

Review Teknik, Teknologi, Metodologi dan Implementasi Pengenalan Gestur Tangan Berbasis Visi

Andi Sunyoto
Magister Teknik Informatika
STMIK AMIKOM Yogyakarta
Indonesia
andi@amikom.ac.id

Agus Harjoko
Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika Instrumentasi
FMIPA UGM Yogyakarta
Indonesia
aharjoko@ugm.ac.id

Abstract—Semakin berkembangnya teknologi komputer dan pemanfaatannya dimasyarakat, model interaksi konvensional (mouse dan keyboard) akan menjadi hambatan pemanfaatan arus informasi antara manusia dan komputer. Pengenalan gestur berbasis visi menjadi alat yang alami untuk mensupport efisiensi dan intuitif interaksi antara manusia dan komputer. Pengenalan gestur (gesture recognition) adalah untuk mengenali makna dari ekspresi gerakan manusia, termasuk didalamnya tangan, lengan, wajah, kepala, dan atau tubuh. Pengenalan gestur tangan membantu mencapai peningkatan kemudahan yang diinginkan untuk interaksi manusia dan komputer (human computer interaction). Hal ini menjadi motivasi para peneliti dalam menganalisa computer vision-based dan interpretasi gestur tangan sebagai ranah penelitian. Penelitian ini menganalisa literatur tentang interaksi visual dari gestur tangan dalam konteks perannya dalam interaksi manusia dan komputer. Gestur tangan dapat diimplementasikan untuk aplikasi bahasa isyarat, rehabilitasi medis, virtual reality, dan game. Beberapa algoritma digunakan dalam pengenalan gestur meliputi hidden markov model, fuzzy clustering, jaringan syaraf tiruan. Pada tulisan ini membahas review tentang pengenalan gestur tangan berbasis visi meliputi teknik, metodologi, teknologi, dan implementasinya.

Keywords—*Computer Vision; Hand Gesture Recognition; Human Computer Interaction*

I. PENDAHULUAN

Semakin ke depan manusia membutuhkan antar muka interaksi dengan komputer yang lebih natural dan mudah digunakan [1]. Antar muka komputer personal telah berkembang dari *command line* berbasis tek ke bentuk grafis dengan *keyboard* dan *mouse* sebagai media input. Namun seperti itu tidak nyaman dan kurang natural. Penggunaan gestur tangan memberikan sebuah alternatif alat antar muka Interaksi Manusia dan Komputer (IMK). Manusia biasanya menggunakan gerakan tangan untuk mengekspresikan dan memberitahukan perasaan mereka, sehingga interpretasi visual gestur tangan dapat membantu mencapai kemudahan. Gestur dapat didefinisikan sebagai gerakan fisik dari tangan, lengan, atau badan yang memberikan pesan ekspresif [2], dan sistem pengenalan gestur digunakan untuk menterjemahkan dan menjelaskan gerakan sebagai perintah yang berarti [2] [1].

Penelitian baru [2] [3] dalam komputer visi telah menetapkan pentingnya sistem pengenalan gestur untuk tujuan IMK. Tujuan utama penelitian pengenalan gestur adalah menciptakan sebuah sistem yang dapat mengidentifikasi secara spesifik gestur manusia dan menggunakannya untuk menyampaikan informasi atau perangkat pengontrol.

Pengenalan gestur telah diterapkan pada berbagai macam bidang aplikasi seperti mengenali bahasa isyarat [2] [3], IMK [2] [4], kontrol robot [2], *smart surveillance* [2], deteksi kebohongan [2], manipulasi lingkungan virtual [2], dan sebagainya. Teknik dan alat yang berbeda telah diterapkan untuk menangani pengenalan gestur bervariasi antara model matematika seperti *hidden Markov Model (HMM)* [2] [5] [6] [7] dan *Finite State Machine (FSM)* [2] [8] dengan pendekatan berdasarkan metode perangkat lunak komputasi seperti *Fuzzy Clustering* [9], *Genetik Algorithm (Gas)* [10] dan *Artificial Neural Network (ANN)* [11]. Penelitian tentang postur tangan dan pengenalannya masih terbuka [12], karena tangan manusia adalah obyek yang kompleks dengan banyak sendi dan hubungan antar komponen pembentuk tangan.

Diperlukan alat-alat untuk mengimplementasi sistem pengenalan seperti alat untuk menangkap dan melacak citra/video [2] seperti kamera, sarung tangan *instrumented* (data), dan penanda warna [2]. Teknik berbasis visi juga berbeda menurut lingkungan sistem seperti jumlah kamera yang digunakan, kecepatan, dan kondisi pencahayaan [2]. Kesulitan utama sistem pengenalan adalah bagaimana mengidentifikasi dan memaknai gestur tertentu dengan mesin (komputer/robot) [13].

Tujuan penulisan makalah ini adalah untuk menyajikan sebuah review dari teknik pengenalan tangan untuk interaksi manusia dan komputer, serta menjelaskan berbagai pendekatan dengan kelebihan dan kekurangannya. Meskipun review [14] [2] [1] [13] [15] [16] [17] yang menjelaskan pentingnya sistem pengenalan isyarat untuk interaksi manusia dan komputer, makalah ini berkonsentrasi pada teknik berbasis visi, pendekatan teknis, teknologi, dan metodologi yang digunakan.

II. TEKNOLOGI PENGENALAN GESTUR TANGAN

Sebuah gestur didefinisikan sebagai sebuah gerakan fisik dari tangan, lengan, wajah, dan bodi dengan maksud untuk menyampaikan informasi atau makna. Pengenalan gestur adalah tidak hanya berisi gerakan manusia, tapi juga interpretasi gerakan perintah semantik yang bermakna. Membangun sistem apapun, langkah pertama adalah mengumpulkan data yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas tertentu. Untuk postur tangan dan sistem pengenalannya, ada berbeda teknologi yang digunakan untuk memperoleh input data. Teknologi yang digunakan untuk mengenali gestur, Vishal et. al. [18] membagi menjadi tiga pendekatan yang digunakan untuk menterjemahkan gestur, yaitu: berbasis visi, sarung tangan *instrumented* (data), dan penanda warna.

1) *Pendekatan berbasis-visi*: metode sistem berbasis visi hanya memerlukan kamera untuk menangkap citra yang dibutuhkan. Pendekatan ini sederhana namun banyak tantangan yang muncul, seperti background yang kompleks, variasi pencahayaan, dan warna kulit obyek lain selain obyek yang diinginkan, persyaratan sistem lain seperti kecepatan, waktu yang dibutuhkan selama untuk pengenalan, kehandalan, dan efisiensi komputasi [1] [15].



