

**PERBANDINGAN METODE *SUBTRACTION*, *EDGE DETECTION*, *PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS* DAN *WAVELET TRANSFORMATION* UNTUK  
APLIKASI PENGENALAN ISYARAT TANGAN**

oleh

Regina Lionnie

NIM : 612007010



Skripsi

Untuk melengkapi syarat-syarat memperoleh

Ijasah Sarjana Teknik

Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer

Program Studi Teknik Elektro

Universitas Kristen Satya Wacana

Salatiga

2012

**PERBANDINGAN METODE *SUBTRACTION*, *EDGE DETECTION*, *PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS* DAN *WAVELET TRANSFORMATION* UNTUK  
APLIKASI PENGENALAN ISYARAT TANGAN**

oleh

Regina Lionnie

NIM : 612007010

Skripsi ini telah diterima dan disahkan

Sebagai salah satu persyaratan guna mencapai

**SARJANA TEKNIK**

Dalam

**KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI**

**FAKULTAS TEKNIK ELEKTRONIKA DAN KOMPUTER**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**UNIVERSITAS KRISTEN SATYA WACANA**

**SALATIGA**

Disahkan oleh

Pembimbing I

Pembimbing II

DR. Iwan Setyawan

Ivanna K. Timotius, M.S.

Tgl.

Tgl.

## INTISARI

Isyarat tangan, sebagai salah satu bagian dari bahasa tubuh, dapat digunakan untuk berkomunikasi dengan mesin. Sebagai alat untuk berkomunikasi, isyarat tangan dapat diimplementasikan dalam berbagai aplikasi, contohnya *socially assistive robotics*, mendukung *user interface mouse* dengan komputer, *remote control* dalam permainan nintendo, asisten dari dokter bedah dan juga sebagai robot militer. Pada skripsi ini, citra isyarat tangan digunakan sebagai representasi kode perintah untuk menjalankan suatu tugas tertentu.

Sistem pengenalan isyarat tangan terdiri dari tahap *pre-processing* dan metode ekstraksi fitur. Pada skripsi ini, dilakukan penelitian untuk membandingkan empat metode ekstraksi fitur yang menghasilkan rata-rata keakuratan terbaik dan waktu komputasi paling cepat. Empat metode ekstraksi fitur tersebut yaitu *subtraction*, *edge detection*, *principal component analysis* dan *wavelet transformation*. Metode klasifikasi yang digunakan adalah *nearest neighbor* dengan jarak *euclidean*, sedangkan untuk metode penelitian digunakan metode *cross validation*.

Dari hasil pengujian perangkat lunak didapatkan bahwa metode *wavelet transformation* memberikan hasil rata-rata keakuratan terbaik dan waktu komputasi tercepat, yaitu 85,43% untuk latar belakang putih, 83,66% untuk latar belakang lingkungan luar dan 84,76% untuk latar belakang campur dengan rata-rata waktu komputasi 0,15 detik.

**Kata kunci:** pengenalan isyarat tangan, ekstraksi fitur, *subtraction*, *edge detection*, *principal component analysis*, *wavelet transformation*

## ABSTRACT

Hand gestures, as a part of human body language, can be used for many purposes. Hand gestures as a communication tool with machines can be used in many fields. There are several applications that can be implemented by using hand gestures such as socially assistive robotics, computer interfaces, game technology, assistance of surgeon and also military robotics. In this final project, we will use hand gesture images that represent different commands to a robot.

The hand gesture recognition system consists of pre-processing steps and feature extraction method. We compare four different feature extraction methods that give the best average of accuracy and the fastest computation time. The methods are subtraction, edge detection, principal component analysis and wavelet transformation. We use nearest neighbor with euclidean distance as classifier method and cross validation to calculate average of accuracy.

From the experiment results, we can see that wavelet transformation gives the best average of accuracy and computation of time, which are 85,43% for white background, 83,66% for environmental background and 84,76% for combination of both backgrounds with 0,15 seconds of average computation time.

