

**PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI DETEKSI TANGGA SEBAGAI ALAT BANTU  
TUNANETRA BERBASIS PENGOLAHAN CITRA DIGITAL DENGAN METODE SUPPORT  
VECTOR MACHINE**

***DESIGN AND IMPLEMENTATION OF STAIRCASE DETECTION AS A TOOL FOR BLIND PEOPLE  
BASED ON DIGITAL IMAGE PROCESSING USING SUPPORT VECTOR MACHINE METHOD***

Zahrana Hermulyani<sup>1</sup>      Dr. Ir. Bambang Hidayat, DEA<sup>2</sup>      Unang Sunarya, ST., MT.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>23</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

---

**Abstrak**

Pengenalan kondisi jalan sangat penting bagi tunanetra dalam membantu menjalani aktifitas. Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah tersebut tunanetra membutuhkan alat bantu untuk mengetahui keadaan di sekitarnya. Salah satu alat bantu yang banyak dipakai tunanetra untuk mengetahui kondisi jalan adalah tongkat.

Pada saat ini, teknologi untuk alat bantu tunanetra berbasis citra digital sedang banyak dikembangkan. Pada tugas akhir ini dirancang sebuah sistem deteksi tangga untuk alat bantu tunanetra yang berbasis pengolahan citra digital. Tujuan dari sistem ini yaitu untuk mendeteksi apakah didepan terdapat tangga dan untuk mengetahui jenis tangga tersebut, tangga naik atau tangga turun. Metode ekstraksi ciri yang dipakai untuk mendeteksi tangga yaitu menggunakan metode *Hough Transform*. Kemudian dilakukan klasifikasi dengan metode *Support Vector Machine (SVM)* untuk menentukan jenis tangga. Output dari sistem ini berupa audio berdasarkan hasil klasifikasi jenis tangga.

Hasil dari tugas akhir yaitu terimplementasikannya sistem yang dapat mendeteksi jenis tangga dengan rata-rata akurasi 83% ke dalam *raspberry pi*.

**Kata kunci:** Tunanetra, *Hough Transform*, *Support Vector Machine*

---

**Abstract**

Recognition of road condition is very important for blind people to help them through their activities. To solve these problems, blind people need tools to access surrounding areas. One of the tools that most blind people use is stick.

At this time, the technology based on digital image for visually impaired tools are being developed. In this final project, a system of staircase detection based on digital image processing is designed. The goal of this system is to detect if there is any staircase ahead and then to know the type of staircase, is it ascending or descending stair. Feature extraction method that used in this final project are *Hough Transform*. Then classification using *Support Vector Machine (SVM)* method is used to determine the type of staircase.

The result of this final project is the creation of system that can detect the type of staircase with an accuracy rate 83% and it can be implemented to *raspberry pi*.

**Keywords:** Blind People, *Hough Transform*, *Support Vector Machine*

---

**1. PENDAHULUAN**

Dalam menjalankan aktifitas sehari-hari tunanetra menghadapi berbagai macam tantangan. Dengan keterbatasannya tunanetra hanya dapat memanfaatkan indera lainnya. Untuk membantu mengatasi masalah tersebut, tunanetra membutuhkan alat bantu saat beraktifitas. Banyak tunanetra yang menggunakan tongkat untuk membantu mereka mengetahui keadaan sekitarnya, seperti mengetahui apakah ada hambatan di depannya atau kondisi jalan.

Sebelumnya telah banyak dikembangkan berbagai teknologi untuk membantu tunanetra dengan berbagai tujuan seperti untuk navigasi, deteksi hambatan, dsb. Banyak dari teknologi yang sudah dikembangkan tersebut menggunakan sensor ultrasonik. Kekurangan dari teknologi tersebut hanya memberikan informasi yang terbatas dan tidak spesifik misalnya mengenai jenis hambatan apakah tembok, pintu atau orang. Oleh karena itu, banyak teknologi yang sedang dikembangkan untuk alat bantu tunanetra saat ini berbasis visual/citra.