Gambar 1. Vision Based [18]

2) *Pendekatan sarung tangan Instrumented (data)* : metode ini menggunakan alat sensor untuk menangkap posisi tangan, dan gerakannya. Pendekatan ini dapat dengan mudah memberikan informasi koordinat yang tepat dari telapak tangan, lokasi jari, orientasi, dan konfigurasi tangan [15] [19] [20], namun pendekatan ini memerlukan koneksi user dengan komputer secara langsung [20] yang menjadi kendala kemudahan interaksi antara pengguna dan komputer, selain harga perangkat ini cukup mahal [20], tidak efisien untuk bekerja dalam *virtual reality*.



Gambar 2. Data Glove [18]

3) *Pendekatan penanda warna (color marker)*: penanda warna adalah sarung tangan yang dikenakan oleh manusia [21] dengan beberapa warna untuk mengarahkan proses tracking tangan dan lokasi telapak tangan dan jari-jarinya [21], yang menyediakan kemampuan untuk mengekstrak ciri-ciri geometris yang diperlukan untuk membentuk tangan [21]. Bentuk dan warna sarung tangan terdiri dari daerah kecil-kecil dengan warna yang berbeda atau seperti yang diterapkan pada [22] memiliki tiga warna berbeda untuk merepresentasikan jari dan telapak tangan. Kemudahan teknologi ini adalah kesederhanaan yang digunakan, dan biaya rendah dibanding dengan sarung tangan *instrumented* (data) [22]. Namun teknologi ini masih membatasi kealamiah manusia berinteraksi dengan komputer [21].



Gambar 3. Sarung Tangan Warna [22]

III. TEKNIK PENGENALAN GESTUR

Pengenalan gestur didalamnya terdiri dari beberapa konsep seperti pengenalan pola (*pattern recognition*) [16], deteksi pergerakan (*motion detection*) dan analisis [16], dan *machine learning* [16]. Alat dan teknik yang berbeda digunakan dalam sistem pengenalan gestur, seperti komputer visi (*computer vision*) [23] [24], pengolahan citra [2], pengenalan pola [2], model statistik [2].

A. Jaringan Syaraf Tiruan

Penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan (*Artificial Neural Networks*) atau ANN untuk pengenalan gestur telah diteliti oleh banyak peneliti. Sebagian besar penelitian menggunakan ANN sebagai pengklasifikasi dalam proses pengenalan gestur, sementara proses lain menggunakan ekstraksi bentuk tangan, seperti di [25]. Tin H [26] menyajikan sebuah sistem untuk pelacakan tangan menggunakan NNs untuk mengenali *Myanmar Alphabet Language* (MAL). Manar M. [27] menggunakan dua arsitektur berulang jaringan syaraf untuk pengenalan *Arab Sign Language* (ArSL). Sarung tangan berwarna digunakan sebagai input data citra, dan proses segmentasi menggunakan model warna HIS.

Segmentasi membagi citra menjadi 6 layer warna, satu untuk pergelangan tangan dan 5 untuk ujung jari. Tiga puluh ciri diekstrak dan dikelompokkan untuk merepresentasikan sebuah citra tunggal, 15 elemen digunakan untuk merepresentasikan sudut antar ujung jari dan ujung jari dengan pergelangan tangan [27]. Sebanyak 900 citra berwarna digunakan sebagai training set, dan 300 citra berwarna untuk pengujian sistem. Hasil menunjukkan tingkat pengenalan sebesar 95.11% lebih baik dari Elman neural network (rate pengenalan 89.67%). Kouichi M. dalam [28] membangun

pengenalan bahasa isyarat Jepang menggunakan dua sistem jaringan syaraf yang berbeda. Pertama algoritma *back propagation* digunakan sebagai mesin belajar alfabet Jepang. Input proses menggunakan sarung tangan data, dan operasi normalisasi digunakan sebagai langkah preprocessing. Ciri diekstrak dari 13 citra, 10 untuk lengkungan, dan tiga untuk sudut koordinat.

Keluaran dari jaringan adalah 42 karakter dengan jaringan yang terdiri atas tiga lapisan, layer input dengan 13 node, layer tersembunyi 100 node, dan layer keluaran dengan 42 node dan karakter yang dikenali ada 42. Sistem kedua yang digunakan adalah *Elman Recurrent Network* untuk pengenalan gestur. Sistem ini dapat mengenali 10 kata. Item data diambil dari sarung tangan data. Ciri yang terekstrak adalah 6 item data, 10 untuk kelengkungan, dan 3 untuk sudut koordinat. Jaringan terdiri dari 3 lapisan, layer input sebanyak 16, layer tersembunyi 150 node, dan layer keluaran 10 node, dan dapat mengenali 10 kata.

B. Ciri Berbasis Histogram

Beberapa peneliti telah mengimplementasikan ciri berbasis histogram, dimana orientasi histogram digunakan sebagai vektor ciri [29]. Implementasi pertama dari orientasi histogram dalam pengenalan gestur secara *real-time* telah dilakukan oleh William F. dan Michal R. [29]; mereka pengenalan gesturnya menggunakan pengenalan pola menggunakan orientasi histogram. Citra masukan berupa video hitam putih, beberapa transformasi untuk menghitung histogram dari orientasi lokal setiap gambar, kemudian digunakan filter untuk mengkaburkan histogram dan diplot dalam koordinat kutub. Sistem terdiri dari dua tahap; tahap training, dan tahap running. Dalam tahap training input gestur yang berbeda dan disimpan beserta masing-masing histogramnya. Pada tahap running citra masukkan ditampilkan pada komputer kemudian vektor ciri citra baru terbentuk, kemudian perbandingan dilakukan antara vektor ciri baru dengan vektor ciri yang telah tersimpan, dengan menggunakan matrik *Euclidean distance* diukur jaraknya. Total proses 100 msec per frame.

Sistem pengenalan tangan berbasis orientasi histogram model distribusi fitur lokal disajikan oleh Hanning Z., et al. [30]. Algoritma segmentasi berbasis warna kulit digunakan untuk mencari area tangan, dimana citra input berbentuk RGB dikonversi menjadi ruang warna HIS, kemudian memetakan H citra HIS menjadi citra L area tangan tersegmentasi dari nilai *thresholding*, digunakan 128 elemen ciri orientasi lokal histogram. Ditambahkan vektor ciri orientasi histogram lokal dengan menambahkan koordinat citra dari *sub-window*. k-means klustering diterapkan pada vektor histogram. Pada fase pengenalan, *Euclidean distance* digunakan untuk menghitung kecocokan antara citra masukan dan postur yang tersimpan. Kemudian *Locality Sensitive Hashing (LSH)* digunakan untuk mencari perkiraan tetangga terdekat, dan mengurangi waktu komputasi pengambilan gambar. Wysoski et al. [31] menggunakan pendekatan rotasi invarian *static-gesture* dan pengenalan gestur menggunakan *boundary histogram*. Digunakan filter deteksi warna kulit, diikuti dengan melakukan erosi, dilasi sebagai operasi preprocessing, dan proses klustering untuk menemukan grup-grup dalam citra.

