

**IMPLEMENTASI VIRTUAL PIANO MENGGUNAKAN
KAMERA**

Skripsi



oleh

WINDY HENDRA SUPARDI

71120024

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA

2016

IMPLEMENTASI VIRTUAL PIANO MENGGUNAKAN KAMERA

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

WINDY HENDRA SUPARDI

71120024

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA

2016

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

IMPLEMENTASI METODE CONVEX HULL PADA PERANCANGAN VIRTUAL PIANO MENGGUNAKAN KAMERA

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 keserjanaan 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 keserjanaan saya.

Yogyakarta, 7 Juni 2016



WINDY HENDRA SUPARDI

71120024

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : IMPLEMENTASI METODE CONVEX HULL
PADA PERANCANGAN VIRTUAL PIANO
MENGUNAKAN KAMERA

Nama Mahasiswa : WINDY HENDRA SUPARDI

N I M : 71120024

Matakuliah : Skripsi (Tugas Akhir)

Kode : TIW276

Semester : Genap

Tahun Akademik : 2015/2016

Telah diperiksa dan disetujui di
Yogyakarta,
Pada tanggal 7 Juni 2016

Dosen Pembimbing I



Lukas Chrisantyo, S.Kom., M.Eng.

Dosen Pembimbing II



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

HALAMAN PENGESAHAN

IMPLEMENTASI METODE CONVEX HULL PADA PERANCANGAN VIRTUAL PIANO MENGGUNAKAN KAMERA

Oleh: WINDY HENDRA SUPARDI / 71120024

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 1 Juni 2016

Yogyakarta, 7 Juni 2016
Mengesahkan,

Dewan Penguji:

1. Lukas Chrisantyo, S.Kom., M.Eng.
2. Yuan Lukito, S.Kom., M.Cs.
3. Kristian Adi Nugraha, S.Kom., M.T.
4. Restyandito, S.Kom., MSIS, Ph.D



Dekan

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

Ketua Program Studi

(Gloria Virginia, Ph.D.)

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan anugerah sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul Implementasi Virtual Piano Menggunakan Kamera.

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

Dalam menyelesaikan pembuatan program dan laporan Tugas Akhir ini, penulis telah banyak menerima bimbingan, saran, dan masukan 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. Bpk. Lukas Chrisantyo, S.Kom., M.Eng. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dengan sabar dan baik kepada penulis, juga kepada
2. Bpk. Yuan Lukito, S.Kom., M.Cs. selaku dosen pembimbing II atas bimbingan, petunjuk, dan saran yang diberikan selama pengerjaan Tugas Akhir ini sejak awal hingga akhir, juga kepada
3. Keluarga tercinta yang setia memberikan dukungan, doa, dan semangat.
4. Jessica Andriani, Firstita Prawiro, dan Inggar Saputra yang senantiasa menghibur, memberi semangat, dan membantu dalam doa.
5. Tyfons IT Solution yang memberikan dukungan dan masukkan kepada penulis
6. Pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa program dan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca sekalian. Sehingga suatu saat penulis dapat memberikan karya yang lebih baik lagi. Akhir kata penulis ingin meminta maaf bila ada kesalahan baik dalam penyusunan laporan maupun yang pernah penulis lakukan sewaktu membuat program Tugas Akhir. Sekali lagi penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya.

Yogyakarta, 11 Mei 2016

Penulis

©UKDWN

INTISARI

Implementasi Virtual Piano Menggunakan Kamera

Hand Gesture Recognition (HGR) adalah salah satu cabang ilmu dari computer vision. Teknologi HGR memungkinkan pengguna untuk dapat berinteraksi langsung dengan komputer melalui media tangan. Pada penelitian ini, penulis menggunakan teknologi HGR untuk membuat sistem yang dapat memainkan piano kertas dengan bantuan kamera.

