

Implementasi Metode Hough Transform Pada Citra Skeletonisasi Dengan Menggunakan MATLAB 7.6

Intan Nur Lestari

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Gunadarma
Jl. Margonda Raya, 100, Pondok Cina, Depok
Telp : (021) 78881112

E-mail : intannurlestari@yahoo.com

ABSTRAK

Kemajuan teknologi saat ini berkembang cepat, untuk itu keamanan biometrik telah sangat meningkat. Salah satu bidang yang mengalami peningkatan adalah sistem pengenalan, seperti misalnya sistem pengenalan gaya gerak berjalan manusia (*Gait Recognition*). Sistem pengenalan ini memetakan titik-titik dari tubuh manusia. Teknologi ini satu generasi lebih maju dibandingkan teknologi pengenalan yang sudah dikenal saat ini. Gaya berjalan memiliki kemampuan yang tinggi untuk membedakan seseorang, akan tetapi cukup untuk keperluan verifikasi dengan tingkat keamanan yang rendah. Pengenalan seseorang dari cara berjalannya dapat dilakukan dengan *analisis anular* (sudut yang dibentuk bagian-bagian kaki saat berjalan dari samping). Dalam menentukan sudut yang dibentuk ini digunakan *Metode Hough Transform*, metode ini bertujuan menspesifikasikan kurva dalam bentuk parametrik. Transformasi Hough menggunakan mekanisme voting untuk mengestimasi nilai parameter. Setiap titik di kurva menyumbang suara untuk beberapa kombinasi parameter. Parameter yang memperoleh suara terbanyak terpilih sebagai pemenang. Dari 20 citra skeletonisasi didapatkan tingkat keberhasilan sebesar 50 % atau 10 citra skeletonisasi. Namun terdapat beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya kegagalan dalam proses ini yaitu dikarenakan jumlah data yang terlalu sedikit, serta citra skeletonisasi yang dipakai sebagai masukan kurang maksimal hasilnya sehingga fitur yang ada tidak membentuk sebuah garis lurus yang akan membentuk sudut. Selain itu tidak tepatnya pengambilan gambar pada saat pembagian wilayah karena gambar orang tersebut tidak sama letaknya dengan gambar yang lainnya.

Kata Kunci : Biometrik, Citra Skeletonisasi, *Gait*, Hough Transform, Jarak, Sudut

1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi saat ini berkembang cepat, untuk itu keamanan biometrik telah sangat meningkat, salah satu bidang yang mengalami peningkatan, adalah sistem pengenalan, seperti misalnya sistem pengenalan gaya gerak berjalan manusia (*Gait Recognition*). Dalam bidang penelitian pemrosesan gerak, pendeteksian gerak manusia adalah salah satu tahap awal yang sangat penting di dalam proses pengenalan gerak (*gait recognition*). Sistem pengenalan gerak manusia digunakan untuk menganalisa satu citra gerak jalan manusia. Gaya berjalan memiliki kemampuan yang tinggi untuk membedakan seseorang, akan tetapi cukup untuk keperluan verifikasi dengan tingkat keamanan yang rendah. Pengenalan seseorang dari cara berjalannya dapat dilakukan dengan *analisis anular* (sudut yang dibentuk bagian-bagian kaki saat berjalan dari samping) (Darma Putra, 2008) .

Analisis citra bertujuan mengidentifikasi parameter-parameter yang diasosiasikan dengan ciri (*feature*) dari objek dalam citra, untuk selanjutnya parameter tersebut digunakan dalam menginterpretasi citra. Analisis citra pada dasarnya terdiri dari tiga tahapan : ekstraksi ciri (*feature extraction*), segmentasi dan klasifikasi. Ada beberapa metode yang digunakan untuk mendeteksi untuk menentukan posisi titik pusat target. Metode yang paling konvensional adalah dengan mengukur atau mendigitasi pada media cetak kertas (*hardcopy*). Metode *Hough Transform*, metode yang populer dalam penghampiran (*approximation*) kurva. Metode ini dikenal memiliki keunggulan dalam mendeteksi keberadaan objek yang memiliki pola tertentu walaupun tidak diketahui posisinya, serta relatif tidak terpengaruh oleh derau (*noise*) maupun data yang tidak lengkap atau hilang. Kemampuannya dalam melakukan deteksi objek bahkan menyamai *template matching*, tetapi jauh lebih cepat (Rinaldi Munir, 2004).

