dibutuhkan pereduksian noise sehingga pendeteksian garis tepi dapat optimal. Pereduksian noise itulah yang dimiliki oleh algoritma *Canny* yang menjadikan algoritma ini merupakan algoritma yang sesuai untuk penelitian ini. Dan juga dikombinasikan dengan *Thinning Zhang Suen* yang menjadikan hasil deteksi tepi menjadi semakin optimal.

Selanjutnya akan digunakan metode untuk mengenali garis tepi sebagai garis lurus dengan metode *Hough Transform*. Kemudian dikombinasikan dengan metode pendeteksi sudut. Metode pendeteksian sudut pun beragam, sebagai contoh yaitu *Harris Corner Detector* dan *SUSAN detector*. Namun melihat dari segi kompleksitas, stabilitas, dsb., *Harris Corner Detector* menunjukkan hasil yang lebih

baik yang kemudian dijadikan sebagai metode pencarian susut pada sistem yang akan dibangun.

1.2. Perumusan Masalah

Berikut adalah perumusan masalah dalam penelitian ini:

- a. Bagaimana pengimplementasian algoritma Canny Edge Detection dan Thinning Zhang Suen, Hough Transform, dan Harris Corner Detector dalam sistem?
- b. Seberapa besar tingkat akurasi pengimplementasian metode *Hough Transform* pada pendeteksian segi banyak pada suatu citra hasil pendeteksian tepi dengan Canny Edge Detection dan Thinning Zhang Suen serta pengenalan sudut dengan metode *Harris Corner Detector*?

1.3. Batasan Masalah

Batasan-batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bentuk yang akan diidentifikasi adalah kurva tertutup sederhana berupa bangun datar segi banyak yang tidak memiliki sudut refleksi.
- b. Bentuk yang diidentifikasi tidak berada di dalam bentuk segi banyak lainnya (bentuk di dalam bentuk).
- c. Format citra yang dapat diidentifikasi adalah .bmp, .jpg, .jpeg, dan .png.
- d. Hanya dapat mengidentifikasi satu bentuk segi banyak pada sebuah citra.

1.4. Hipotesis

Pengimplementasian metode *Hough Transform* dan *Harris Corner Detector* dapat menghasilkan pengenalan bentuk segi banyak yang akurat.

1.5. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian laporan Tugas Akhir tentang implementasi metode *Hough Transform* untuk mengenali bentuk segi banyak pada sebuah citra yaitu membangun sistem yang mampu mengimplementasikan algoritma Canny Edge Detection, Thinning Zhang Suen, Harris Corner Detector, dan Hough Transform menjadi suatu sistem yang dapat mengidentifikasi bentuk segi banyak pada citra dengan akurat.

1.6. Metode Penelitian

Metode yang akan digunakan untuk mendukung proses pembuatan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- Studi pustaka dengan mempelajari teori-teori melalui buku, artikel, jurnal, dan bahan lain yang mendukung dan berhubungan dengan pendeteksian sudut dengan metode *Harris Corner Detector*, serta pengidentifikasian garis dengan metode *Hough Transform*.
- Perancangan sistem sesuai dengan teori-teori dan informasi yang didapatkan dari berbagai sumber untuk mengimplementasikan metode-metode yang akan digunakan dalam sistem.
- Analisa dari mengimplementasikan metode-metode pada sistem yang telah dibangun, penarikan kesimpulan, serta pemberian saran agar sistem dapat lebih dikembangkan dikemudian hari.

1.7. Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini akan disusun dalam sistematika penulisan berikut:

BAB 1 : Pendahuluan, berisi penjelasan latar belakang, serta batasan masalah, tujuan pembuatan laporan, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan laporan tugas akhir.

- BAB 2 : Landasan teori, berisi penjelasan mengenai teori-teori yang digunakan untuk pembuatan sistem implementasi metode Hough Transform untuk mengenali bentuk segi banyak pada sebuah citra.
- BAB 3 : Perancangan sistem, berisi langkah-langkah perancangan sistem, mulai dari penginputan file gambar, proses pendeteksian garis tepi, pendeteksian sudut dengan metode Harris Corner Detector, serta pendeteksian garis dengan metode Hough Transform sehingga dapat terdeteksi adanya bentuk segi banyak atau tidak.
- BAB 4 : Implementasi, berisi tahap-tahap implementasi program, hasil analisis/pengujian, serta kendala-kendala yang dihadapi dalam pembuatan sistem.
- BAB 5 : Kesimpulan dan saran, berisi kesimpulan mengenai sistem yang dibangun, apakah sistem berjalan sesuai dengan hipotesis awal, dan juga berisi saran-saran untuk pengembangan sistem di masa yang akan datang.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan oleh penulis, terdapat beberapa kesimpulan yang diperoleh, yaitu sebagai berikut:

1. Sistem yang telah dikembangkan hanya dapat mengidentifikasi sampel dengan bentuk segi-n (segitiga, segi empat, segi enam, dan segi delapan) dengan baik.
2. Yang mempengaruhi tinggi rendahnya akurasi pengidentifikasian yaitu:
 - a. Ukuran citra
Semakin besar ukuran citra maka akan semakin akurat hasil yang didapat.
 - b. Banyaknya segi yang diidentifikasi
Semakin banyak segi maka tingkat akurasi semakin rendah.
 - c. Banyaknya sudut yang teridentifikasi
Untuk garis lurus, garis yang terbentuk akan akurat jika hanya memiliki 2 titik sudut, yaitu sudut di setiap ujungnya. Dan untuk lingkaran, jika sudut yang teridentifikasi semakin banyak maka tingkat akurasinya semakin baik.
3. Sistem yang telah dikembangkan oleh penulis memiliki persentase akurasi sebesar 66,6% untuk seluruh bentuk sampel, dan 85% untuk sampel dengan bentuk segi-n.

5.2. Saran

Untuk pengembangan sistem lebih lanjut, saran yang dapat diberikan oleh penulis adalah sebagai berikut:

1. Dapat dikembangkan untuk mendeteksi citra asli (bukan hasil edit) sehingga mampu mendeteksi citra yang kompleks dengan baik.
2. Dapat menghapus titik-titik sudut yang berada dalam garis, sehingga titik sudut yang ditampilkan hanya sudut pada ujung garis sehingga dapat meningkatkan akurasi pengidentifikasian.
3. Dapat memotong garis sesuai titik potong antar garis, sehingga panjang garis-garis yang ditampilkan sesuai dengan objek yang dideteksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Burger, W., & Burge, M. J. (2008). *Principles of Digital Image Processing Core Algorithms*. Washington DC: Springer.
- Davies, E. R. (2012). *Computer & Machine Vision: Theory, Algorithms, Practicalities*. Oxford: Academic Press.
- Devadoss, S. L., & O'Rourke, J. (2011). *Discrete and Computational Geometry*. United Kingdom: Princeton University Press.
- Florczyk, S. (2005). *Robot Vision: Video-based Indoor Exploration with Autonomous and Mobile Robots*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2002). *Digital Image Processing*. New Jersey: Prentice Hall.
- Harris, C., & Stephens, M. (1988). A COMBINED CORNER AND EDGE DETECTOR. *Plessey Research Roke Manor, United Kingdom*, 147-151.
- Jain, K. A. (1989). *Fundamentals of Digital Image Processing*. New Jersey: Prentice Hall.
- Jean, P., & David A., F. (2002). *Computer Vision: A Modern Approach*. India: Prentice Hall.
- Kumar, T., & Verna, K. (2010). A Theory Based on Conversion of RGB image to Gray image. *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887)*, 7-10.
- Kumar, Y. S. (2009). *Canny Edge Detection Implementation on TMS320C64x/64x+ Using VLIB*, Retrieved from <http://www.ti.com/general/docs/lit/getliterature.tsp?literatureNumber=sprab78&fileType=pdf>.
- Nixon, M. S., & Aguado, A. S. (2002). *Feature Extraction and Image Processing*. Oxford: Newness.

- Saraswati, N. S. (2010). TRANSFORMASI WAVELET DAN THRESHOLDING PADA CITRA MENGGUNAKAN MATLAB. *Jurnal TSI, Vol.1, No.2*, 128-137.
- Song, J., & Lyu, M. R. (2004). A Hough Transform Based Line Recognition Method Utilizing Both Parameter Space and Image Space. *Pattern Recognition*, 539-552.
- Vernon, D. (1991). *Machine Vision: Automated Visual Inspection and Robot Vision*. New Jersey: Prentice Hall.
- Widiarti, A. R. (2011). Comparing Hilditch, Rosenfeld, Zhang-Suen, and Nagendraprasad - Wang-Gupta Thinning. *104 International Scholarly and Scientific Research & Innovation 5(6)*, 104- 108.
- Zhang, T. Y., & Suen, C. Y. (1984). A Fast Parallel Algorithm for Thinning Digital Patterns. *Communications of the ACM, Vol.7*, 236.