Masing-masing grup batasan diekstraksi menggunakan algoritma *countur-tracking*.

Citra dibagi menjadi grid-grid, dan dinormalisasi batasnya, yang memberikan jarak sistem invarian antara kamera dan tangan. Latar belakang homogen digunakan, dan batas direpresentasikan sebagai ukuran jarak antar titik pusat lingkaran pada rantai. Citra dibagi menjadi beberapa daerah N. Dan daerah tersebut dibagi menjadi dalam bentuk sebuah radial [31]. Histogram ukuran *boundary chord* dihitung, sehingga seluruh vektor ciri berisi urutan rantai histogram. *Multilayer perception (MLP) Neural Network* dan *Dynamic Programming (DP) matching* digunakan untuk klasifikasi. 26 postur statis dari *American Sign language*, 40 citra diambil, 20 citra untuk training dan 20 untuk kajian. Nomor histogram yang digunakan bervariasi 8-36 naik dua-dua, dengan resolusi histogram yang berbeda.

C. Algoritma Fuzzy Clustering

Algoritma klustering adalah istilah umum meliputi semua metode yang mempartisi himpunan data sampel ke dalam himpunan bagian atau *cluster* [9] didasarkan atas pengukuran antar elemen yang dikelompokkan [9]. Dalam fuzzy clustering partisi sampel data ke dalam group dalam sebuah cara *fuzzy* adalah perbedaan antara *fuzzy clustering* dengan algoritma klustering lainnya [9], dimana pola data tunggal mungkin memiliki group data yang berbeda. Xingyan L. dalam [9] menggunakan algoritma *fuzzy c-means clustering* untuk mengenali gestur pada sebuah mobil remote.

Citra RGB diambil dari sebuah kamera, kemudian diubah menjadi model warna HSV, dan tangan diambil setelah beberapa operasi preprocessing untuk menghilangkan noise dan obyek yang tidak diinginkan, dan *thresholding* digunakan untuk segmentasi tangan. 13 elemen digunakan sebagai vektor ciri: pertama aspek rasio kotak tangan, dan 12 parameter mewakili grid cell dari citra, dan masing-masing sel merepresentasikan mewakili level keabuan dalam partisi blok 3x4 dari citra, dimana nilai rata-rata masing-masing sel merepresentasikan rata-rata kecerahan piksel tersebut dalam citra, kemudian algoritma FCM digunakan untuk klasifikasi. Berbagai variasi latar belakang digunakan seperti latar belakang kompleks dan variasi dan kondisi pencahayaan. 6 gerakan tangan yang digunakan dengan 20 sampel untuk setiap gerakan untuk data training, menghasilkan akurasi pengenalan 85.83%.

D. Hidden Markov Model (HMM)

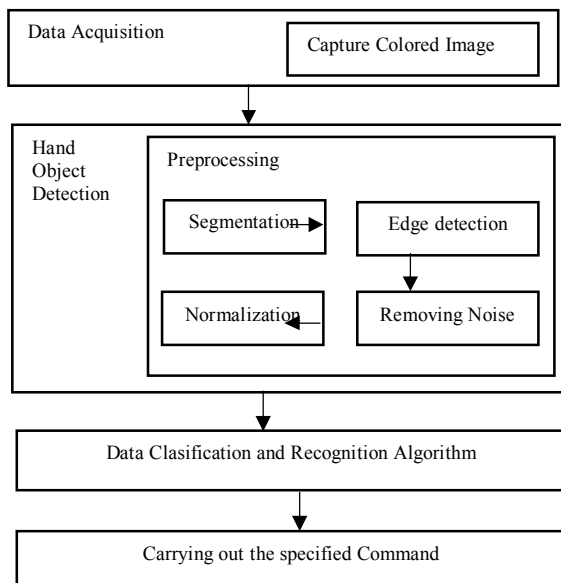
Peneliti diranah pengenalan gestur sudah banyak yang mengimplementasikan HMM. HMM adalah proses stokastik dengan jumlah status terbatas pada rantai Markov [2] [7], dan sejumlah fungsi random sehingga setiap status memiliki satu fungsi random [2]. Topologi sistem HMM diwakili oleh satu status untuk status awal, aset simbol keluaran [2] [20], dan satu set status transisi [20] [3]. HMM berisi banyak struktur matematika dan telah membuktikan efisiensi untuk modelling informasi data *spatio-temporal* [2]. *Sign Language Recognition* [3] dan *speech recognition* [5] adalah salah satu aplikasi yang menggunakan HMM. Dalam [4] Keskiin C, et. al. menggunakannya untuk antar muka HCI berbasis pergerakan tangan secara *real-time* dan pengenalan gestur 3D menggunakan Hidden Markov Model [32]. Dua kamera

berwarna untuk kontruksi 3D digunakan. Untuk mengatasi masalah menggunakan warna kulit karena tangan overlapping dengan bagian tubuh yang lain, marker digunakan untuk mengurangi kompleksitas proses deteksi tangan [3] [7]. Marker digunakan untuk segment tangan dari background yang komplek dan kondisi pencahayaan yang berbeda-beda.

Untuk deteksi ujung jari, menggunakan deskripsi sederhana, dimana menggunakan kotak pembatas yang didefinisikan dari titik terluar dari tangan [4]. Kotak tersebut beberapa kasus perlu dibuat memanjang untuk menentukan mode tangan, dan titik-titik digunakan untuk memprediksi lokasi ujung jari jari dalam mode yang berbeda. Kalman filter digunakan untuk filter lintasan pergerakan tangan. Untuk kontruksi koordinat jari 3D, diperlukan kalibrasi untuk obyek tertentu yang memerlukan kalibrasi [4]. Pendekatan kuadrat terkecil digunakan untuk menghasilkan koordinat ujung jari, dan Kalman filter digunakan untuk memperhalus rekonstruksi koordinat lintasan 3D. Untuk menghilangkan ketergantungan sistem koordinat, koordinat 3D diubah menjadi urutan vektor kecepatan terkuantisasi. HMM menterjemahkan urutan ini [4], yang merupakan karakteristik arah gerakan [4]. Sistem didesain untuk game dan program untuk aplikasi model painting. Pelacakan tangan digunakan untuk meniru gerakan *mouse* untuk mengambar, dan sistem pengenalan gestur digunakan untuk memilih perintah. Delapan gerakan telah digunakan untuk data training, dan 160 untuk testing, dengan hasil performa pengenalan 98.75%.