1. Tinjauan Pustaka

1. Gait

Gaya berjalan (*gait*) seseorang adalah cara aneh atau unik dalam berjalan seseorang (Darma Putra, 2008). Gaya berjalan tidak memiliki kemampuan yang tinggi untuk membedakan, akan tetapi cukup untuk keperluan verifikasi dengan tingkat keamanan yang rendah. Pengenalan seseorang dari cara berjalannya dapat dilakukan dengan analisis angular (sudut yang di bentuk bagian-bagian kaki saat berjalan dari samping). Seperti pada gambar 2.1 berikut ini :



Gambar 2.1 Gaya Berjalan Seseorang (*Gait*) Dari Samping

2. Pengolahan citra

Pengolahan citra merupakan proses pengolahan dan analisis citra yang banyak melibatkan persepsi visual. Proses ini mempunyai ciri data masukan dan informasi keluaran yang berbentuk citra. Istilah pengolahan citra digital secara umum didefinisikan sebagai pemrosesan citra dua dimensi dengan komputer. Dalam definisi yang lebih luas, pengolahan citra digital juga mencakup semua data dua dimensi (Rinaldi Munir, 2004).

3. Citra Digital

Citra digital dihasilkan melalui proses digitasi sehingga mampu menghasilkan citra digital, misalnya *Ultra Sound Graphic* (USG), kamera digital, scanner, dan lain-lain. Citra digital disebut juga citra diskrit. Citra digital merupakan citra yang telah disimpan dalam bentuk file sehingga dapat diolah dengan menggunakan komputer. Citra digital merupakan suatu larik dua dimensi atau suatu matriks yang elemen-elemennya menyatakan tingkat keabuan dari elemen gambar. Jadi informasi yang terkandung bersifat diskrit. Citra digital tidak selalu merupakan hasil langsung data rekaman suatu sistem. Kadang-kadang hasil rekaman data bersifat kontinu seperti gambar pada monitor televisi, foto sinar-X, dan lain sebagainya. Dengan demikian untuk mendapatkan suatu citra digital diperlukan suatu proses konversi, sehingga citra tersebut selanjutnya dapat diproses dengan komputer.

3. Citra Biner

Citra biner (*binary image*) adalah citra yang hanya mempunyai dua nilai derajat keabuan yaitu hitam dan putih, 0 dan 1 dimana 0 menyatakan warna latar belakang (*background*) dan 1 menyatakan warna tinta atau objek atau dalam bentuk angka 0 untuk hitam dan angka 1 untuk warna putih (Wijaya Marvin Ch. & Prijono Agus, 2007).

4. Skeletonisasi

Skeletonisasi adalah proses merubah bentuk dari citra hasil restorasi yang berbentuk citra biner menjadi citra yang menampilkan batas-batas objek yang hanya setebal satu piksel. Untuk melakukan proses skeletonisasi dipergunakan algoritma thinning. Algoritma ini secara iteratif menghapus piksel-piksel pada citra biner, dimana transisi dari 0 ke 1 (atau dari 1 ke 0 pada konvensi lain) terjadi sampai dengan terpenuhi suatu keadaan dimana satu himpunan dari lebar per unit (satu piksel) terhubung menjadi suatu garis (Marvin Wijaya, 2007). Tujuan thinning pada proses skeletonisasi adalah untuk menghilangkan piksel-piksel yang berada di dalam obyek depan (foreground object) pada citra biner. *Thinning* dalam skeletonisasi berfungsi untuk merapikan atau menyempurnakan hasil output proses *edge detection* dengan cara mengurangi lebar sisi ataupun batas. Dan sebagai tambahan untuk melakukan proses skeletonisasi maka hindari citra yang memiliki tingkat erosi yang tinggi karena akan sedikit sulit melakukan proses skeleton sebab erosi berfungsi untuk mengurangi nilai piksel dan merubah hingga menjadi beberapa garis-garis. Sehingga dikhawatirkan akan menimbulkan kerancuan pada tahap skeletonisasi. Gambar 2.2 menunjukkan citra yang telah mengalami proses skeletonisasi.