**Keywords: hand gesture recognition system, feature extraction, subtraction, edge detection, principal component analysis, wavelet transformation**

## KATA PENGANTAR

Pertama-tama, penulis panjatkan puji syukur dan terima kasih kepada Tuhan Yesus atas karunia dan berkat-Nya yang melimpah sehingga skripsi ini dapat dirampungkan dengan baik. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak berikut:

1. Kedua orang tua, Bambang dan Fransisca Hermanto beserta kakak tercinta, Vidya dan keluarga besar di Karawaci, Subang dan Bandung atas dukungan dan cinta kasih yang tak berkesudahan.
2. Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer, UKSW atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk dapat menuntut ilmu dan pengalaman yang tak ternilai.
3. Kedua dosen pembimbing, Bpk. Iwan Setyawan dan Ivanna K. Timotius atas ilmu dan kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk dibimbing selama pembuatan skripsi ini. Tanpa beliau berdua, skripsi ini tidak akan terwujud.
4. Suryo Santoso dan keluarga. Terima kasih telah menjadi keluarga bagi penulis selama berada di Salatiga, terutama untuk Suryo, terima kasih karena telah ada untuk penulis di saat yang lain tidak mungkin mengerti.
5. Seluruh dosen, laboran, staff administrasi dan pegawai yang bekerja di FTEK. Terima kasih atas ilmu pengetahuan dan bantuan yang telah diberikan.
6. Teman-teman kuliah, terutama angkatan 2007 dan anggota VISiO (Lina, Pux dan Yohan). Terima kasih atas semangat dan dukungan yang diberikan kepada penulis.
7. Brady, Peter, Aaron dan Ricky yang rela mencarikan jurnal-jurnal penelitian dan mengirimnya kepada penulis.

8. Seluruh guru, teman-teman dan karyawan SMP dan SMA Santa Ursula, terutama Ibu Dewi dan Bpk. Arif, berkat mereka penulis memperoleh ilmu matematika dan fisika yang sangat berguna hingga saat ini.
9. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Terima kasih untuk segalanya.

Akhir kata, penulis sadar bahwa skripsi yang dikerjakan ini jauh dari kata sempurna. Tetapi penulis berharap skripsi ini dapat dibaca dan dikembangkan lebih lanjut oleh pihak lain dan menjadi berkat buat semua yang membutuhkan.

Hard work pays!