IV. METODOLOGI SISTEM PENGENALAN

Banyak sistem pengenalan telah diusulkan oleh peneliti untuk aplikasi yang berbeda, dengan tahap pengenalan yang berbeda tetapi secara garis besar struktur sistem pengenalan gestur mirip. Tahapan tersebut adalah segmentasi, *features detection* dan *extraction*, dan akhirnya fase klasifikasi atau pengenalan. Salah satu struktur diilustrasikan pada Gambar 4:



Gambar 4. Alur sistem pengenalan gestur [33]

A. Segmentasi

Fase segmentasi memegang peranan penting dalam proses sistem pengenalan. Kesempurnaan segmentasi akan berefek pada akurasi pada sistem pengenalan [34]. Untuk deteksi bentuk tangan, beberapa proses pengolahan citra digunakan dalam proses segmentasinya [1][34]. Algoritma segmentasi citra dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis berdasarkan sifat tingkat keabuan citra: *Discontinuity* (yang berusaha mencari perubahan massa pada kontrasnya ?), *Similarity* (yang menghitung kemiripan antar tetangga).

Ketika data citra diinputkan oleh kamera berwarna, langkah pertama adalah segmentasi, mengekstrak area tangan dari citra masukan dan mengisolasinya dari background [34]. Ada dua metode utama untuk segmentasi obyek, pertama tergantung pada model warna yang dapat diekstrak dari model warna RGB ke ruang warna HSV [34] [35] [36] , YCbCr [25] yang dibandingkan dengan warna pigmen kulit tangan, properti pembeda tiap group etnik dapat dikenali dengan konsentrasi warna pigmennya yang dapat direpresentasikan menurut beberapa saturasi warna kulit [34]. Kemudian area tangan diisolasi dari gestur dengan beberapa *threshold*. Beberapa normalisasi dibutuhkan untuk citra yang telah tersegmentasi untuk mendapatkan pengakuan dari database terhadap gangguan translasi, perubahan ukuran dan rotasi [34]. Database dibuat dengan banyak sample dari sebuah gesure, relasi antara jumlah sample dan akurasi berbanding lurus, dan antara jumlah sample dengan kecepatan berbanding terbalik [34].

Area tangan oleh Hasan [34] diekstrak menggunakan ruang warna HSV dengan estimasi nilai parameter untuk warna pigmen kulit, dan menggunakan filter Laplasian untuk deteksi tepi. Stergiopoulou [25] menggunakan ruang warna YCbCr untuk segmentasi tangan. Marafa [27] menggunakan sarung tangan warna untuk input gestur dan ruang warna HIS untuk proses segmentasi. Lamberti [22] menggunakan ruang warna HIS untuk segmentasi obyek tangan.

B. Deteksi Ciri dan Ekstraksi

Memilih ciri adalah hal yang penting untuk pengenalan gestur, karena gerakan tangan sangat kaya bentuknya, motion, dan teksture. Untuk keperluan pengenalan postur tangan statis, meskipun ada kemungkinan mengekstrak postur tangan dengan mengekstrak beberapa ciri geometris, seperti ujung jari, arah jari dan kontur tangan, ciri-ciri tersebut tidak selalu tersedia dan dapat diandalkan karena kondisi pencahayaan [1]. Ada beberapa ciri *non geometric* seperti warna, *silhouette* dan tektur, bagaimanapun tidak cukup untuk pengenalan. Ketika tidak mudah untuk menentukan ciri secara eksplisit, seluruh citra atau citra transformasi diambil sebagai input dan ciri dipilih secara eksplisit dan otomatis oleh mesin pengenalnya (*recogniser*-nya). Ciri adalah informasi yang berguna yang dapat diekstraksi dari obyek segmentasi tangan sehingga mesin dapat memahami makna postur tersebut. Representasi numeric dari ciri dapat diperoleh dari perspektif visi segmentasi obyek tangan yang membentuk fase ekstraksi ciri [37]. Ciri tangan dapat diturunkan dengan menggunakan tiga pendekatan sebagai berikut [1]:

1) *Pendekatan berbasis Model*: pendekatan berbasis model (*Kinematic Model*) ini menyimpulkan model pose telapak tangan digabung dengan sudut [38], [39]. Pendekatan seperti ini akan ideal untuk interaksi realistik dalam lingkungan virtual. Umumnya, pendekatan terdiri dari mencari parameter kinematik yang membawa proyeksi 2D dan model 3D dari tangan ke dalam korespondensi dengan batas-tepi gambar sebuah tangan [38]. Masalah yang sering muncul dengan pendekatan berbasis model adalah masalah ekstraksi ciri (contoh tepi). Tangan manusia sendiri kurang memiliki tekstur dan tidak banyak memiliki tepi internal yang jelas. Tepi yang di ekstrak biasanya diekstrak dari tepi batas tangan. Dalam rangka untuk memfasilitasi ekstraksi dan hubungan yang ambigu dengan pendekatan model tepi memerlukan latar belakang homogen dan kontras antara background dan tangan relatif tinggi.

2) *Pendekatan berbasis view*: karena adanya kesulitan di atas terkait dengan pendekatan model *kinematic*, banyak yang mencari alternatif merepresentasikan tangan. Sebuah pendekatan alternatif yang difokuskan beberapa tahun terakhir adalah pendekatan berbasis visi (*vision-based*) [40]. Pendekatan berbasis visi juga disebut sebagai pendekatan *appearance-based*, model dengan koleksi citra intensitas 2D. Pada akhirnya, gerakan dimodelkan sebagai urutan *view* (tampilan).

3) *Pendekatan berbasis Low Level Features*: dalam banyak aplikasi gestur meskipun semua memerlukan pemetaan antara input video dan gestur. Oleh karena itu banyak yang berpendapat bahwa rekonstruksi penuh tangan tidak penting untuk pengenalan gestur. Sebaliknya pada pendekatan ini telah memanfaatkan ekstraksi pengukuran citra tingkat rendah (*low-level*) yang cukup kuat untuk noise dapat diekstraksi dengan cepat. *Low-level features* yang telah di perkenalkan dalam literatur antara lain: centroid area tangan [41], prinsip sumbu mendefinisikan sebuah wilayah batas elips area tangan [42], dan *optical flow/ affine flow* [41] wilayah tangan pada sebuah scene.