Gambar 2.2 Citra Skeletonisasi

5. Hough Transform (Transformasi Hough)

Transformasi Hough menspesifikasikan kurva dalam bentuk parametrik. Kurva dinyatakan sebagai bentuk parametrik (Rinaldi Munir, 2004) :

$$(x(u), y(u))$$

Dari parametrik u . Bentuk parametrik tersebut menspesifikasikan titik-titik sepanjang kurva dari titik awal kurva $p_1 = (x(u_1), y(u_1))$ ke titik $p_2 = (x(u_2), y(u_2))$.

Transformasi Hough menggunakan mekanisme voting untuk mengestimasi nilai parameter. Setiap titik di kurva menyumbang suara untuk beberapa kombinasi

parameter. Parameter yang memperoleh suara terbanyak terpilih sebagai pemenang.

Mendeteksi Garis Lurus

Transformasi Hough mengurangi kompleksitas komputasi dengan menggunakan bentuk parametrik dan menggunakan mekanisme pemungutan suara terbanyak (*voting*). Untuk menentukan parameter yang tepat. Tinjau persamaan garis lurus :

$$y = mx + c \quad (2.1)$$

Dalam bentuk parametrik, setiap garis dinyatakan sebagai (m', c') di dalam ruang parameter m - c . Persamaan 2.1 dapat ditulis menjadi :

$$c = y - mx \quad (2.2)$$

prosedur mendeteksi garis lurus adalah sebagai berikut :

1. Ruang parameter didiskritkan sebagai matriks $P(m, c)$, yang di dalam hal ini $m_1 \leq m \leq m_k$ dan $c_1 \leq c \leq c_L$. Untuk k adalah banyaknya m yang didapat, untuk l adalah banyaknya c yang didapatkan.
2. Tiap elemen pada ruang parameter diasumsikan sebagai akumulator. Inisialisasi setiap elemen $P(m, c)$ dengan 0.
3. Untuk setiap piksel tepi (x_i, y_i) – piksel tepi dicirikan mempunyai nilai intensitas putih (1) dalam skala $(0 - 1)$ – hitung nilai $c = y_i - mx_i$. Untuk setiap nilai parameter m , $m_1 \leq m \leq m_k$, yang berkoresponden dengan nilai c , maka elemen matriks $P(m,c)$ yang bersesuaian dinaikkan satu :

$$P(m, c) = P(m, c) + 1 \quad (2.3)$$

Dengan kata lain, tambahkan satu suara pada ruang parameter m - c

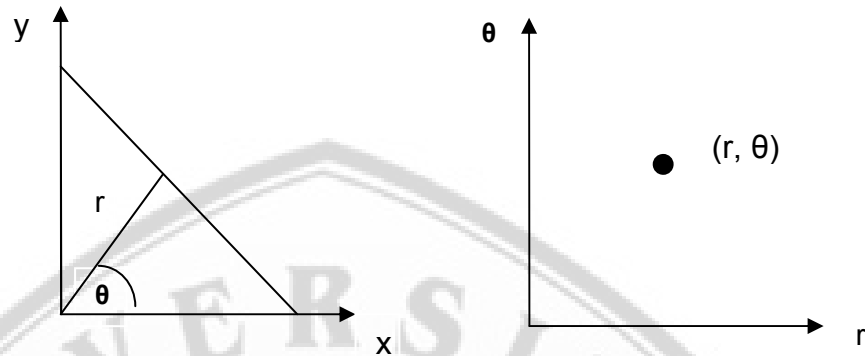
4. Ulangi langkah 3 sampai seluruh piksel di dalam citra tepi ditelusuri
5. Pada akhir prosedur, tiap elemen matriks $P(m, c)$ menyatakan jumlah piksel tepi yang memenuhi persamaan (2.1). Tentukan elemen matriks yang memiliki penumpukan suara cukup besar (yang nilainya di atas ambang tertentu). Misalkan tempat-tempat itu adalah $\{(m_1, c_1), (m_2, c_2), \dots, (m_k, c_k)\}$