Salatiga, 25 November 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| INTISARI.....   | i    |
| ABSTRACT.....   | ii   |
| KATA PENGANTAR.....                                   | iii  |
| DAFTAR ISI.....                                       | v    |
| DAFTAR GAMBAR.....                                    | x    |
| DAFTAR TABEL.....                                     | xii  |
| DAFTAR LAMBANG.....                                   | xiii |
| DAFTAR SINGKATAN.....                                 | xv   |
| BAB I. PENDAHULUAN.....                               | 1    |
| 1.1. Latar Belakang Masalah.....                      | 1    |
| 1.2. Tujuan.....                                      | 3    |
| 1.3. Batasan Masalah.....                             | 3    |
| 1.4. Sistematika Pembahasan.....                      | 5    |
| BAB II. LANDASAN TEORI.....                           | 6    |
| 2.1. <i>Pre-Processing</i> .....                      | 6    |
| 2.1.1. <i>Filtering dengan Smoothing Filter</i> ..... | 6    |
| 2.1.2. <i>Histogram equalization</i> .....            | 7    |
| 2.1.3. Mengubah Citra RGB Menjadi HSI.....            | 8    |
| 2.1.4. Binerisasi.....                                | 11   |
| 2.1.5. Desaturasi.....                                | 11   |
| 2.2. Metode Ekstraksi Fitur.....                      | 11   |
| 2.2.1. <i>Subtraction</i> .....                       | 11   |
| 2.2.2. <i>Edge Detection</i> .....                    | 12   |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.2.3. <i>Principal Component Analysis</i> .....                                  | 13        |
| 2.2.4. <i>Wavelet Transformation</i> .....  | 15        |
| 2.3. <i>Nearest Neighbor</i> .....  | 19        |
| 2.4. <i>k-Fold Cross Validation</i> .....   | 19        |
| <b>BAB III. PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK</b> .....                                 | <b>21</b> |
| 3.1. Sistem Pengenalan Isyarat Tangan.....  | 21        |
| 3.1.1. <i>Pre-Processing</i> .....  | 21        |
| 3.1.2. <i>Subtraction</i> .....   | 25        |
| 3.1.3. <i>Edge Detection</i> .....  | 25        |
| 3.1.4. <i>Principal Component Analysis</i> .....                                  | 26        |
| 3.1.5. <i>Wavelet Transformation</i> .....  | 28        |
| 3.1.6. <i>Nearest Neighbor</i> .....  | 28        |
| 3.2. Pembuatan Basis Data Citra Isyarat Tangan.....                               | 30        |
| 3.3. Pembuatan Vektor Pelatihan atau Pengujian.....                               | 32        |
| 3.4. <i>Graphical User Interface</i> .....  | 33        |
| <b>BAB IV. PENGUJIAN PERANGKAT LUNAK DAN ANALISIS HASIL<br/>PENGUJIAN</b> .....   | <b>35</b> |
| 4.1. Hasil Pengujian Perangkat Lunak.....   | 36        |
| 4.2. Analisis Hasil Pengujian .....   | 36        |
| 4.2.1. Analisis Hasil Pengujian Berdasarkan Metode Ekstraksi Fitur.....           | 36        |
| 4.2.2. Analisis Hasil Pengujian Berdasarkan Variasi <i>Cross Validation</i> ..... | 43        |
| 4.2.3. Analisis Hasil Pengujian Berdasarkan Kombinasi <i>Pre-Processing</i> ..... | 43        |
| 4.2.4. Analisis Hasil Pengujian Berdasarkan Variasi Latar Belakang .....          | 44        |
| 4.2.5. Pengujian Waktu Komputasi .....  | 44        |



|   |     |
|---|-----|
| 4.2.6. Pengujian Tambahan I dan II.....   | 45  |
| 4.2.7. Pengujian Sistem Pengenalan Isyarat Tangan .....   | 47  |
| BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....   | 49  |
| 5.1. Kesimpulan .....   | 49  |
| 5.2. Saran.....   | 50  |
| DAFTAR PUSTAKA .....  | 51  |
| LAMPIRAN A. <i>SOURCE CODE</i> PEMROGRAMAN YANG DIBUAT DENGAN<br>MATLAB .....                                       | 55  |
| A.1. <i>Source Code Subtraction</i> dengan Kombinasi <i>Pre-Processing</i> (PP1).....                               | 55  |
| A.2. <i>Source Code Edge Detection</i> dengan Kombinasi <i>Pre-Processing</i> (PP2).....                            | 56  |
| A.3. <i>Source Code PCA</i> dengan <i>2-Fold Cross Validation</i> dan Klasifikasi <i>Nearest<br/>Neighbor</i> ..... | 58  |
| A.4. <i>Source Code Wavelet Transformation</i> dengan Kombinasi <i>Pre-<br/>Processing</i> (PP5).....               | 75  |
| A.5. <i>Source Code 5-Fold Cross Validation</i> dengan Klasifikasi <i>Nearest Neighbor</i> .                        | 76  |
| A.6. <i>Source Code 10-Fold Cross Validation</i> dengan Klasifikasi <i>Nearest Neighbor</i>                         | 82  |
| A.7. <i>Source Code Graphical User Interface</i> (GUI).....   | 93  |
| LAMPIRAN B. CONTOH BASIS DATA SISTEM PENGENALAN ISYARAT<br>TANGAN.....  | 101 |
| B.1. Contoh Basis Data untuk Latar Belakang <i>Uniform Putih</i> .....  | 101 |
| B.1.1. Kelas Isyarat Tangan I dengan Perintah Maju .....  | 101 |
| B.1.2. Kelas Isyarat Tangan II dengan Perintah Belok Kanan .....  | 101 |
| B.1.3. Kelas Isyarat Tangan III dengan Perintah Belok Kiri.....   | 102 |
| B.1.4. Kelas Isyarat Tangan IV dengan Perintah Mundur.....  | 102 |
| B.1.5. Kelas Isyarat Tangan V dengan Perintah Berhenti .....  | 102 |