Untuk dapat membuat sistem, diperlukan preprocessing piano kertas dan tangan, ekstraksi fitur piano dan tangan, pencarian posisi jari, dan juga pengujian. Preprocessing dilakukan dengan mengubah citra RGB ke citra HSV yang selanjutnya citra HSV akan dikonversi lagi menjadi citra biner. Dari citra biner akan dicari sebuah kontur terluas dari piano dan dua kontur terluas dari tangan. Ekstraksi fitur piano dilakukan dengan deteksi tepi untuk mendapatkan objek piano dan koordinat tuts. Ekstraksi fitur tangan dilakukan dengan menggunakan metode Convex Hull. Pencarian posisi jari dilakukan dengan menggunakan koordinat titik-titik convex. Pengujian dilakukan dengan menghitung waktu latensi, pendeteksian warna kulit (terang, gelap, sawo matang, kuning), dan pencarian tuts mana yang akan memberikan hasil terbaik jika ditekan.

Dari penelitian ini didapatkan hasil rata-rata waktu latensi sistem ketika menekan tuts adalah 0,939 detik, hasil pendeteksian warna kulit memiliki akurasi keberhasilan 100% dengan threshold warna kulit yang sudah ditentukan, dan hasil pendeteksian sudut tekan tuts memberikan hasil yang cukup baik dengan posisi penekanan terbaik ada pada tuts bagian tengah dari panjang tuts.

Keywords : Hand gesture, Convex Hull, Virtual Piano

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	viii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iviii
HALAMAN PENGESAHAN.....	viii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	1
INTISARI.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB 1.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Metode Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2.....	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 Landasan Teori.....	7
2.2.1 Gesture Recognition.....	7
2.2.2 Warna.....	8
2.2.2 Segmentasi.....	8
2.2.3 Sobel Filter.....	9
2.2.4 Hand and Finger Tracking.....	10
2.2.4.1 Pendeteksian Tangan Berdasarkan Warna.....	10
2.2.4.2 Convex Hull.....	12
BAB 3.....	15

ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM	15
3.1 Analisis Kebutuhan Sistem	15
3.1.1 Perangkat Keras dan Perangkat Lunak	15
3.1.2 Rancangan Sistem.....	16
3.1.2.1 Use Case Diagram.....	16
3.1.2.2 Flowchart Diagram	17
3.1.2.3 User Interface Sistem	29
3.1.3 Rancangan Pengujian.....	31
BAB 4	32
IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SISTEM.....	32
4. 1 Implementasi Sistem	32
4.1.1 Konfigurasi Awal.....	32
4.1.2 Implementasi Antarmuka Sistem.....	33
4.1.2.1 Halaman Utama.....	33
4.1.3 Implementasi Kode	37
4.1.3.1 Implementasi <i>Preprocessing</i>	37
4.1.3.2 Implementasi Pencarian Kontur Kertas	38
4.1.3.3 Implementasi Sobel Filter	39
4.1.3.4 Implementasi Convex Hull	41
4.1.3.5 Implementasi Pencarian Posisi Jari.....	42
4.1.3.6 Implementasi Synthesizer	42
4.2 Analisa Sistem.....	43
4.2.1 Waktu Latensi	43
4.2.2 Pendeteksian Warna Kulit	44
4.2.3. Evaluasi Tuts Sedang Ditekan Atau Tidak.....	45
BAB 5	49
KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	49

DAFTAR TABEL

<i>Tabel 3.1.</i> Main Success Scenario Sistem.....	16
Tabel 3.2. Hasil Perhitungan Convex Hull	28
<i>Tabel 4.1.</i> Hasil Perhitungan Waktu Latensi	44
<i>Tabel 4.2.</i> Hasil Pendeteksian Warna Kulit	45
<i>Tabel 4.3.</i> Hasil Evaluasi Tuts Sedang Ditekan atau Tidak.....	45
<i>Tabel 4.3.</i> Hasil Evaluasi Tuts Sedang Ditekan atau Tidak (Lanjutan).....	46
<i>Tabel 4.3.</i> Hasil Evaluasi Tuts Sedang Ditekan atau Tidak (Lanjutan).....	47

