

Pengenalan Kontur Tangan pada Pengkodean Bahasa Isyarat bagi Penderita Tuna Rungu Wicara dengan Menggunakan Metode Shape Based Hand Gesture

Ade Silvia¹, Nyayu Latifah Husni²

^{1,2}Electrical Enggining Polytechnics of Sriwijaya

¹ade_silvia_armin@yahoo.co.id, ²latifah3576@yahoo.com

ABSTRAK

Tuna rungu wicara merupakan kehilangan kemampuan mendengar yang disertai tidak mampu mengembangkan kemampuan bicaranya dalam kehidupan sehari-hari untuk melakukan komunikasi. Ketidakmampuan untuk berkomunikasi dengan normal membuat para penderita tuna rungu dan tuna wicara sulit untuk diterima dalam komunitas mayoritas normal. Sedangkan komunikasi yang digunakan adalah Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI), dengan komunikasi isyarat menggunakan pergerakan tangan (*Hand Gesture*). Kelemahan jenis komunikasi ini adalah sering terjadi kesalahpahaman dan keterbatasan, dikarenakan bahasa isyarat umumnya hanya dimengerti oleh kelompok minoritas. Untuk membantu melakukan komunikasi dengan efektif secara *real time*, maka perlu adanya alat komunikasi dua arah yang dapat digunakan untuk mengkodekan pola *hand gesture* menjadi teks, image dan suara supaya dapat dimengerti oleh semua orang.

Dalam penelitian ini memfokuskan pada *Hand Gesture Recognition* menggunakan Algoritma Shape Based Hand dimana metode ini mengklasifikasikan image berdasarkan kontur tangan dengan menggunakan jarak *Hausdorff* dan jarak *Euclidean*, untuk menentukan tingkat kemiripan antara dua tangan berdasarkan jarak terpendek.

Hasil dari pengujian ini dapat mengenali 26 huruf isyarat, tingkat akurasi pengenalan bahasa isyarat tangan 85%, pada *image* tangan orang yang berbeda, yang diambil pada sesi yang berbeda dengan kondisi pencahayaan serta jarak image ke kamera. Serta dapat mengenali 70% kontur tangan yang berbeda dari sample yang diambil. Dengan menggunakan metode ini dibandingkan dengan penelitian lain, adalah semakin banyak jumlah objek (kontur tangan) yang digunakan, maka terdapat sedikit klasifikasi ukuran tangan. Sehingga dengan menggunakan metode ini ukuran tangan dapat diminimalisir, apabila menggunakan subjek yang banyak.

ABSTRACT

The deaf and speech impaired are losing of hearing ability followed by disability of developing talking skill in everyday communication. Disability of making normal communication makes the deaf and speech impaired be difficult to be accepted by major normal community. Communication used is gesture language (SIBI), by using hand gesture communication. The weakness of this communication is that misunderstanding and limitation, it's due to hand gesture is only understood by minor group. To make effective communication in real time, it's needed two ways communication that can change the code of hand gesture pattern to the text and sounds that can be understood by other people.

In this research, it's focused on hand gesture recognition using shaped based hand algorithm where this method classifies image based on hand contour using Hausdorff and Euclidean range to determine the similarity between two hands based on the shortest range. The result of this research is recognizing 26 letters gesture, the accuracy of this

Gesture is 85%, from different human hands, taken from different session with different lighting condition and different range of camera from image. It's also can recognize 70% different hand contour. The different of this research from other researches is the more the objects are, the less the classification of hands size is. Using this method, hands size can be minimized.