Pada tugas akhir ini, penulis mengangkat tema mengenai sistem deteksi tangga untuk alat bantu tunanetra berbasis pengolahan citra digital yang diimplementasikan ke dalam *raspberry pi*. Sistem ini bertujuan untuk dapat mendeteksi jenis tangga serta arah agar dapat membantu tunanetra dalam mengetahui kondisi jalan yang dihadapi. Tema ini dipilih karena ketika tunanetra berjalan di dalam gedung terutama saat ada tangga, mereka dapat mengantisipasi kondisi jalan yang akan dihadapi dan mencegah terjadi cedera misalnya karena jatuh dari tangga. Output dari sistem ini berupa audio/suara berdasarkan hasil dari deteksi arah dan tangga.

Metode ekstraksi ciri yang digunakan adalah metode *Hough Transform*, metode ini digunakan untuk mengekstraksi ciri dengan mendeteksi garis yang terdapat pada gambar. Untuk proses klasifikasi menggunakan metode *Support Vector Machine (SVM)*. SVM merupakan metode pembelajaran terawasi dengan mencari bidang pemisah yang terbaik (*optimal separating hyperplane*) antara dua kelas.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1 Tunanetra

Tunanetra adalah seseorang yang memiliki gangguan pada indera penglihatannya. Berdasarkan tingkat gangguannya tunanetra dibagi menjadi dua yaitu *low vision* dan buta total (*total blind*). Akibat dari tidak berfungsi indera penglihatannya maka tunanetra berusaha memaksimalkan fungsi indera yang lain. Akan tetapi, banyak tunanetra juga menggunakan alat bantu untuk membantu mereka dalam mengetahui keadaan sekitarnya[9].

### 2.2 Video Processing [3]

Pemrosesan video (*video processing*) adalah pemrosesan sinyal elektronik yang mewakili gambar bergerak. Video dibagi menjadi dua kategori yaitu video analog dan video digital. Pada *video processing* ini yang digunakan adalah video digital. Video digital sebenarnya terdiri atas serangkaian gambar digital yang ditampilkan dengan cepat pada kecepatan yang konstan. Dalam konteks video, gambar ini disebut dengan *frame*. Satuan ukuran untuk menghitung *frame* rata-rata yang ditampilkan disebut *frame per second (fps)*. Setiap *frame* merupakan gambar digital yang terdiri dari piksel- piksel.

### 2.3 Citra Digital

Citra merupakan kumpulan elemen gambar yang secara keseluruhan merekam suara adegan/scene melalui media indera visual. Secara umum citra dibagi menjadi 2, yaitu citra analog dan citra digital. Pada image processing yang digunakan adalah citra digital. Citra digital dapat didefinisikan sebagai fungsi dua dimensi  $f(x,y)$ , dengan  $x$  dan  $y$  merupakan koordinat spasial dan amplitudo  $f$  di titik koordinat  $(x,y)$  disebut intensitas atau level keabuan dari citra pada titik tersebut, dimana nilai  $x$ ,  $y$  dan nilai amplitudo  $f$  berhingga (*finite*) dan bernilai diskrit [1].

### 2.4 Pengolahan Citra Digital [1]

Pengolahan citra adalah setiap bentuk pengolahan sinyal yang masukannya berupa citra dan keluaran dari pengolahan citra tersebut dapat pula berupa citra atau sejumlah karakteristik atau parameter yang terkait dengan citra.

### 2.5 Deteksi Tepi

Deteksi tepi didasarkan pada kontras gambar, perbedaan intensitas kontras itulah yang menekankan batas ciri dalam sebuah gambar. Deteksi tepi bertujuan menghasilkan gambar garis dari suatu gambar. Terdapat beberapa metode deteksi tepi diantaranya *Robert edge detection*, *Prewitt edge detection*, *Sobel edge detection* dan *Canny edge detector*. Pada tugas akhir ini, deteksi tepi yang digunakan adalah deteksi tepi canny (*Canny edge detection*).