©UKDW

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Citra asli (a) dan hasil segmentasi (b)	9
Gambar 2.2. Citra asli (a) dan hasil binerisasi (b).....	12
Gambar 2.3. Kumpulan titik (a) dan hasil convex hull (b)	14
Gambar 3.1. Use Case Diagram Sistem	16
Gambar 3.2. Flowchart Diagram Sistem.....	17
Gambar 3.3. Flowchart Diagram Pendeteksian Piano Webcam Vertikal	18
Gambar 3.4. Flowchart Diagram Pendeteksian Piano Webcam Mendatar	19
Gambar 3.5. Flowchart Diagram Algoritma Sobel Filter	20
Gambar 3.6. Flowchart Diagram Pendeteksian Tangan	25
Gambar 3.7. Flowchart Diagram Algoritma Graham's Scan.....	25
Gambar 3.8. Hasil pengurutan sudut setiap titik terhadap titik P_0	26
Gambar 3.9. Sudut P_1 dan P_2 masih searah dengan P_0 dan P_1 , sehingga P_2 akan dimasukkan ke dalam S.....	27
Gambar 3.10. Sudut P_2 dan P_3 menghasilkan sudut yang berlawanan dari P_0 dan P_1 , sehingga P_2 akan dikeluarkan dari S dan P_3 akan dimasukkan ke dalam S.....	27
Gambar 3.11. Hasil convex hull (poligon dengan sisi warna biru).....	28
Gambar 3.12. Flowchart Diagram Pendeteksian Posisi Jari	29
Gambar 3.13. User Interface Halaman Awal Sistem	29
Gambar 3.14. User Interface Halaman Pendeteksian Piano Berhasil	30
Gambar 4.1. Ilustrasi Pemasangan Kamera	33
Gambar 4.2. Halaman Utama.....	34
Gambar 4.3. Penjelasan Panel.....	34
Gambar 4.4. Panel Kalibrasi	35
Gambar 4.5. Halaman Ketika Sedang Melakukan Pendeteksian Piano.....	36
Gambar 4.6. Halaman Ketika Piano Berhasil Dideteksi	36
Gambar 4.7. Halaman Proses Deteksi Tangan.....	37
Gambar 4.8. (a) Citra Asli. (b) Hasil Citra Biner.....	38
Gambar 4.9. Potongan Kode Fungsi Kontur.....	38
Gambar 4.10. (a) Hasil Pengambilan Kontur Kertas dan (b) Hasil Pengambilan Kontur Tangan	39
Gambar 4.11. (a) Citra Asli. (b) Hasil Deteksi Tepi	40

Gambar 4.12. Ilustrasi Garis Untuk Mencari Tuts Hitam.....	40
Gambar 4.13. Potongan Kode Convex Hull	41
Gambar 4.14. Contoh Hasil Convex Hull	41
Gambar 4.15. Potongan Kode Penggunaan Midi Channel	42
Gambar 4.16. Angka Not MidiChannel	43
Gambar 4.17. (a) Ilustrasi Pemotongan Tuts Putih. (b) Ilustrasi Pemotongan Tuts Hitam.....	45
Gambar 4.18. Ilustrasi Keberhasilan Tuts Putih Piano	48
Gambar 4.19. Ilustrasi Keberhasilan Tuts Hitam Piano.....	52

© UKDW

DAFTAR LAMPIRAN

SOURCE CODE	A-1
KARTU KONSULTASI SKRIPSI	B-1
FORMULIR PERBAIKAN (REVISI) SKRIPSI.....	C-1

©UKDWN

INTISARI

Implementasi Virtual Piano Menggunakan Kamera

Hand Gesture Recognition (HGR) adalah salah satu cabang ilmu dari computer vision. Teknologi HGR memungkinkan pengguna untuk dapat berinteraksi langsung dengan komputer melalui media tangan. Pada penelitian ini, penulis menggunakan teknologi HGR untuk membuat sistem yang dapat memainkan piano kertas dengan bantuan kamera.