Kata Kunci : kontur tangan, bahasa isyarat, metode shape based hand gesture, jarak Hausdorff, jarak Euclidean

I. PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Untuk berkomunikasi penderita tuna rungu sebagian besar menggunakan bahasa isyarat atau yang sering disebut Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI), yaitu bahasa isyarat yang menggunakan gerakan tangan dan jari seiring dengan kemajuan teknologi, telah dikembangkan metode pembelajaran sendiri (*self learning*) bagi penderita tuna rungu wicara yang ingin belajar berbicara. Salah satunya adalah metode dalam bahasa Inggris yang dikembangkan oleh organisasi ABC, sedangkan pada bahasa Indonesia metode ini belum dikembangkan. Oleh karena itu, diadakan penelitian rancang bangun suatu sistem pembelajaran bagi penderita tunarungu wicara melalui sebuah perangkat lunak dengan harapan penderita bisa melakukan pembelajaran melalui media computer, (M.Erry Wijaya, 2007). Bahasa Indonesia dengan pola isyarat tangan, yang dikembangkan (Farida, Hesti, 2010) dengan menggunakan jaringan syarat tiruan, dengan nilai akurasi hanya 69%, tetapi untuk pengkodeannya harus menggunakan PC (Personal Computer) untuk membantu proses penyelesaian masalah serta pengenalan isyarat kata sebatas 15 kata, serta pengenalan pola tangan (*hand gesture recognition*) yang digunakan masih bersifat statis, sedangkan dalam pengenalan kata perlunya *hand gesture recognition* dinamik karena terjadinya perubahan pola dari urutan pergerakan (*hand gesture*).

1.2. PERMASALAHAN

Beberapa penelitian telah dikembangkan sebelumnya, seperti dilakukan Rakhman dkk. (2010) menggunakan metode pelacakan *haar classifier* dan mengklasifikasikan kumpulan data citra latih dengan algoritma K Nearest Neighbors, sistem ini hanya mampu 18 mengenali 19 huruf dari 26 isyarat, huruf-huruf yang tidak dikenali antara lain; M, N, S, T, J dan Z. Hal ini disebabkan besarnya tingkat kemiripan diantara huruf isyarat tersebut dan terbatas hanya menggunakan image tangan yang sama.

1.3. TUJUAN & MANFAAT

Merancang suatu system pengkodean bahasa isyarat dari pergerakan tangan secara *real time* bagi penderita tuna rungu wicara, dengan menggunakan teknik *hand gesture recognition*. Yang mana bermanfaat sebagai komunikasi dua arah bagi penderita tuna rungu wicara.

1.4. METODE PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dikembangkan menggunakan metode 1: Fitur terdiri dari data kontur tangan. Classifier berdasarkan jarak Hausdorff dimodifikasi. Metode 2: Fitur terdiri dari komponen independen

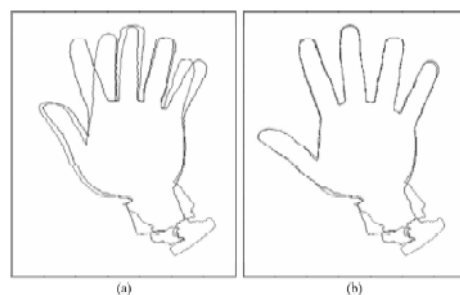
darisiluet tangan.

Classifier adalah jarak Euclidean. Dengan menggunakan metode ini dibandingkan dengan penelitian lain, adalah semakin banyak jumlah objek (kontur tangan) yang digunakan, maka terdapat sedikit klasifikasi ukuran tangan. Sehingga dengan menggunakan metode ini ukuran tangan dapat diminimalisir, apabila menggunakan subjek yang banyak.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. SEGMENTASI TANGAN