### 2.6 Deteksi Garis

*Hough Transform* digunakan untuk mendeteksi garis pada suatu gambar. Pada sistem koordinat Cartesian, garis lurus dapat direpresentasikan dengan persamaan:

$$(2.1)$$

dengan  $m$  merupakan gradien garis dan  $c$  merupakan titik dimana sebuah garis melewati sumbu  $y$ . Dalam *Hough Transform*, parameter dari garis lurus tidak direpresentasikan dalam titik  $(x,y)$  seperti , namun dalam parameter  $(m,c)$ . Akan tetapi persamaan ini menjadi tidak stabil pada garis vertikal karena nilai  $m$  dan  $c$  akan menuju tak hingga. Kemudian pada tahun 1972 dikembangkan oleh Duda dan Hart dengan mengubah ke koordinat polar dan dikenal dengan *Standard Hough Transform (SHT)*.

$$(2.2)$$

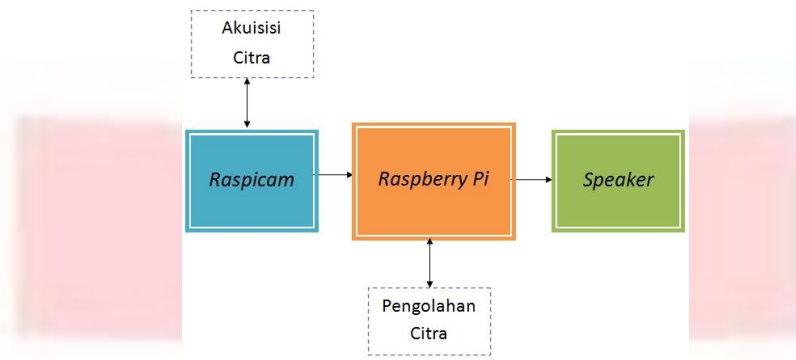
### 2.7 Support Vector Machine (SVM) [7] [8]

*Support Vector Machine* adalah salah satu metode pembelajaran terawasi (*supervised learning*) menghasilkan fungsi klasifikasi dari set data pelatihan. Konsep dasar SVM merupakan pengembangan dari teknik *optimal separating hyperplane* (Vapnik, 1996). *Optimal separating hyperplane* memisahkan dua kelas dan memaksimalkan jarak antara titik atau *pattern* terdekat dari masing- masing kelas dengan *hyperplane*. Jarak inilah yang disebut dengan margin sedangkan *pattern* terdekat ini disebut sebagai *support vector*. Prinsip dasar SVM adalah linear classifier yang selanjutnya dikembangkan agar dapat bekerja pada problem non- linear, dengan memasukkan konsep kernel trick pada ruang kerja dimensi tinggi.

## 3. PERANCANGAN SISTEM

Pada tugas akhir ini, sistem deteksi tangga sebagai alat bantu tunanetra berbasis pengolahan citra digital diimplementasikan ke dalam *Raspberry Pi 2*. *Raspicam* digunakan untuk menangkap suatu citra yang terdapat tangga, baik tangga naik maupun tangga turun. Kemudian proses pengolahan citra sampai pengenalan jenis tangga di proses pada *Raspberry Pi*. Hasil deteksi dari jenis tangga berupa audio melalui sebuah speaker.