Banyak peneliti telah menerapkan membentuk vektor ciri dengan ukuran berbeda serta bermakna. Hasan [34] telah mengekstrak ciri vektor dengan membagi menjadi blok ukuran 5x5 nilai moment kecerahannya; ini menghasilkan ciri ukuran vektor 625 dan hanya 98 disimpan sebagai ciri vektor aktual. Stergiopoulou [25] menerapkan *Self-Growing and Self-Organized Neural Gas* (SGONG) network mengekstrak bentuk area tangan yang tepat dan menentukan tiga karakteristik sebagai ciri; area telapak tangan, pusat telapak tangan, dan kemiringan tangan. Menghitung sudut antara akar jari dan pusat tangan dinamakan *RC Angle*, dan ujung jari dan pusat tangan dinamakan *TC Angle*, dan sudut dan jarak dari pusat telapak tangan. Li [9] menentukan sebuah grid ukuran tetap dengan 12 (3x4) blok vektor skala abu-abu, dan setiap grid cell merepresentasikan nilai rata-rata kecerahan piksel dalam blok. Lamberti [22] menentukan jarak d dari pusat telapak tangan ke jari-jari d_i ($i=1, \dots, 5$), dan menghitung sudut β antara garis yang menghubungkan pusat tangan dan jari-jari,

yang menghasilkan empat sudut β_i ($i = 1, \dots, 4$), sehingga tangan direpresentasikan dengan sembilan angka vektor ciri [9].

C. Pengenalan (Recognition)

Recognition atau klasifikasi gestur tangan adalah fase terakhir dari sistem pengenalan. Sistem pengenalan dapat diklasifikasikan dengan menggunakan dua pendekatan sebagaimana yang dimaksud dalam [1].

1) *Pendekatan berbasis aturan*: input ciri pendekatan ini direpresentasikan seperti dikodekan manual, dan gestur pemenang adalah yang cocok dengan kode aturan setelah cirinya diekstrak. Permasalahan utama teknik adalah kemampuan orang untuk mengkodekan aturan yang dapat membatasi keberhasilan proses *recognition* [1].

2) *Pendekatan berbasis Machine Learning*: pendekatan ini paling umum yang menganggap gestur adalah hasil proses *stochastic* [1]. Sebagian besar masalah yang didasarkan pada pembelajaran ditangani berdasarkan pemodelan statistik [43], seperti PCA [44], FSM [45]. Hidden Markov Models (HMMs) yang dilatih oleh [4] menghasilkan 98.75%, sedangkan [32] menghasilkan akurasi 98.6 dan telah diperhatikan oleh banyak peneliti [1], Kalman Filter [35], Artificial Neural Network (ANNs) [27] [28] [46] [47] dengan akurasi masing-masing 95%, 98%, 97%, N/A yang telah digunakan untuk pengenalan gestur juga. Beberapa peneliti menggunakan distribusi gaussian untuk klasifikasi gestur [25] dan matrik *Euclidian distance* [34]. Implementasi pengenalan gestur tangan dapat digunakan area yang luas, berikut adalah gambaran beberapa domain aplikasi yang menggunakan interaksi gestur:

3) *Virtual Realit*: penggunaan gestur pada aplikasi virtual dan *augmented reality* merupakan salah satu pemanfaatan gestur yang terbesar dalam komputasi. Interaksi *virtual reality* menggunakan gestur untuk menambah realistik [48] dalam memanipulasi benda-benda virtual menggunakan tangan, untuk interaksi tampilan 3D atau 2D yang disimulasikan dengan interaksi 3D [49].

4) *Robotics dan Telepresence*: aplikasi *telepresence* dan *telerobotic* biasanya terletak proyek penelitian dalam domain eksplorasi luar angkasa dan berbasis militer [50] [51]. Gestur digunakan untuk berinteraksi dan mengontrol robot mirip interaksi dalam *virtual reality*, namun dunia nyata disuguhkan ke operator dengan tayangan video dari camera yang ada di robot [52]. Disini gestur dapat mengontrol gerakan tangan robot dan lengan untuk meraih dan memanipulasi obyek nyata.

5) *Aplikasi Desktop dan Tablet PC*: dalam aplikasi komputasi dekstop, gestur dapat memberikan alternatif interaksi untuk *mouse* dan *keyboard* [53] [54]. Banyak komputasi dekstop yang melibatkan manipulasi grafis atau mengedit dokumen menggunakan gestur berbasis pena [55].

6) *Games*: ketika kita melihat gestur untuk game komputer, Freeman et. al. [56] melacak tangan pemain atau

posisi tubuh untuk mengontrol gerakan game interaksi berorientasi obyek seperti mobil. Konrad et. al. [57] menggunakan gestur untuk mengontrol pergerakan avatar dalam sebuah virtual world, dan Play Stasion 2 telah memperkenalkan Eye Toy, sebuah kamera yang dapat melacak pergerakan tangan untuk game interaktif [58].

7) *Bahasa Isyarat (Sign Language)*: Sign language adalah kasus yang penting dalam komunikasi gestur [12]. Karena bahas isyarat sangat struktural, sehingga cocok untuk contoh kasus dalam algoritma komputer visi [59]. Selain itu merupakan langkah yang bagus untuk membantu disabled berinteraksi dengan komputer. Sign Language untuk tuna rungu (contoh. American Sign Laguage) adalah sebuah contoh yang memiliki perhatian lebih untuk literatur gestur [42] [60] [61] [62].

8) *Monitoring Kendaraan*: aplikasi lain yang penting adalah antar muka kendaraan. Sejumlah teknik pengenalan gestur tangan untuk antar muka kendaraan manusia telah diusulkan dari waktu ke waktu [63] [64]. Motivasi utama penelitian dalam penggunaan gestur untuk pengontrol sekunder dalam kendaraan secara luas didasarkan pemikiran bahwa konsumsi penggunaan di jalan dapat dikurangi menggunakan gerakan tangan [18].

9) *Kesehatan dan Assisten Medis*: dunia kesehatan juga tersentuh gelombang teknologi ini. Wachs et. al. [65] mengembangkan alat berbasis gestur browsing steril gambar-gambar radiology. Jinhua Zeng, Yaoru Sun, Fang Wang mengembangkan kursi roda cerdas dengan HCI [66] [67].

10) *Pengambil Informasi Harian*: Sheng-Yu Peng mengimplementasikan sebuah pendekatan menyediakan informasi harian diambil dari internet, dimana pengguna mengoperasikan sistem ini menggunakan gerakan tanganya [68] [69].

11) *Pendidikan*: Zeng, Bobo, Wang, Guijin menyajikan sebuah sistem menggunakan hand gestur untuk mengontrol presentasi powerpoint [70].