Image Segmentasi adalah proses pengelompokan image menjadi beberapa *region* berdasarkan kriteria tertentu. Pada penelitian ini segmentasi tangan bertujuan untuk mengekstrak daerah tangan dari *background*. Segmentasi membagi 2 objek, yang terdiri dari tangan dan *background*, namun pada kenyataannya, keakuratan segmentasi dapat berkurang dengan adanya cincin, tumpang tindih manset, atau tali/rantai jam tangan atau lipatan di sekeliling batas dari tekanan yang pelan ataupun yang kuat. Ditambah lagi, penggambaran kontur tangan haruslah sangat akurat, karena perbedaan antara tangan-tangan individu yang berbeda. Erdem Yoruk and freinds telah membandingkan 2 metode segmentasi yang berbeda, yaitu metode segmentasi *clustering*, yang diikuti oleh operasi morfologi dan segmentasi berdasarkan pada transformasi *watershed*. Normalisasi image tangan melibatkan pendaftaran (*registering*) image tangan, yaitu rotasi dan translasi global, serta re-orientasi jari-jari di sepanjang arah standar masing-masing individu, tanpa adanya distorsi bentuk. Pada kenyataannya, ini merupakan operasi paling kritis untuk aplikasi *biometry* berdasarkan bentuk tangan ketika fitur global digunakan. Terdapat juga skema-skema yang hanya menggunakan fitur-fitur lokal (menurut Y Bulatov, 2004, dan C. Oden, 2003), misalnya memisahkan kontur jari. Kebutuhan akan re-orientasi diperlihatkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Dua disuperposisikan kontur dari tangan individu yang sama:

- (a) registrasi tangan global
- (b) keselarasan jari tangan setelah registrasi jari

Gambar tersebut menunjukkan *image* tangan orang yang sama, yang diambil pada 2 sesi yang berbeda. Gambar sebelah kiri merupakan kontur setelah registrasi tangan global (tetapi belum ada registrasi jari), sedangkan Gambar sebelah kanan merupakan hasil setelah adanya registrasi jari. Proses registrasi terdiri dari 2 tahapan:

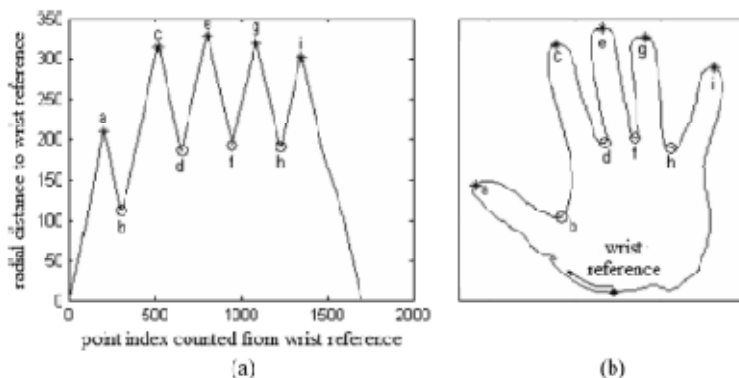
- 1) Terjemah bagian tengah tangan (*centroid*) sedemikian rupa sehingga bertepatan dengan bagian tengah/center *image*.
- 2) Rotasi menuju arah *eigenvector* yang lebih besar, yaitu *eigenvector* yang berkorespondensi terhadap semakin besarnya *eigenvalue* dari matriks inersia. Matriks inersia merupakan matriks 2 x 2 sederhana dari urutan kedua momen pusat jarak pixel tangan biner dari bagian tengahnya (*centroid*).

2.2. LOKALISASI EKSTREMITAS TANGAN

Mendeteksi dan melokalisir ekstremitas tangan, yaitu ujung jari dan lembah antara jari-jari, merupakan langkah pertama untuk normalisasi

tangan. Dikarenakan kedua ekstremitas ditandai dengan kelengkungan tinggi, pertama-tama kita bereksperimen dengan kontur *curvegram*, yaitu plot kelengkungan kontur pada berbagai skala di sepanjang parameter panjang jalur. Kesembilan maxima di *curvegram*, yang konsisten di semua skala, merupakan bagian yang akan dicari setelah ekstremitas tangan dilakukan. Namun, teknik ini sensitif terhadap penyimpangan kontur, seperti rongga yang palsu dan berbelit (*kinks*), terutama di sekitar daerah pergelangan tangan yang sulit diterjemahkan.