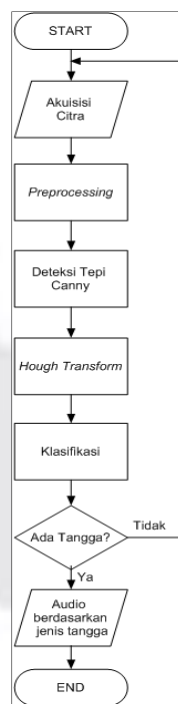
### 3.1 Diagram Blok Sistem



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem

Berdasarkan diagram blok sistem, bagian perangkat keras yang digunakan pada sistem ini adalah *Raspberry Pi*, *Raspicam* sebagai sensor, dan *Speaker* sebagai *output* sistem. *Raspberry Pi* sebagai *main system* untuk mengolah video yang telah diambil menggunakan *raspicam*, kemudian dilakukan pengolahan citra agar dapat mengekstraksi ciri dari citra yang akan dideteksi. Untuk mengetahui informasi dari jenis citra tersebut maka selanjutnya adalah proses klasifikasi dengan menggunakan klasifikasi *Support Vector Machine* (SVM).

### 3.2 Flowchart Sistem



Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem

Sistematika alur kerja sistem secara garis besar sebagai berikut:

1. Pengambilan video di dalam gedung menggunakan *raspicam*.
2. *Pre-processing* gambar dengan menggunakan median filter untuk menghilangkan *noise* pada citra, lalu mengubah citra ke *grayscale* dan mendeteksi tepi dengan deteksi tepi *Canny*.

3. Ekstraksi ciri dengan mendeteksi garis menggunakan Hough Transform. Garis yang dideteksi berupa garis yang membentuk pegangan dari tangga serta undakan dari tangga tersebut.
4. Klasifikasi menggunakan SVM.
5. Output dari sistem berupa audio berdasarkan hasil klasifikasi jenis tangga.  
Sistem akan melakukan proses pelatihan terlebih dahulu untuk mendapatkan ciri latih. Ciri latih tersebut kemudian akan disimpan ke dalam *database* dan akan digunakan sebagai pembanding pada proses klasifikasi untuk pengujian sistem.

### 3.3 Perancangan Perangkat Keras

#### 3.3.1. Raspicam

Raspicam (*Raspberry Camera*) merupakan kamera yang akan digunakan untuk mengakuisisi citra sebagai input pada sistem. Raspicam mempunyai resolusi sebesar 5 megapixel yang mendukung resolusi video 1080p, 720p dan VGA90. Raspicam ini terhubung dengan port CSI pada *raspberry pi*. Sudut pengambilan video dipasang tegak lurus terhadap objek atau  $\pm 90^\circ$ .

#### 3.3.2. Raspberry Pi[10]

*Raspberry Pi* merupakan *Single Circuit Board* yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Pada tugas akhir ini, *Raspberry Pi* yang akan digunakan yaitu tipe 2 Model B.

#### 3.3.3. Desain Aat



Gambar 3.3 Desain Alat

Alat yang dibuat terdiri dari *Raspicam*, *Raspberry Pi 2* dan *Speaker*. Alat ini memiliki ukuran 13 cm x 7,5 cm x 4 cm. Untuk catu daya menggunakan 6 baterai AA 1,5 Volt.

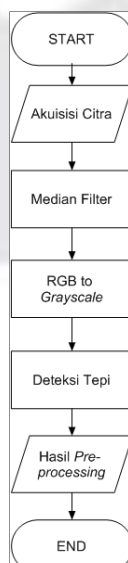
### 3.4 Perancangan Pengolahan Citra

#### 3.4.1 Akuisi Citra

Pengambilan video menggunakan webcam untuk input sistem. Proses pengambilan video ini akan dilakukan di dalam gedung. Dalam proses pelatihan sistem, akan dilakukan akuisisi untuk tangga naik belok kanan, tangga naik belok kiri, tangga turun belok kanan, tangga turun belok kiri, dan jalan lurus.

#### 3.4.2 Preprocessing

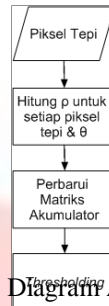
Proses *pre-processing* ini bertujuan untuk mempersiapkan citra agar mudah diproses dan diambil cirinya untuk proses selanjutnya. Output citra pada tahap *pre-processing* diharapkan dalam kondisi optimal dan memiliki *noise* seminimal mungkin. Tahap *pre-processing* terdiri proses mengubah citra RGB menjadi citra *grayscale*, median filter, dan deteksi tepi *Canny*.