|  |     |
|--|-----|
| B.1.6. Kelas Isyarat Tangan VI dengan Perintah yang Tidak Termasuk Lima Kelas Sebelumnya ..... | 103 |
| B.2. Contoh Basis Data untuk Latar Belakang Lingkungan Luar .....                              | 103 |
| B.2.1. Kelas Isyarat Tangan I dengan Perintah Maju .....                                       | 103 |
| B.2.2. Kelas Isyarat Tangan II dengan Perintah Belok Kanan .....                               | 104 |
| B.2.3. Kelas Isyarat Tangan III dengan Perintah Belok Kiri .....                               | 104 |
| B.2.4. Kelas Isyarat Tangan IV dengan Perintah Mundur .....                                    | 105 |
| B.2.5. Kelas Isyarat Tangan V dengan Perintah Berhenti .....                                   | 105 |
| B.2.6. Kelas Isyarat Tangan VI dengan Perintah yang Tidak Termasuk Lima Kelas Sebelumnya ..... | 105 |
| LAMPIRAN C. TABEL HASIL PENGUJIAN PERANGKAT LUNAK .....  | 107 |
| C.1. Latar Belakang <i>Uniform Putih</i> .....   | 107 |
| C.1.1. Metode <i>Subtraction</i> .....   | 107 |
| C.1.2. Metode <i>Edge Detection</i> .....  | 108 |
| C.1.3. Metode <i>Principal Component Analysis</i> .....  | 110 |
| C.1.4. Metode <i>Wavelet Transformation</i> .....  | 120 |
| C.2. Latar Belakang Lingkungan Luar .....  | 126 |
| C.2.1. Metode <i>Subtraction</i> .....   | 126 |
| C.2.2. Metode <i>Edge Detection</i> .....  | 127 |
| C.2.3. Metode <i>Principal Component Analysis</i> .....  | 129 |
| C.2.4. Metode <i>Wavelet Transformation</i> .....  | 139 |
| C.3. Latar Belakang Lingkungan Campur .....  | 145 |
| C.3.1. Metode <i>Subtraction</i> .....   | 145 |
| C.3.2. Metode <i>Edge Detection</i> .....  | 146 |
| C.3.3. Metode <i>Principal Component Analysis</i> .....  | 148 |

|   |     |
|---|-----|
| C.3.4. Metode <i>Wavelet Transformation</i> .....                   | 158 |
| C.4. Hasil Pengujian Prediksi Sistem Pengenalan Isyarat Tangan..... | 164 |



## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1 <i>Averaging Filter</i> dengan Ukuran $3 \times 3$                                       | 7  |
| Gambar 2.2 Representasi <i>Color Space</i> HSI dalam Bidang 2 Dimensi                               | 9  |
| Gambar 2.3 Representasi <i>Color Space</i> HSI dalam Bidang 3 Dimensi                               | 10 |
| Gambar 2.4 Blok Diagram Transformasi <i>Wavelet</i> Dekomposisi Satu Tingkat                        | 17 |
| Gambar 2.5 <i>Sub Band</i> Level Dekomposisi Tingkat 1  | 17 |
| Gambar 2.6 <i>Sub Band</i> Level Dekomposisi Tingkat 2  | 18 |
| Gambar 2.7 Ilustrasi <i>5-fold Cross Validation</i> dalam 1 kali Perulangan                         | 20 |
| Gambar 3.1 Gaftar Alir Proses <i>Pre-Processing</i>   | 22 |
| Gambar 3.2 Contoh Keluaran Sebelum dan Sesudah <i>Filtering</i> dengan<br><i>Smoothing Filter</i>   | 23 |
| Gambar 3.3 Contoh Keluaran Sebelum dan Sesudah <i>Histogram Equalization</i>                        | 23 |
| Gambar 3.4 Contoh Keluaran Sebelum dan Sesudah Konversi<br><i>Color Space</i> RGB ke HSI            | 24 |
| Gambar 3.5 Contoh Keluaran Sebelum dan Sesudah Binerisasi dari<br><i>Color Space</i> HSI            | 24 |
| Gambar 3.6 Contoh Keluaran Sebelum dan Sesudah Desaturasi dari<br><i>Color Space</i> RGB            | 24 |
| Gambar 3.7 Contoh Keluaran Metode Subtraction dengan 5 Kombinasi<br><i>Pre-Processing</i>           | 25 |
| Gambar 3.8 Gaftar Alir Sistem untuk Metode <i>Edge Detection</i>                                    | 26 |
| Gambar 3.9 Contoh Keluaran Metode <i>Edge Detection</i> dengan 5 Kombinasi<br><i>Pre-Processing</i> | 26 |
| Gambar 3.10 Gaftar Alir Sistem untuk Metode <i>Principal Component Analysis</i>                     |    |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
|             | untuk Data Pelatihan   | 27 |
| Gambar 3.11 | Gaftar Alir Sistem untuk Metode <i>Principal Component Analysis</i>    |    |
|             | untuk Data Pengujian   | 28 |
| Gambar 3.12 | Gaftar Alir Sistem untuk Metode <i>Wavelet Transformation</i>          | 29 |
| Gambar 3.13 | Gaftar Alir Metode Klasifikasi <i>Nearest Neighbor</i>                 | 29 |
| Gambar 3.14 | <i>Web Camera</i> Pro Link 3,2 Mega Piksel                             | 30 |
| Gambar 3.15 | Proses Pengambilan <i>Data Base</i>                                    | 30 |
| Gambar 3.16 | Contoh Isyarat Tangan dan Variasinya untuk Enam Kelas Klasifikasi      | 31 |
| Gambar 3.17 | Proses Pembentukan Matriks Citra Menjadi Vektor Kolom                  | 32 |
| Gambar 3.18 | Pembentukan Vektor Kolom menjadi Matriks <i>Data Base</i>              | 33 |
| Gambar 3.19 | Fasilitas GUI Sistem Pengenalan Isyarat Tangan                         | 34 |
| Gambar 4.1  | Persentase Prediksi Kelas Benar dari Keempat Metode Ekstraksi<br>Fitur | 47 |

**DAFTAR TABEL**

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Tabel 3.1 | Perbedaan 5 Kombinasi <i>Pre-Processing</i>  | 22 |
| Tabel 4.1 | Rata-Rata Keakuratan dan Simpangan Baku dengan Latar Belakang<br><i>Uniform</i> Putih      | 37 |
| Tabel 4.2 | Rata-Rata Keakuratan dan Simpangan Baku dengan Latar Belakang<br>Lingkungan Luar           | 38 |
| Tabel 4.3 | Rata-Rata Keakuratan dan Simpangan Baku dengan Latar Belakang Putih<br>dan Lingkungan Luar | 40 |
| Tabel 4.4 | Rata-Rata Waktu Komputasi Masing-Masing Metode Ekstraksi Fitur                             | 44 |
| Tabel 4.5 | Spesifikasi Komputer yang Digunakan Pada Skripsi   | 45 |
| Tabel 4.6 | Rata-Rata Keakuratan Pada Pengujian Tambahan I dan II                                      | 46 |