Sebuah teknik alternatif yang lebih kuat diberikan oleh plot jarak radial terhadap titik acuan di sekitar wilayah pergelangan tangan. Titik acuan ini diambil sebagai titik persimpangan pertama dari sumbu utama (*eigenvector* dari matriks inersia yang lebih besar) dengan garis pergelangan tangan. Urutan yang dihasilkan dari hasil jarak radial minimal dan maximal akan sesuai dengan titik ekstrem yang dicari. Hasil ekstrem sangatlah stabil karena definisi dari 5 maxima (jari) dan 4 minimal tidak terpengaruh oleh penyimpangan kontur. Fungsi jarak radial dan kontur tangan tipikal dengan ekstremitas yang ditandai di atasnya diberikan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. (a) Fungsi jarak radial untuk ekstraksi jari dan (b) kontur tangan dengan ekstremitas ditandai

2.3. Ekstraksi Fitur dan Pengenalan (*Recognition*)

Ada beberapa pilihan untuk menyeleksi fitur yang digunakan guna membedakan antara tangan dalam aplikasi *biometric*. Erdem Yörük, Ender Konukoğlu, Bülent Sankur, 2006 menggunakan menggunakan dua skema pengenalan tangan relatif yang sangat berbeda di alam. Metode pertama didasarkan pada ukuran jarak antara kontur yang mewakili tangan, dan oleh karena itu berupa *shape-based*. Skema kedua pengenalan menganggap seluruh *scene image*

yang berisi tangan normalisasi dan *background*, dan menerapkan metode *subspace*. Dengan demikian, metode kedua dapat dianggap sebagai metode *appearance-based*, meskipun *scene* merupakan biner yang terdiri dari siluet tangan normalisasi. Namun, pendekatan ini dapat diterapkan untuk *image* tangan *gray-level*, yang akan meliputi tekstur tangan dan pola cetakan telapak tangan.

Dalam rangka untuk membandingkan geometri tangan yang berbeda, jarak Hausdorff merupakan

metode yang efektif. Menurut M.P.Dubuisson, Metrik ini telah digunakan dalam *image* biner dan perbandingan bentuk dan visi komputer untuk waktu yang lama. Keuntungan jarak Hausdorff jika dibandingkan dengan korelasi biner adalah kenyataan bahwa jarak ini mengukur kedekatan, bukan superposisi yang eksak, sehingga lebih toleran terhadap gangguan di lokasi poin. Jika $F = \{f_1, f_2, \dots, f_{N_f}\}$ dan $G = \{g_1, g_2, \dots, g_{N_g}\}$, dimana $\{f_i\}$ dan $\{g_i\}$ menunjukkan piksel kontur dua tangan untuk $i = 1, \dots, N_f$ dan $j = 1, \dots, N_g$, jarak Hausdorff didefinisikan sebagai:

$$H(F, G) = \max(h(F, G), h(G, F))$$

Dimana

$$h(F, G) = \max_{f \in F} \min_{g \in G} \|f - g\|$$

..... Persamaan 1

Dalam rumus ini, $\|f - g\|$ adalah sebuah aturan untuk elemen-elemen dua set dan tentu saja untuk piksel kontur (f, g) dijalankan untuk set indeks $i = 1, \dots, N_f$ dan $j = 1, \dots, N_g$.

2.4. TEMPLATE PENCOCOKAN (TEMPLATE MACHING)

Template matching adalah salah satu teknik dalam pengolahan image digital yang berfungsi untuk mencocokkan tiap-tiap bagian dari suatu image dengan image yang menjadi *template* (acuan). Proses *Template Maching* dimana sebuah pixel dalam image telah dilakukan pengelompokan kedalam objek dan hubungan diantara objek yang berbeda telah ditentukan, ini merupakan langkah yang terakhir dalam sistem recognise objek sebuah image. Penyesuaian melakukan perbandingan pada masing-masing objek gambar dengan sebuah model yang telah disimpan sehingga dicari persamaan keduanya yang paling tepat.