Gambar 3.4 Diagram Alir Proses *Preprocessing*

### 3.4.3 Ekstraksi Ciri

Dalam melakukan sebuah pengklasifikasian citra terlebih dahulu mengambil ciri dari sebuah citra tersebut, teknik ini disebut ekstraksi ciri (*feature extraction*). Pada tugas akhir ini, metode ekstraksi ciri yang digunakan adalah Transformasi Hough (*Hough Transform*). *Hough Transform* berfungsi untuk mengekstraksi garis, lingkaran dan elips. Ciri yang utama pada sebuah tangga yaitu tangga mempunyai garis-garis yang tersusun secara paralel [4] dan juga garis yang membentuk pegangan dari tangga tersebut.



Gambar 3.5 Diagram Alir SHT

## 4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

### 4.1 Tujuan Pengujian Sistem

Tahap selanjutnya yaitu pengujian terhadap sistem yang telah dibuat kemudian menganalisis hasil dari pengujian dan performansi dari sistem. Tujuan dari pengujian sistem ini, yaitu:

1. Mengetahui performansi sistem yang telah dibuat berdasarkan akurasi dan waktu komputasi dengan melakukan pengujian secara real time.
2. Mengetahui tingkat akurasi sistem berdasarkan pengaruh intensitas cahaya.
3. Menganalisis pengaruh window median filter terhadap tingkat akurasi sistem.
4. Menganalisis parameter pada deteksi tepi dan *Hough Transform*. Dari hasil percobaan akan diketahui nilai parameter yang efektif dan efisien untuk ketepatan deteksi.

### 4.2 Pengujian Waktu Komputasi

Pada proses pengujian yang pertama bertujuan untuk mengetahui waktu komputasi yang diperlukan untuk mendeteksi jenis tangga dengan melihat waktu pengujian rata-rata dari setiap jenis tangga. Pengujian ini dilakukan sebanyak 10 kali dengan waktu siang hari.

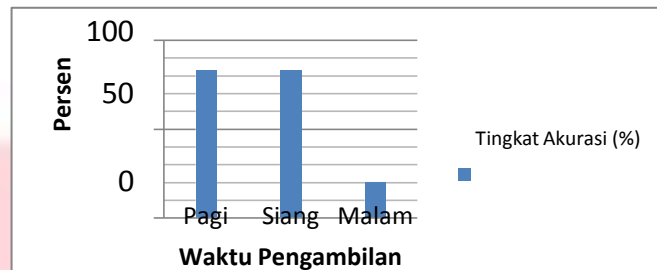
Tabel 4.1 Waktu Komputasi

No.	Tangga Naik	Tangga Turun
1	4,865	5,012
2	4,900	5,236
3	4,78	5,111
4	4,923	4,995
5	4,655	5,112
6	4,830	4,923
7	4,677	5,132
8	4,895	5,004
9	4,932	5,205
10	4,784	4,903
Rata-rata	4,8421 (s)	5,6 (s)

Berdasarkan data pengujian pada Tabel 4.1, bahwa sistem ini masih membutuhkan waktu yang cukup lama dalam mendeteksi yaitu dengan rata-rata 4,8421 s untuk tangga naik dan 5,6 s untuk tangga turun. Hal tersebut diantaranya karena nilai resolusi/ ukuran citra yang cukup besar dan deteksi *Hough Transform* yang juga memakan waktu komputasi.

### 4.3 Pengujian Tingkat Akurasi Berdasarkan Intensitas Cahaya

Pengujian ini dilakukan untuk melihat tingkat akurasi dari sistem berdasarkan pengaruh dari intensitas cahaya. Pengujian dilakukan dengan menggunakan window median filter dengan ukuran 3 x 3, dengan nilai *upper threshold* dan *lower threshold* pada deteksi tepi Canny masing – masing 80 dan 120 dan nilai voting untuk *Hough Transform* sebesar 120.