12) *Pengontrol Televisi*: Aplikasi hand postur dan gestur untuk mengontrol televisi [20]. Freeman [71] mengembangkan sebuah sistem untuk mengontrol sebuah televisi menggunakan hand gestur. Menggunakan tangan terbuka untuk mengubah saluran, menghidupkan dan mematikan televisi, dan menghilangkan suara.

V. SYARAT SISTEM PENGENALAN GESTUR BERBASIS VISI

Interaksi berbasis visi adalah sebuah tantangan penelitian area multidisiplin, yang didalamnya terdapat komputer visi dan grafis, *image processing*, *machine learning*, *bio-informatics*, dan psikologi. Untuk membuat sistem pengenalan berbasis visi bekerja sukses, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi [1]:

1) *Handal*: dalam dunia nyata, informasi visual sangat kaya, noisy, dan tidak lengkap, karena adanya perubahan cahaya, latar belakang yang kompleks dan dinamis, *occlusion*,

dan lainnya. Sistem berbasis visi tidak tergantung pengguna dan mampu menangani terhadap faktor-faktor ini.

2) *Efisiensi Komputasi* : umumnya, interaksi berbasis visi sering membutuhkan sistem *real-time*, maka algoritma dan teknik yang digunakan harus efektif dan biaya komputasi yang efisien.

3) *Toleransi Pengguna*: kesalahan atau kerusakan dalam interaksi berbasis visi harus ditoleransi. Jika terjadi kesalahan, seharusnya tidak dikenakan banyak kerugian. Pengguna dapat diminta untuk beberapa aksi, dari pada membiarkan komputer memutuskan hal yang lebih salah lagi.

4) *Skalabilitas*: sistem interaksi berbasis visi harus mudah disesuaikan dengan skala aplikasi yang berbeda. Contoh, inti dari interaksi berbasis visi harus sama untuk lingkungan dekstop, *Sign Language Recognition*, navigasi robot juga buat VE.

Sebagian besar review berdasarkan pada ide deteksi dan segmentasi gestur tangan dari backgroud yang ada menggunakan *motion detection* atau warna kulit. Menurut Wac et. al [72] seleksi yang tepat ciri dan kombinasi dengan algoritma pengenalan yang canggih, dapat mempengaruhi kesuksesan maupun kegagalan pekerjaan yang ada maupun masa datang dibidang interaksi manusia dan komputer menggunakan gestur tangan.

VI. KESIMPULAN

Efisiensi pembangunan interaksi manusia dan komputer sangat penting dalam sistem pengenalan gestur. Banyak aplikasi dibangun dari sistem pengenalan gestur mulai dari pengenalan bahasa isyarat, control robot, *virtual reality*, dan games. Hasil survey pada penelitian ini berbagai macam teknik dan algoritma telah disediakan terutama pada ekpresi gestur tangan. Algoritma utama yang digunakan dalam survei ini meliputi HMMs, ANN, dan Fuzzy Clustering.

Sebagai input peneliti banyak menggunakan input gambar berwarna untuk hasil yang lebih baik. Metodologi yang digunakan peneliti untuk membangun sistem pengenalan gestur tangan secara garis besar adalah: proses segmentasi, ekstraksi ciri, dan proses klasifikasi. Proses segmentasi pada review ini banyak menggunakan deteksi warna kulit dengan ruang warna HSI, HSV dan YCbCr, sedangkan tool yang digunakan untuk proses klasifikasi kebanyakan menggunakan FSM, PCA, HMMs, dan ANN. Semua proses-proses pada metodologi yang didiskusikan dalam tulisan ini bertujuan untuk menghasilkan interaksi manusia dan komputer yang efisiensi dan natural.

REFERENSI

- [1] G. R. S. Murthy and R. S. Jadon, "A review of vision based hand gestures recognition," *Int. J. Inf. Technol. Knowl. Manag.*, vol. 2, no. 2, pp. 405–410, 2009.
- [2] S. Mitra and T. Acharya, "Gesture Recognition: A Survey," *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part C Appl. Rev.*, vol. 37, no. 3, pp. 311–324, 2007.
- [3] T. Starner and A. Pentland, "Real-Time American Sign Language Recognition from Video Using Hidden Markov Models," in *Motion-Based Recognition*, M. Shah and R. Jain, Eds. Springer Netherlands, 1997, pp. 227–243.