Template matching, sebuah pengenalan pola dasar, telah digunakan baik dalam konteks postur maupun pengenalan gerakan (*gesture recogniton*). Dalam konteks *image*, *template matching* dilakukan oleh perbandingan *pixel-by-pixel* dari prototipe dan *image* kandidat. Kesamaan kandidat dengan prototipe sebanding dengan total skor pada ukuran kesamaan terpilih. Untuk pengenalan postur tangan, gambar tangan terdeteksi membentuk *candidate image* yang secara langsung dibandingkan dengan gambar prototipe postur tangan. Prototipe *matching*

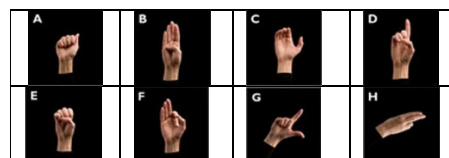
terbaik (jika ada) dianggap sebagai postur *matching*.

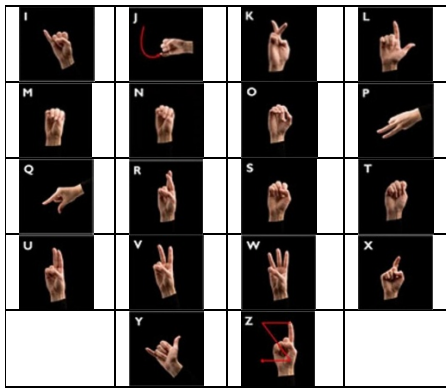
Jelas, karena perbandingan *image* menggunakan *pixel-by-pixel*, *template matching* tidak invarian untuk skala dan rotasi.

Template matching merupakan salah satu metode pertama yang digunakan untuk mendeteksi tangan pada *image*. Untuk mengatasi variabilitas karena skala dan rotasi, beberapa penulis telah mengusulkan metode normalisasi skala dan rotasi (H.Birk), sementara yang lain melengkapi set prototipe dengan *image* dari beberapa sudut (misalnya T.Darell). Dalam penelitian H.Birk, *image* tangan dinormalisasi untuk rotasi didasarkan pada deteksi tangan di sumbu utama dan, kemudian, diskala berdasarkan pada dimensi tangan pada *image*. Oleh karena itu, dalam metode ini tangan dibatasi untuk bergerak pada permukaan planar yang frontoparallel ke kamera. Untuk mengatasi biaya komputasi ketika dibandingkan dengan beberapa sudut dari prototipe yang sama, sudut-sudut tersebut dijelaskan dengan orientasi parameter [H.Fillbrandt]. Pencarian untuk prototipe *matching* dipercepat, oleh pencarian hanya pada postur yang relevan sehubungan dengan prototipe yang terdeteksi pada *frame* sebelumnya. Sebuah *template* yang terdiri dari arah tepi digunakan dalam [W.Freeman dan Roth]. Deteksi tepi dilakukan pada *image* tangan terisolasi dan orientasi tepi dihitung. Histogram dari orientasi digunakan sebagai vektor fitur. Evaluasi pendekatan ini menunjukkan bahwa ujung histogram orientasi tidak terlalu diskriminatif, karena beberapa gerakan yang berbeda secara semantik menunjukkan gerakan histogram yang sama.

III. METODELOGI PENELITIAN

Dalam penelitian merancang perangkat lunak untuk mengkodekan bahasa isyarat tangan. Sistem pengenalan kode bahasa isyarat (*hand gesture recognition*) ini menggunakan inputan dari kamera. Dalam penelitian ini objek yang digunakan adalah tangan (telapak tangan dan jari), yang digunakan sebagai pengkodean untuk menyampaikan bahasa isyarat. Pengambilan sample tangan dilakukan di SLBB Palembang, dengan 10 orang penderita tuna rungu-tuna wicara.