Untuk dapat membuat sistem, diperlukan preprocessing piano kertas dan tangan, ekstraksi fitur piano dan tangan, pencarian posisi jari, dan juga pengujian. Preprocessing dilakukan dengan mengubah citra RGB ke citra HSV yang selanjutnya citra HSV akan dikonversi lagi menjadi citra biner. Dari citra biner akan dicari sebuah kontur terluas dari piano dan dua kontur terluas dari tangan. Ekstraksi fitur piano dilakukan dengan deteksi tepi untuk mendapatkan objek piano dan koordinat tuts. Ekstraksi fitur tangan dilakukan dengan menggunakan metode Convex Hull. Pencarian posisi jari dilakukan dengan menggunakan koordinat titik-titik convex. Pengujian dilakukan dengan menghitung waktu latensi, pendeteksian warna kulit (terang, gelap, sawo matang, kuning), dan pencarian tuts mana yang akan memberikan hasil terbaik jika ditekan.

Dari penelitian ini didapatkan hasil rata-rata waktu latensi sistem ketika menekan tuts adalah 0,939 detik, hasil pendeteksian warna kulit memiliki akurasi keberhasilan 100% dengan threshold warna kulit yang sudah ditentukan, dan hasil pendeteksian sudut tekan tuts memberikan hasil yang cukup baik dengan posisi penekanan terbaik ada pada tuts bagian tengah dari panjang tuts.

Keywords : Hand gesture, Convex Hull, Virtual Piano

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Teknologi informasi di dunia yang perkembangannya cukup pesat dalam beberapa tahun terakhir ini membuat aktivitas sehari-hari manusia semakin mudah dilakukan. Perkembangan teknologi yang pesat menyebabkan banyaknya perangkat lunak (*software*) yang dapat digunakan untuk berbagai kegiatan, seperti mengolah kata, mempermudah pengolahan informasi, belajar, dan lain sebagainya. Piano adalah salah satu alat musik yang memiliki banyak varian seperti grand piano, organ, dan keyboard. Piano juga memiliki varian yang berbentuk *software*, biasanya disebut piano virtual. Dalam praktiknya, walaupun sudah terdapat piano virtual yang bisa dimainkan menggunakan bantuan *keyboard* komputer, akan tetapi penulis ingin menawarkan alternatif lain untuk dapat memainkan piano virtual tersebut.

Dari permasalahan di atas, maka penulis akan melakukan penelitian mengenai pengimplementasian piano virtual menggunakan kamera. Dalam pengimplementasiannya, penulis menggunakan cabang ilmu *computer vision*, yaitu *hand gesture recognition* (HGR). HGR adalah salah satu bentuk komunikasi praktis untuk dapat berinteraksi dengan komputer. Pengguna dapat menggunakan kamera yang terpasang pada komputer/laptop sebagai alat untuk berinteraksi dengan komputer. Pengguna dapat menggambar bentuk piano beserta tutsnya pada kertas, kemudian tinggal memainkan piano kertas itu layaknya menggunakan piano sungguhan .

Dalam penelitian ini, penulis akan berfokus pada penggunaan HGR terutama pada pergerakan ujung jari (*fingertips*) sebagai media untuk berinteraksi dengan komputer. Pergerakan jari-jari ini akan digunakan untuk memainkan kertas yang sudah digambarkan tuts-tuts piano (piano kertas) secara *real-time*.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menciptakan sebuah perangkat lunak yang dapat memainkan suara piano layaknya seperti menggunakan piano sungguhan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

- 1) Bagaimana cara sistem bisa mendeteksi pergerakan tangan dan jari-jari untuk memainkan virtual piano secara *real-time*?
- 2) Bagaimana cara sistem mengetahui apakah jari sedang menekan tuts piano?
- 3) Berapa lama waktu latensi sistem ketika menekan tuts?

1.3 Batasan Masalah

Batasan sistem yang akan dibuat dalam penelitian ini adalah :

- 1) Piano kertas diletakkan di atas meja datar dengan warna latar kertas adalah putih.
- 2) Sistem tidak melakukan perhitungan tuts yang miring.
- 3) Sistem tidak membedakan *touch response*.
- 4) Kondisi latar belakang pakaian dan tembok tidak ada yang menyamai warna kulit tangan manusia.
- 5) Pencahayaan dalam ruangan menggunakan lampu dengan daya minimal 18 watt.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian adalah :

- 1) Untuk membuat virtual piano yang dapat dimainkan secara *real-time* seperti piano fisik.
- 2) Untuk mengetahui berapa lama waktu latensi ketika menekan tuts.