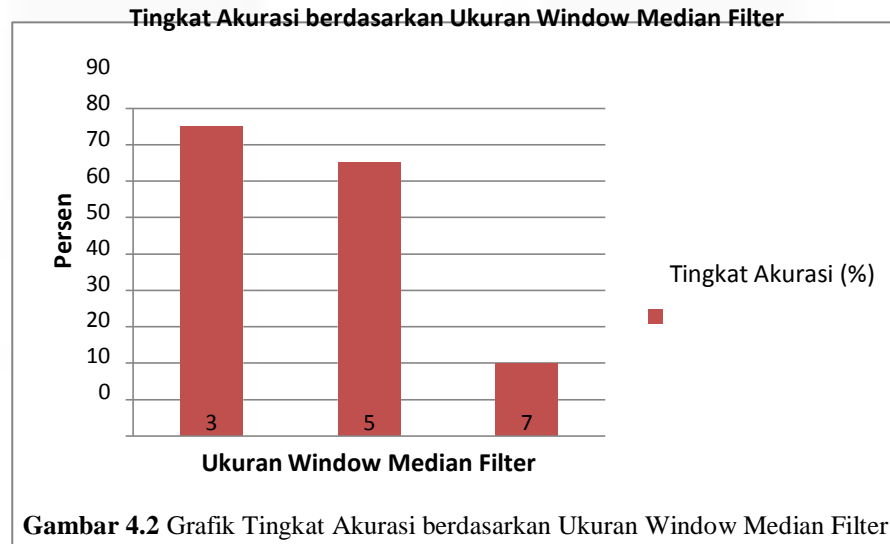


**Gambar 4.1** Grafik Akurasi Sistem Terhadap Pengaruh Cahaya

Akurasi terbesar sebesar 83% didapatkan ketika sistem melakukan pengujian pada pagi hari dan siang hari. Sementara akurasi terkecil sebesar 20% didapatkan ketika pengujian dilakukan pada malam hari. Hal tersebut disebabkan oleh intensitas cahaya pada pagi dan siang hari yang terang. Pengujian pada malam hari dengan tingkat intensitas cahaya yang rendah menyebabkan deteksi tepi menjadi tidak optimal. Oleh sebab itu, pengujian pada malam hari hanya mencapai tingkat akurasi sebesar 20%.

### 4.4 Pengujian Window Median Filter

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi berdasarkan ukuran window median filter yang digunakan. Ukuran window median filter yang diuji yaitu 3 x 3, 5 x 5 dan 7 x 7. Pengujian dilakukan pada siang hari sebanyak 10 kali untuk masing- masing jenis tangga.



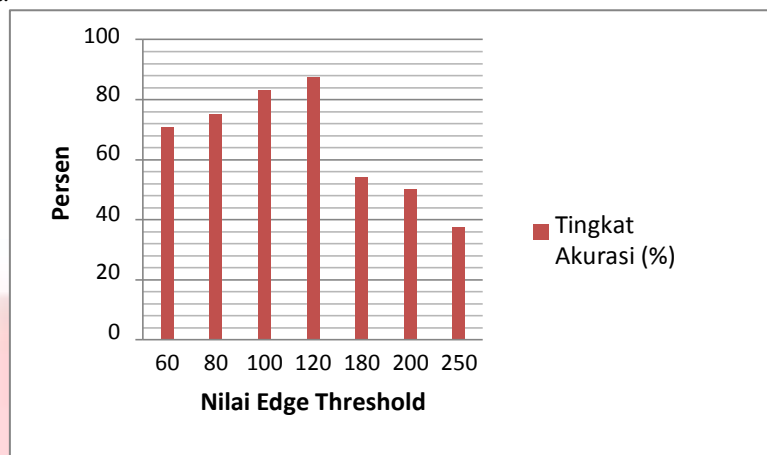
**Gambar 4.2** Grafik Tingkat Akurasi berdasarkan Ukuran Window Median Filter