Gambar 3. Pengambilan Sampel Bahasa Isyarat

Pengujian sistem ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan dalam mengenali setiap image tangan serta huruf isyarat. Pengujian dilakukan terhadap 10 image tangan dengan kontur yang berbeda dengan jarak yang sama. Pada table 1 terlihat dimana dengan menggunakan system ini mampu mengenali image tangan dengan kontur yang berbeda sebesar 70%. Dari 10 sample kontur tangan yang digunakan 3 tangan yang tidak dapat dikenali, sedangkan sisanya dapat dikenali.

Tabel 1. Pengenalan Kode Bahasa Isyarat Dengan 10 Macam Kontur Tangan

Kontur Tangan	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1	5	5	5	5	2	5	5	5	5	1	5	5	1	0	5	5	5	5	1	2	5	5	5	5	5	2
2	4	5	4	5	3	5	5	5	5	1	5	5	0	0	5	5	4	5	0	0	5	5	5	5	5	3
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	4	4	5	5	3	5	5	4	5	0	5	5	1	1	4	5	4	5	1	1	5	5	4	5	5	2
5	4	5	5	5	2	5	5	5	5	1	5	5	2	2	5	5	5	5	2	1	5	5	5	5	5	3
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	5	5	5	5	3	5	5	5	5	1	5	5	2	1	5	5	5	5	1	1	5	5	5	5	4	4
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	5	5	5	5	3	5	5	5	5	2	5	5	2	1	5	5	5	5	2	1	5	5	5	5	5	2
10	4	4	5	5	1	5	5	5	5	0	5	5	2	1	5	5	5	5	2	0	4	5	5	5	5	3

Pengenalan disetiap kode bahasa isyarat dapat dikenali walaupun masih ada yang tidakdikenali dengan benar, dengan tingkat keberhasilan pengenalan system bahasa isyarat dengan benaradalah 85%. Dimana kode bahasa isyarat J, M, N, S, T serta Z tingkat pengenalannya kecil, hal ini dikarenakan kode ini bentuk isyarat jarinya mengelung kebawah yang sulit untuk melakukan pemisahan jari dalam penentuan batas-batas yang dimiliki.

Pengujian terhadap jarak dalam mendeteksi tangan dilakukan dengan menggunakan jarak 10 cm sampai 70cm.

Tabel 2. Pengujian kontur tangan terhadap jarak

Kontur Tangan	JARAK (cm)						
	10	20	30	40	50	60	70
1	x	v	v	v	v	x	x
2	x	v	v	v	v	x	x

3	x	v	v	v	v	x	x
4	x	v	v	v	x	x	x
5	x	v	v	v	x	x	x
6	x	x	v	x	v	x	x
7	x	v	v	v	v	x	x
8	x	x	v	x	v	x	x
9	x	v	v	v	v	x	x
10	x	v	v	v	v	x	x

Pengaruh berbagai ukuran jarak akan berdampak tingkat akurasi pengenalan, jarak minimum objek yang tidak dikenali yaitu pada jarak 20 cm dan jarak maksimum objek yang tidak dikenali yaitu pada jarak 60 cm, hal ini disebabkan karena adanya pengecilan dan pembesaran *region of interest* (ROI) sehingga bentuk dari citra tersebut tidak sempurna.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN :

- a. Hasil dari pengujian yang dilakukan system dapat mengenali 26 huruf isyarat, tingkat