- [4] C. Keskin, A. Erkan, and L. Akarun, "Real time hand tracking and 3d gesture recognition for interactive interfaces using hmm," *ICANN/ICONIPP*, vol. 2003, pp. 26–29, 2003.
- [5] L. Rabiner, "A tutorial on hidden Markov models and selected applications in speech recognition," *Proc. IEEE*, vol. 77, no. 2, pp. 257–286, 1989.
- [6] J. Yamato, J. Ohya, and K. Ishii, "Recognizing human action in time-sequential images using hidden Markov model," in *1992 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1992. Proceedings CVPR '92*, 1992, pp. 379–385.
- [7] F. Samaria and S. Young, "HMM-based architecture for face identification," *Image Vis. Comput.*, vol. 12, no. 8, pp. 537–543, 1994.
- [8] P. Hong, M. Turk, and T. S. Huang, "Constructing finite state machines for fast gesture recognition," in *15th International Conference on Pattern Recognition, 2000. Proceedings*, 2000, vol. 3, pp. 691–694 vol.3.
- [9] X. Li, "Gesture recognition based on fuzzy C-Means clustering algorithm," *Dep. Comput. Sci. Univ. Tenn. Knoxville*, 2003.
- [10] D. E. Glodberg, "Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning," *Addion Wesley*, 1989.
- [11] B. Kröse, B. Krose, P. van der Smagt, and P. Smagt, *An introduction to Neural Networks*. 1993.
- [12] S. Bilal, R. Akmeliawati, M. J. El Salami, and A. A. Shafie, "Vision-based hand posture detection and recognition for Sign Language - A study," in *Mechatronics (ICOM), 2011 4th International Conference On*, 2011, pp. 1–6.
- [13] T. B. Moeslund and E. Granum, "A survey of computer vision-based human motion capture," *Comput. Vis. Image Underst.*, vol. 81, no. 3, pp. 231–268, 2001.
- [14] J. Daugman, "Face and gesture recognition: overview," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 19, no. 7, pp. 675–676, 1997.
- [15] P. Garg, N. Aggarwal, and S. Sofat, "Vision based hand gesture recognition," *World Acad. Sci. Eng. Technol.*, vol. 49, no. 1, pp. 972–977, 2009.
- [16] Y. Wu and T. S. Huang, "Vision-based gesture recognition: A review," *Urbana*, vol. 51, p. 61801, 1999.
- [17] A. Erol, G. Bebis, M. Nicolescu, R. D. Boyle, and X. Twombly, "Vision-based hand pose estimation: A review," *Comput. Vis. Image Underst.*, vol. 108, no. 1, pp. 52–73, 2007.
- [18] N. B. P. Vishal Nayakwadi, "Natural Hand Gestures Recognition System for Intelligent HCI: A Survey," *Int. J. Comput. Appl. Technol. Res.*, vol. 3, no. 1, pp. 10–19, 2014.
- [19] L. Dipietro, A. M. Sabatini, and P. Dario, "A Survey of Glove-Based Systems and Their Applications," *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part C Appl. Rev.*, vol. 38, no. 4, pp. 461–482, 2008.
- [20] J. LaViola, "A survey of hand posture and gesture recognition techniques and technology," *Brown Univ. Provid. RI*, 1999.
- [21] M. M. Hasan and P. K. Mishra, "Hand gesture modeling and recognition using geometric features: A review," *Can. J. Image Process. Comput. Vis.*, vol. 3, no. 1, pp. 12–26, 2012.
- [22] L. Lamberti and F. Camastra, "Real-time hand gesture recognition using a color glove," in *Image Analysis and Processing-ICIAP 2011*, Springer, 2011, pp. 365–373.
- [23] J. P. Wachs, M. Kölsch, H. Stern, and Y. Edan, "Vision-based Hand-gesture Applications," *Commun ACM*, vol. 54, no. 2, pp. 60–71, Feb. 2011.
- [24] A. Samantaray, S. K. Nayak, and A. K. Mishra, "Hand Gesture Recognition using Computer Vision."
- [25] E. Stergiopoulou and N. Papamarkos, "Hand gesture recognition using a neural network shape fitting technique," *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 22, no. 8, pp. 1141–1158, 2009.
- [26] H. H. Maung, "Real-time hand tracking and gesture recognition system using neural networks," *World Acad. Sci. Eng. Technol.*, vol. 50, pp. 466–470, 2009.
- [27] M. Maraqa and R. Abu-Zaiter, "Recognition of Arabic Sign Language (ArSL) using recurrent neural networks," in *Applications of Digital Information and Web Technologies, 2008. ICADIWT 2008. First International Conference on the*, 2008, pp. 478–481.
- [28] K. Murakami and H. Taguchi, "Gesture recognition using recurrent neural networks," in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 1991, pp. 237–242.
- [29] W. T. Freeman and M. Roth, "Orientation histograms for hand gesture recognition," in *International Workshop on Automatic Face and Gesture Recognition*, 1995, vol. 12, pp. 296–301.
- [30] H. Zhou, D. J. Lin, and T. S. Huang, "Static Hand Gesture Recognition based on Local Orientation Histogram Feature Distribution Model," in *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop, 2004. CVPRW '04*, 2004, pp. 161–161.
- [31] S. G. Wysocki, M. V. Lamar, S. Kuroyanagi, and A. Iwata, "A rotation invariant approach on static-gesture recognition using boundary histograms and neural networks," in *Proceedings of the 9th International Conference on Neural Information Processing, 2002. ICONIP '02*, 2002, vol. 4, pp. 2137–2141 vol.4.
- [32] M. Elmezain, A. Al-Hamadi, J. Appenrodt, and B. Michaelis, "A hidden markov model-based isolated and meaningful hand gesture recognition," *Int. J. Electr. Comput. Syst. Eng.*, vol. 3, no. 3, pp. 156–163, 2009.
- [33] M. A. Moni and A. B. M. S. Ali, "HMM based hand gesture recognition: A review on techniques and approaches," in *2nd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology, 2009. ICCSIT 2009*, 2009, pp. 433–437.
- [34] M. M. Hasan and P. K. Mishra, "HSV brightness factor matching for gesture recognition system," *Int. J. Image Process. IJIP*, vol. 4, no. 5, p. 456, 2010.
- [35] M. M. Hasan and P. K. Misra, "Gesture Recognition Using Modified HSV Segmentation," in *2011 International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT)*, 2011, pp. 328–332.
- [36] S. Mo, S. Cheng, and X. Xing, "Hand gesture segmentation based on improved kalman filter and TSL skin color model," in *2011 International Conference on Multimedia Technology (ICMT)*, 2011, pp. 3543–3546.
- [37] M. M. Hasan and P. K. Misra, "Brightness factor matching for gesture recognition system using scaled normalization," *Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol. IJCSIT*, vol. 3, no. 2, pp. 35–46, 2011.
- [38] B. Stenger, P. R. S. Mendonca, and R. Cipolla, "Model-based 3D tracking of an articulated hand," in *Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2001. CVPR 2001*, 2001, vol. 2, pp. II–310–II–315 vol.2.
- [39] Y. Wu, J. Y. Lin, and T. S. Huang, "Capturing natural hand articulation," in *Eighth IEEE International Conference on Computer Vision, 2001. ICCV 2001. Proceedings*, 2001, vol. 2, pp. 426–432 vol.2.
- [40] N. Gupta, P. Mittal, S. D. Roy, S. Chaudhury, and S. Banerjee, "Developing a gesture-based interface," *J. Inst. Electron. Telecommun. Eng.*, vol. 48, no. 3, pp. 237–244, 2002.
- [41] J. R. New, E. Hasanbelliu, and M. Aguilar, "Facilitating user interaction with complex systems via hand gesture recognition," in *Proceedings of the 2003 Southeastern ACM Conference, Savannah, GA*, 2003.
- [42] A. M. Martinez, R. B. Wilbur, R. Shay, and A. C. Kak, "Purdue RVL-SLLL ASL database for automatic recognition of American Sign Language," in *Fourth IEEE International Conference on Multimodal Interfaces, 2002. Proceedings*, 2002, pp. 167–172.
- [43] V. I. Pavlovic, R. Sharma, and T. S. Huang, "Visual interpretation of hand gestures for human-computer interaction: A review," *Pattern Anal. Mach. Intell. IEEE Trans. On*, vol. 19, no. 7, pp. 677–695, 1997.
- [44] J.-M. Kim and M.-K. Song, "Three Dimensional Gesture Recognition Using PCA of Stereo Images and Modified Matching Algorithm," in *Fifth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, 2008. FSKD '08*, 2008, vol. 4, pp. 116–120.
- [45] R. Verma and A. Dev, "Vision based hand gesture recognition using finite state machines and fuzzy logic," in *International Conference on Ultra Modern Telecommunications Workshops, 2009. ICUMT '09*, 2009, pp. 1–6.