Berdasarkan Gambar 4.2, bahwa nilai akurasi yang paling besar sebesar 83% yaitu saat ukuran window median filter sebesar 3 x 3. Semakin besar ukuran window median filter yang digunakan maka citra hasil proses median filter akan semakin blur, akibatnya tingkat akurasi pun menjadi semakin kecil. Hal tersebut karena hasil dari proses dari ekstraksi ciri tidak terlihat. Oleh karena itu, ukuran window median filter yang paling baik digunakan yaitu 3 x 3.

### 4.5 Pengujian Nilai Paramater Deteksi Tepi dan Hough Transform

Pengujian kali ini bertujuan untuk mengetahui nilai parameter yang paling baik digunakan pada saat proses deteksi tepi dan ekstraksi ciri *Hough Transform*. Pengujian pertama yaitu menggunakan nilai threshold

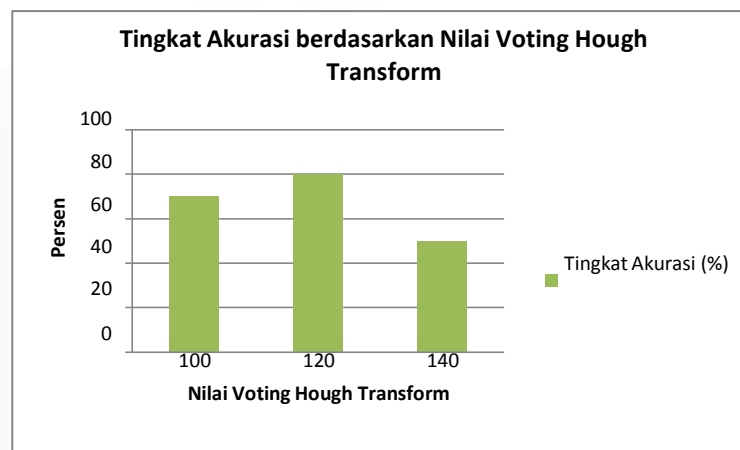
yang berbeda- beda pada saat proses deteksi tepi Canny. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali untuk masing-masing jenis tangga.



**Gambar 4.3** Grafik Tingkat Akurasi berdasarkan Nilai Edge Threshold

Dari grafik pada gambar 4.5, dapat diperoleh bahwa saat *edge threshold* bernilai 120 nilai akurasinya semakin besar. Walaupun pada nilai *edge threshold* sama dengan 250 terlihat bahwa tepi yang dihasilkan lebih halus dan bersih, tetapi banyak tepi yang hilang.

Pengujian yang kedua yaitu menggunakan tiga nilai voting yaitu 100, 120 dan 140 pada saat proses *Hough Transform*. Tujuan dari pengujian ini yaitu mencari nilai voting *Hough Transform* yang optimal.



**Gambar 4.4** Grafik Tingkat Akurasi berdasarkan Nilai Voting Hough Transform

Berdasarkan grafik pada gambar 4.7 dan gambar 4.8, dapat kita lihat bahwa nilai voting hough transform sebesar 120 merupakan nilai yang optimal dengan akurasi mencapai 80%. Untuk nilai *voting* 100, terlalu banyak garis yang terjadi akibat *false detection*. Oleh sebab itu, semakin kecil nilai *voting* maka *false detection* akan semakin besar