- akurasi pengenalan kode bahasa isyarat tangan 70%, pada kontur tangan orang yang berbeda.
- b. Pengenalan disetiap kode bahasa isyarat dapat dikenali walaupun masih ada yang tidak dikenali dengan benar, dengan tingkat keberhasilan pengenalan system bahasa isyarat dengan benar adalah 85%. Dimana kode bahasa isyarat J, M, N, S, T serta Z tingkat pengenalannya kecil, hal ini dikarenakan kode ini bentuk isyarat jarinya mengelung kebawah yang sulit untuk melakukan pemisahan jari dalam penentuan batas-batas yang dimiliki.
 - c. Pengaruh berbagai ukuran jarak akan berdampak tingkat akurasi pengenalan, jarak minimum objek yang tidak dikenali yaitu pada jarak 20 cm dan jarak maksimum objek yang tidak dikenali yaitu pada jarak 60 cm, hal ini disebabkan karena adanya pengecilan dan pembesaran *region of interest* (ROI) sehingga bentuk dari citra tersebut tidak sempurna.

5.2. SARAN :

1. Perlunya pengenalan kata menggunakan *hand gesture recognition* dinamik karena banyak terjadinya perubahan pola dari urutan pergerakan (*hand gesture*) pengkodean bahasa isyarat.
2. Output pengenalan bahasa isyarat tangan dapat berupa sinyal suara serta dapat digabung dengan ekspresi wajah dan tubuh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI), Departemen Pendidikan Nasional Indonesia dan Politeknik Sriwijaya untuk dukungan Dana pada Penelitian Hibah Bersaing. Terima kasih tulis kami sampaikan juga kepada semua peniliti di Laboratorium Sinyal dan Kontrol, Laboratorium Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alberto de santos sierra, *Silhouette-based hand recognition on mobile devices*, MA Drdrid
- [2] Asanterabi Malima, Erol Özgür, and Müjdat Çetin, 2004, *A Fast Algorithm For Vision-Based Hand Gesture Recognition For Robot Control*
- [3] Atik Mardiyani, Mauridhi Hery Purnomo, I Ketut Eddy Purnama, *Pengenalan Bahasa Isyarat Menggunakan Metode PCA dan Haar Like Feature*, Jurusan Teknik Elektro FTI - ITS
- [4] Dany A.B. Utono, 2002, *Desain bahasa gambar untuk anak tuna rungu*
- [5] Donald F. Moores, 1981, *Clark Early Language Program*,
- [6] Erdem Yoruk, 2006, *Shape-based hand recognition*, IEEE vol.15, no.7,
- [7] Geoffroy Fouquier, Laurence Likforman, Jérôme Darbonand Büilent Sankur , 2007, *The Biosecure Geometry-Based System For Hand Modality*
- [8] Farida Asriani dan Hesti Susilawati, 2010, *Pengenalan Isyarat Tangan Statis Pada Sistem Isyarat Bahasa Indonesia Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik*
- [9] Hermanto SP, M.Pd., 2007, *Pelajaran Bina Wicara*
- [10] Rani Dewi, dkk, *Pembuatan Software Alat Bantu Komunikasi Penyandang Cacat Tuna Rungu-Tuna Wicara (Berbahasa Isyarat Tangan) Berbasis Webcam* PEN Surabaya, 2009
- [11] Sue Han Lee¹, Soon Nyeon Cheong, Chee Pun Ooi², Wei Heng Siew, 2011, *Real Time FPGA Implementation of Hand Gesture Recognizer System*, Recent Researches in Computer Science, Malaysia
- [12] Victor Adrian, Ian Reid, 2012, *3D Hand tracking for human Computer Interaction*, ScienceDirect, Image and Vision 30(2012)236-250
- [13] X. Zabulis, H. Baltzakis, A. Argyros, 2004, *Vision-based Hand Gesture Recognition for Human-Computer Interaction*,
- [14] Xiaohui Shen, Gang Hua, Lance Williams, Ying Wu, 2012, *Dynamic hand gesture recognition: An exemplar-based approach from motion divergence fields*, ScienceDirect, Image and Vision 30(2012)227-235
- [15] Y. Bulatov, S. Jambawalikar, P. Kumar, and S. Sethi, *Hand recognition using geometric classifiers*. ICBA'04, Hong Kong, China, pages 753–759, July 2004.