- [46] S. S. Fels and G. E. Hinton, "Glove-Talk: a neural network interface between a data-glove and a speech synthesizer," *IEEE Trans. Neural Netw.*, vol. 4, no. 1, pp. 2–8, 1993.
- [47] S. S. Fels and G. E. Hinton, "Glove-talk II - a neural-network interface which maps gestures to parallel formant speech synthesizer controls," *IEEE Trans. Neural Netw.*, vol. 8, no. 5, pp. 977–984, 1997.
- [48] R. Sharma, T. S. Huang, V. I. Pavlović, Y. Zhao, Z. Lo, S. Chu, and K. Schul, "Speech/gesture interface to a visual computing environment for molecular biologists," in *Pattern Recognition, 1996., Proceedings of the 13th International Conference on*, 1996, vol. 3, pp. 964–968.
- [49] T. Starner, J. Auxier, D. Ashbrook, and M. Gandy, "The gesture pendant: a self-illuminating, wearable, infrared computer vision system for home automation control and medical monitoring," in *The Fourth International Symposium on Wearable Computers*, 2000, pp. 87–94.
- [50] J. Thampi, M. Nuhas, M. Rafi, and A. Shaheed, "Vision based hand gesture recognition: medical and military applications," *Adv. Parallel Distrib. Comput. Commun. Comput. Inf. Sci.*, vol. 203, pp. 270–281, 2011.
- [51] J. MacLean, R. Herpers, C. Pantofaru, L. Wood, K. Derpanis, D. Topalovic, and J. Tsotsos, "Fast hand gesture recognition for real-time teleconferencing applications," in *IEEE ICCV Workshop on Recognition, Analysis, and Tracking of Faces and Gestures in Real-Time Systems, 2001. Proceedings*, 2001, pp. 133–140.
- [52] S. M. Goza, R. O. Ambrose, M. A. Diftler, and I. M. Spain, "Telepresence control of the NASA/DARPA robonaut on a mobility platform," in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 2004, pp. 623–629.
- [53] D. Stotts, J. M. Smith, and K. Gyllstrom, "FaceSpace: Endo- and Exospatial Hypermedia in the Transparent Video Facetop," in *Proceedings of the Fifteenth ACM Conference on Hypertext and Hypermedia*, New York, NY, USA, 2004, pp. 48–57.
- [54] H. I. Stern, J. P. Wachs, and Y. Edan, "Human Factors for Design of Hand Gesture Human - Machine Interaction," in *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2006. SMC '06*, 2006, vol. 5, pp. 4052–4056.
- [55] G. M. Smith, "The radial scroll tool: scrolling support for stylus-or touch-based document navigation," in *Proceedings of the 17th annual ACM symposium on User interface software and technology*, 2004, pp. 53–56.
- [56] W. T. Freeman, K. Tanaka, J. Ohta, and K. Kyuma, "Computer vision for computer games," in *Proceedings of the Second International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, 1996*, 1996, pp. 100–105.
- [57] T. Konrad, D. Demirdjian, and T. Darrell, "Gesture + Play: Full-body Interaction for Virtual Environments," in *CHI '03 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, New York, NY, USA, 2003, pp. 620–621.
- [58] University of Chicago, "Mcneill Lab for Gesture and Speech Research," 2006. [Online]. Available: <http://mcneilllab.uchicago.edu/>.
- [59] C. Valli, *Linguistics of American sign language: An introduction*. Gallaudet University Press, 2000.
- [60] C. Vogler and D. Metaxas, "A framework for recognizing the simultaneous aspects of american sign language," *Comput. Vis. Image Underst.*, vol. 81, no. 3, pp. 358–384, 2001.
- [61] M. B. Waldron and S. Kim, "Isolated ASL sign recognition system for deaf persons," *IEEE Trans. Rehabil. Eng.*, vol. 3, no. 3, pp. 261–271, 1995.
- [62] T. Starner, J. Weaver, and A. Pentland, "Real-time American sign language recognition using desk and wearable computer based video," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 20, no. 12, pp. 1371–1375, 1998.
- [63] G. Dong, Y. Yan, and M. Xie, "Vision-based hand gesture recognition for human-vehicle interaction," in *Proc. of the International conference on Control, Automation and Computer Vision*, 1998, vol. 1, pp. 151–155.
- [64] C. A. Pickering, K. J. Burnham, and M. J. Richardson, "A Research Study of Hand Gesture Recognition Technologies and Applications for Human Vehicle Interaction," in *2007 3rd Institution of Engineering and Technology Conference on Automotive Electronics*, 2007, pp. 1–15.
- [65] J. P. Wachs, H. I. Stern, Y. Edan, M. Gillam, J. Handler, C. Feied, and M. Smith, "A gesture-based tool for sterile browsing of radiology images," *J. Am. Med. Inform. Assoc.*, vol. 15, no. 3, pp. 321–323, 2008.
- [66] J. Zeng, Y. Sun, and F. Wang, "A Natural Hand Gesture System for Intelligent Human-Computer Interaction and Medical Assistance," in *2012 Third Global Congress on Intelligent Systems (GCIS)*, 2012, pp. 382–385.
- [67] Y. Kuno, T. Murashima, N. Shimada, and Y. Shirai, "Interactive gesture interface for intelligent wheelchairs," in *2000 IEEE International Conference on Multimedia and Expo, 2000. ICME 2000*, 2000, vol. 2, pp. 789–792 vol.2.
- [68] S.-Y. Peng, K. Wattanachote, H.-J. Lin, and K.-C. Li, "A Real-Time Hand Gesture Recognition System for Daily Information Retrieval from Internet," in *2011 4th International Conference on Ubi-Media Computing (U-Media)*, 2011, pp. 146–151.
- [69] C. Zhu and W. Sheng, "Wearable Sensor-Based Hand Gesture and Daily Activity Recognition for Robot-Assisted Living," *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part Syst. Hum.*, vol. 41, no. 3, pp. 569–573, 2011.
- [70] B. Zeng, G. Wang, and X. Lin, "A hand gesture based interactive presentation system utilizing heterogeneous cameras," *Tsinghua Sci. Technol.*, vol. 17, no. 3, pp. 329–336, 2012.
- [71] W. T. Freeman and C. Weissman, "Television control by hand gestures," in *Proc. of Intl. Workshop on Automatic Face and Gesture Recognition*, 1995, pp. 179–183.
- [72] J. P. Wachs, H. Stern, and Y. Edan, "Cluster labeling and parameter estimation for the automated setup of a hand-gesture recognition system," *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part Syst. Hum.*, vol. 35, no. 6, pp. 932–944, 2005.