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari pengujian dan analisis sistem yang telah dilakukan untuk mendeteksi arah dan tangga sebagai alat bantu tunanetra menggunakan metode *Support Vector Machine*, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Ekstraksi fitur menggunakan Hough Transform sudah cukup baik digunakan pada sistem ini.
2. Intensitas cahaya berpengaruh pada tingkat akurasi sistem. Pada sistem ini akurasi tertinggi didapatkan pada pagi dan siang hari sebesar 83% dan pada malam hari tingkat akurasi yang didapat hanya 20%. Intensitas cahaya sangat berpengaruh terhadap akurasi sistem terutama saat pengujian pada malam hari karena sistem tidak dapat mendeteksi tepi dengan baik dan akibatnya ekstraksi ciri tidak optimal.
3. Tingkat akurasi yang terbaik untuk ukuran window median filter adalah dengan window ukuran 3 x 3 dengan tingkat akurasi mencapai 83%. Semakin lebar window median filter maka tingkat akurasi semakin rendah, hal tersebut karena membuat citra semakin blur.
4. Nilai parameter hough transform dan edge threshold sangat berpengaruh terhadap akurasi sistem. Jika nilai voting hough transform dan edge threshold terlalu besar, maka deteksi tepi dan garis tidak akan optimal.

## 5.2 Saran

Saran untuk pengembangan yang dapat dilakukan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan penelitian dengan menggunakan metode yang lain agar dapat dibandingkan.
2. Menggunakan kamera dengan spesifikasi dan resolusi yang lebih baik agar dapat mendeteksi secara akurat terutama pada malam hari.
3. Sistem dapat mendeteksi jarak.
4. Membuat sistem yang dapat mendeteksi objek lebih banyak lagi.

## Daftar Pustaka

- [1] Gonzalez, R.C., Wood, R.E. (2002). *Digital Image Processing*. New Jersey: Prentice Hall
- [2] Nixon, Mark., Aguado, Alberto. (2008). *Feature Extraction & Image Processing: Second Edition*. Oxford: Elsevier.
- [3] Binanto, Iwan. (2010). *Multimedia Digital: Dasar Teori + Pengembangannya*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- [4] Wang, S., Pan, Hangrong., C, Zhang., Tian, Yingli. (2014). *RGB- D Imaged-based Detection of Stairs, Pedestrian Crosswalks and Traffic Signs*. J VIS Commun Image Represent (JVCIR), 25:263-272.
- [5] Putra, Darma. (2010). *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- [6] Faragasso, Angela., Oriolo, Giuseppe. (2013). *Vision-Based Corridor Navigation for Humanoid Robots*. IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA).
- [7] Vapnik, V.N. (1999). *The Nature of Statistical Learning Theory: 2nd edition*. New York: Springer.
- [8] Hastie, Trevor., Tibshirani, Robert. (2001). *The Elements of Statistical Learning*. Canada: Springer.
- [9] Laesi, Abu. *Tunanetra*. SLB Kartini Batam. <http://www.slbk-batam.org/> [diakses 24 November 2014]
- [10] Ignanto, Wina. (2011). *Perancangan Aplikasi Deteksi dan Klasifikasi Jenis dan Arah untuk Alat Bantu Tuna Netra Berbasis Citra Digital*. Tugas Akhir IT Telkom: Bandung.
- [11] Putri, Lintang Kartika. (2013). *Simulasi dan Analisis Sistem Deteksi Arah Berbasis Pengolahan Citra Digital Sebagai Alat Bantu Tunanetra Menggunakan Webcam dan Metode Hidden Markov Model*. Tugas Akhir Universitas Telkom: Bandung.
- [12] Shahrabadi, Somayeh., Rodrigues, Joao M.F., Hans du Buf, J. M. (2013). *Detection of Indoor and Outdoor Stairs*. IbPRIA 2013, LNCS 7887, pp. 847–854. Springer: Heidelberg.
- [13] Tian, Yingli., Yang, Xiaodong., Arditi, Aries. (2010). *Computer Vision-Based Door Detection for Accessibility of Unfamiliar Environments to Blind Persons*. ICCHP 2010, Part II, LNCS 6180, pp. 263–270. Springer: Heidelberg.
- [14] *Raspberry Pi*. (2014). <http://www.raspberrypi.org/> [diakses 5 Oktober 2015]