1.5 Metode Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1) Studi literatur melalui buku-buku pendukung.

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari teori-teori yang mendukung dan untuk mendapat informasi-informasi pendukung penelitian melalui buku-buku.

2) Mencari informasi melalui jurnal-jurnal pendukung.

Pencarian informasi melalui jurnal dilakukan untuk mempelajari teori-teori yang mendukung dan untuk mendapat informasi-informasi pendukung penelitian yang tidak dapat ditemukan di buku-buku (tidak tersedianya buku).

3) Implementasi program aplikasi.

Implementasi program aplikasi dilakukan agar penulis dapat langsung menerapkan dan menguji hasil penelitian. Dalam implementasi program aplikasi ini, penulis melakukan 3 tahap implementasi, yaitu :

a) Perancangan sistem

Tahap perancangan ini dilakukan agar penulis dapat membayangkan ingin menjadi seperti apa sistem kedepannya. Selain itu perancangan sistem juga akan mempermudah penulis dalam mengimplementasikan sistem apa yang akan dibuat. Perancangan sistem akan dibuatkan dalam bentuk sebuah *flowchart* dan rancangan desain antarmuka. Hasil dari tahap perancangan ini, penulis akan lebih dimudahkan dalam pengimplementasian sistem kedepannya.

b) Pembuatan sistem

Tahap pembuatan sistem dilakukan agar penulis dapat langsung mengimplementasikan apa yang hendak diteliti. Penulis mengimplementasikan sistem sesuai dengan apa yang telah dirancang dengan beberapa perubahan jika diperlukan. Tahapan

pembuatan sistem yang telah dirancang dalam *flowchart* dan algoritma yang telah dipilih akan diimplementasikan satu per satu ke dalam sistem, dan dilihat bagaimana hasilnya. Sistem akan dibuat hingga menjadi satu sistem yang utuh.

c) Pengujian sistem

Tahap pengujian sistem dilakukan agar penulis dapat menguji dan mengevaluasi sistem yang telah dibuat secara langsung. Hasil dari pengujian dan evaluasi ini akan dianalisis dan akan diolah sebagai hasil dari penelitian. Tahap ini juga mempermudah penulis untuk memberikan kesimpulan dan saran agar sistem dapat berjalan lebih baik kedepannya.

1.6 Sistematika Penulisan

Penelitian *Implementasi Virtual Piano Menggunakan Kamera* dituliskan dalam 5 bab penulisan. Berikut penjelasan singkat mengenai konten setiap babnya.

Bab 1. Pendahuluan. Bab 1 berisi segala sesuatu yang mendasari dilakukannya penelitian, mengapa perlu dilakukan penelitian, serta apa yang menjadi tujuan dari penelitian.

Bab 2. Tinjauan Pustaka, di dalamnya berisi segala sesuatu yang berhubungan dengan teori. Dalam bab ini, dijabarkan segala teori yang berhubungan dengan penelitian. Misalnya, definisi *Convex Hull* dengan menggunakan algoritma *Graham Scan* dan *Edge Detection* menggunakan *Sobel Filter*.

Bab 3. Analisis dan Perancangan Sistem. Bab 3 berisi bagaimana seluruh teori yang ada akan diterjemahkan ke dalam sistem yang akan dibuat. Dalam bab ini juga akan diisi dengan perancangan sistem secara keseluruhan, misalnya, jalannya sistem yang dituangkan dalam bentuk *flowchart*, segala bentuk *tools*

yang akan digunakan, rancangan *interface* sistem, bahan input, serta ekspektasi output.

Bab 4. Implementasi dan Analisis Sistem. Bab ini memuat hasil riset serta pembahasannya. Hasil riset didapat setelah mengimplementasikan rancangan sistem yang sudah dirancang sebelumnya. Hasil tersebut disajikan dalam berbagai bentuk pemaparan data, misalnya tabel, grafik, foto, dan sebagainya.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran. Bab 5 merupakan bab penutup. Bab 5 berisi mengenai pernyataan-pernyataan singkat yang didapatkan melalui analisis hasil kinerja sistem. Pernyataan-pernyataan tersebut dipaparkan guna menjawab segala bentuk masalah yang telah dirumuskan pada Bab 1. Bab 5 juga berisi pernyataan-pernyataan sebagai bahan untuk pengembangan sistem lebih lanjut.