Hal ini berarti terdapat k garis lurus yang terdeteksi pada citra.

Tingkat ketelitian dari Transformasi Hough bergantung pada ukuran matriks $P(m,c)$, yaitu $K \times L$. Model parametrik pada persamaan 2.1 tidak dapat digunakan untuk mendeteksi garis vertikal atau hampir vertikal karena gradiennya (m) menuju nilai tak terhingga. Kerena itu garis dinyatakan dalam representasi polar :

$$r = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (2.4)$$

Yang dalam hal ini r adalah jarak garis ke titik ke asal, seperti yang terlihat pada gambar



Gambar 2.3 Representasi Polar dari Garis Lurus (Rinaldi Munir, 2004)

3. Proses Perhitungan Fitur

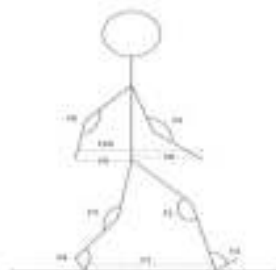
Dalam penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang digunakan untuk mendapatkan nilai dari fitur yang akan dicari yaitu :

a. Input Citra Skeletonisasi

Citra skeletonisasi digunakan sebagai citra masukan. Proses skeletonisasi itu sendiri berawal dari citra RGB yang melewati beberapa tahapan proses segmentasi seperti filterisasi citra, segmentasi warna, erosi dan dilatasi, restorasi, dan skeletonisasi citra.

b. Pengelompokan Fitur

Proses penentuan lokasi fitur dari citra skeletonisasi berasal dari penelitian tentang citra skeletonisasi (Lee dkk, 2008). Pada penelitian lee didapatkan sepuluh fitur yang akan diproses. Dari ke sepuluh fitur tersebut akan dikelompokkan sesuai dengan letak atau posisi dari fitur-fitur tersebut. Pengelompokan ini bertujuan untuk mempermudah dalam melakukan perhitungan-perhitungan terhadap fitur yang akan dicari. Untuk melihat lokasi atau letak dari fitur yang akan diproses dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Lokasi Seluruh Fitur

Dari sepuluh fitur tersebut empat fitur yang merupakan kelompok jarak atau hasil pengukurannya adalah jarak yaitu :

- Jarak kaki depan sampai tumit kaki belakang (F7)
- Tangan bagian depan sampai poros tengah dada (F8)
- Tangan bagian belakang sampai poros tengah dada (F9)
- Tangan bagian depan sampai tangan bagian belakang (F10)

Sedangkan untuk enam fitur yang lainnya merupakan kelompok sudut atau hasil pengukurannya merupakan sudut yaitu :

- Sudut lutut kaki depan (F1)
- Sudut pergelangan kaki depan (F2)
- Sudut pergelangan kaki belakang (F3)
- Sudut lutut kaki belakang (F4)
- Sudut sikut lengan depan (F5)
- Sudut sikut lengan belakang (F6)

Tabel 3.1 adalah tabel standar nilai interval sudut. Sedangkan pada tabel 3.2 adalah tabel standar nilai interval jarak. Nilai dari ke dua tabel ini adalah standar nilai atau nilai acuan yang digunakan untuk membandingkan seseorang ke dalam kategori normal atau tidak. Seseorang dapat dikatakan normal jika nilai fitur tersebut termasuk ke dalam tabel 3.1 dan 3.2