## DAFTAR LAMBANG

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| <b>b</b>                    | selisih vektor semua nilai pada baris dengan rata-rata setiap baris dari vektor <b>a</b> |
| <b>p</b>                    | vektor kumpulan nilai komponen utama ( <i>principal component</i> )                      |
| <b>r</b>                    | vektor pertama   |
| <b>s</b>                    | vektor kedua   |
| <b>y</b>                    | vektor hasil proyeksi citra masukan terhadap komponen utamanya                           |
| <b>b</b>                    | jumlah baris dari vektor pertama atau kedua  |
| $d(\mathbf{r}, \mathbf{s})$ | jarak <i>euclidean</i> dari vektor <b>r</b> ke <b>s</b>                                  |
| <b>g</b>                    | jumlah komponen utaman yang digunakan pada PCA   |
| $h_u(z)$                    | fungsi basis <i>Haar</i> untuk baris ke $u+1$  |
| $h_0(z)$                    | fungsi basis <i>Haar</i> untuk baris pertama   |
| <b>k</b>                    | jumlah <i>fold</i> pada <i>k-fold cross validation</i>                                   |
| <b>m</b>                    | jumlah baris pada citra masukan  |
| <b>n</b>                    | jumlah kolom pada citra masukan  |
| $n_j$                       | jumlah piksel dengan tingkat keabuan $r_k$   |
| $n_p$                       | jumlah piksel dari sebuah citra  |
| <b>p</b>                    | urutan kolom untuk matriks <b>Z</b>  |
| <b>q</b>                    | urutan baris untuk matriks <b>Z</b>  |
| $r_k$                       | tingkat keabuan sebuah citra   |
| $r_l$                       | nilai pada baris ke- $l$ dari vektor pertama   |
| $sd$                        | simpangan baku dari kumpulan sampel $x_l$ hingga $x_w$                                   |
| $s_k$                       | tingkat keabuan sebuah citra setelah ekualisasi  |
| $s_l$                       | nilai pada baris ke- $l$ dari vektor kedua   |
| <b>v</b>                    | parameter penyekalaan  |

|           |   |
|-----------|---|
| $w$       | parameter pergeseran posisi pada sumbu $t$  |
| $x_j$     | nilai sampel ke- $j$  |
| $\bar{x}$ | nilai rata-rata dari seluruh sampel $x_1$ hingga $x_w$                                  |
| $z$       | jumlah total sampel   |
| $A$       | matriks nilai piksel citra  |
| $B$       | nilai <i>blue</i> dalam <i>color space RGB</i>  |
| $C(r_k)$  | <i>CDF</i> dari $r_k$   |
| $D$       | matriks nilai piksel deteksi tepi citra   |
| $D_x$     | gradien citra untuk arah horisontal   |
| $D_y$     | gradien citra untuk arah vertikal   |
| $G$       | nilai <i>green</i> dalam <i>color space RGB</i>   |
| $H_u$     | nilai <i>hue</i> dalam <i>color space HSI</i>   |
| $I$       | nilai <i>intensity</i> dalam <i>color space HSI</i>                                     |
| $K$       | matriks kovarian dari vektor $\mathbf{b}$   |
| $L$       | rentang nilai tingkat keabuan   |
| $R$       | nilai <i>red</i> dalam <i>color space RGB</i>   |
| $S$       | nilai <i>saturation</i> dalam <i>color space HSI</i>                                    |
| $T(r_k)$  | transformasi dari ekualisasi  |
| $V$       | kumpulan eigenvektor dari matriks $K$   |
| $R_e$     | himpunan bilangan real  |
| $Q$       | matriks hasil transformasi <i>Haar</i>  |
| $Y$       | matriks transformasi <i>Haar</i>  |
| $Z$       | matriks yang berisi eigennilai pada diagonal matriksnya dan berisi nol untuk yang lain. |



**DAFTAR SINGKATAN**

|            |                                     |
|------------|-------------------------------------|
| <i>AMR</i> | <i>Analisis Multi Resolusi</i>      |
| <i>DWT</i> | <i>Discrete Wavelet Transform</i>   |
| <i>GUI</i> | <i>Graphical User Interface</i>     |
| <i>HSI</i> | <i>Hue, Saturation, Intensity</i>   |
| <i>PCA</i> | <i>Principal Component Analysis</i> |
| <i>PP</i>  | <i>Pre-Processing</i>               |
| <i>RGB</i> | <i>Red, Green, Blue</i>             |