© UKDW

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi dan analisis sistem, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian warna kulit yang dilakukan oleh empat orang responden dengan warna kulit terang, gelap, sawo matang, dan kuning dapat dideteksi dengan baik sebagai tangan oleh sistem. Pengujian ini dilakukan di dalam ruangan dengan pencahayaan lampu 20 watt.
2. Hasil pengujian tuts sedang ditekan atau tidak memberi hasil yang baik. Pengujian ini dilakukan dengan meletakkan kamera mendatar yang sejajar dengan piano kertas dengan kemiringan kurang lebih 10° dan jarak 40 cm. Pada beberapa sudut piano kertas, tidak dapat dideteksi dengan baik dikarenakan posisi kamera yang sulit menjangkau ke area tersebut, gangguan dari *noise* yang sulit dihilangkan dan juga ukuran gambar tuts yang kecil.
3. Waktu latensi dalam menekan tuts memberi hasil yang baik. Sistem dapat menghasilkan bunyi dengan waktu rata-rata 0.292 detik pada pengujian yang dilakukan di sebuah ruangan dengan pencahayaan lampu 20 watt dan sistem berjalan dengan kecepatan 8 *frame per second*.

5.2 Saran

Saran untuk pengembangan dan perbaikan sistem adalah sebagai berikut :

1. Pendeteksian piano dapat ditambahkan dengan metode klasifikasi, sehingga pengenalan bentuk piano dapat lebih dinamis.
2. Pendeteksian tangan dapat ditambahkan dengan dengan *noise removal*, sehingga dapat mengurangi *noise* kecil yang sangat mengganggu.

©UKDW

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyan, P. A., Aswin, M., & Mustofa, A. (2013). Segmentasi Citra Digital Dengan Menggunakan Algoritma Watershed Dan Lowpass Filter Sebagai Proses Awal. *Jurnal Mahasiswa TEUB*.
- Chen, F.-S., Fu, C.-M., & Huang, C.-L. (2003). Hand Gesture Recognition Using a Real-Time Tracking Method. *Image and Vision Computing*, 745-758.
- Gonzalez, R. C., Woods, R. E., & Eddins, S. L. (2004). *Digital Image Processing Using Matlab*. Upper Saddle River: Pearson Education, Inc.
- Halim, S., & Halim, F. (2013). *Competitive Programming*. Singapore.
- Londhe, S., & Thakkar, V. (2015). Gesture Translator for Physically Impaired People. *International Journal of Computer Trends and Technology*, 62-65.
- Novandi, P. (2009). Analisis Kompleksitas Algoritma Pencarian Convex Hull Pada Bidang Planar.
- Raheja, J. L., Das, K., & Chaudary, A. (2011). Fingertip Detection: A Fast Method with Natural Hand. *International Journal of Embedded Systems and Computer Engineering*, 85-88.
- RapidTables.com. (2016, April 1). *RGB to HSV color conversion*. Retrieved from Rapid Tables: <http://www.rapidtables.com/convert/color/rgb-to-hsv.htm>
- Rouse, M. (2015, June). *Gesture Recognition*. Retrieved from WhatIs: <http://www.whatis.techtarget.com>
- Suteparuk, P. (2014). Detection of Piano Keys Pressed in Video.
- Xie, Q., Liang, G., Tang, C., & Wu, X. (2013). A Fast and Robust Fingertips Tracking Algorithm for Vision-Based Multi-touch Interaction. *Control and Automation (ICCA), 2013 10th IEEE International Conference on* (pp. 1346-1351). Hangzhou: IEEE.
- Zabulis, X., Baltzakis, H., & Argyros, A. (2009). Vision-based Hand Gesture Recognition for Human-Computer Interaction. In C. Stephanidis, *The Universal Access Handbook* (pp. 34-35). Florida: CRC Press Taylor & Francis Group.