Tabel 3.1 Standar Nilai Interval Sudut

No	Nama Fitur	Nilai Standar Interval ($^{\circ}$)
1	Sudut lutut kaki depan (F1)	$100^{\circ} - 135^{\circ}$
2	Sudut pergelangan kaki depan (F2)	$50^{\circ} - 120^{\circ}$
3	Sudut pergelangan kaki belakang (F3)	$80^{\circ} - 100^{\circ}$
4	Sudut lutut kaki belakang (F4)	$100^{\circ} - 180^{\circ}$
5	Sudut sikut lengan depan (F5)	$60^{\circ} - 180^{\circ}$
6	Sudut sikut lengan belakang (F6)	$70^{\circ} - 160^{\circ}$

Tabel 3.2 Standar Nilai Interval Jarak

No	Nama Fitur	Nilai Standar Interval (cm)
1	Jarak kaki depan sampai tumit kaki belakang (F7)	25 – 40
2	Tangan bagian depan sampai poros tengah dada (F8)	5 – 25
3	Tangan bagian belakang sampai poros tengah dada (F9)	5 - 27
4	Tangan bagian depan sampai tangan bagian belakang (F10)	10 - 40

c. Proses Perhitungan Fitur Jarak

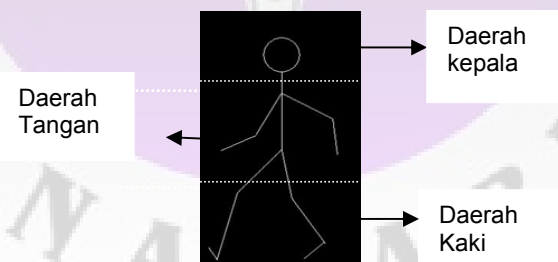
Pada proses perhitungan jarak terdapat beberapa tahapan untuk mendapatkan nilai jarak dari ke empat fitur (F7, F8, F9 dan F10) yaitu :

1. mengonversi citra skeletonisasi ke dalam citra biner
2. Tahap pembagian daerah
3. Tahap perhitungan jarak antar fitur

Pemrosesan awal citra skeletonisasi yaitu dengan mengonversi citra skeletonisasi ke dalam citra biner (*Binary Image*) yang setiap pikselnya mempunyai dua kemungkinan nilai yaitu 0 (off) dan 1 (on). Citra biner juga dapat dianggap sebagai tipe khusus dari citra intensitas yang hanya berisi citra hitam (0) dan citra putih (1). Selanjutnya dilakukan pembagian daerah citra skeletonisasi. Pembagian ini bertujuan untuk mempersempit ruang lingkup pendeteksian fitur yang akan dicari sehingga hasil yang diperoleh diharapkan dapat lebih akurat dan memperkecil kemungkinan pendeteksian fitur-fitur yang lainnya. Selanjutnya dilakukan proses perhitungan untuk mendapatkan jarak atau nilai keterhubungan antar fitur.

Pembagian Daerah

Pembagian daerah ini akan dilakukan dalam tiga bagian yaitu : daerah kepala, daerah tangan dan daerah kaki. Pembagian daerah ini dilakukan atas dasar pengamatan terhadap letak fitur yang akan dicari. Pembagian ini dapat di ilustrasikan pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Pembagian Daerah Untuk Fitur Jarak

Proses Perhitungan Jarak Antar Fitur

Setelah dilakukan pembagian daerah, maka untuk menentukan jarak pada ke empat fitur tersebut yaitu F7, F8, F9 dan F10 dilakukan dengan cara dengan mencari koordinat baris/kolom pada citra yang bernilai 1 atau citra dengan intensitas berwarna putih. Untuk fitur tangan terlebih dahulu dicari koordinat baris/kolom tangan belakang dilihat dari nilai maksimum jumlah kolom pada koordinat yang akan disimpan ke dalam array pada proses iterasi atau dengan kata lain pencarian letak koordinat

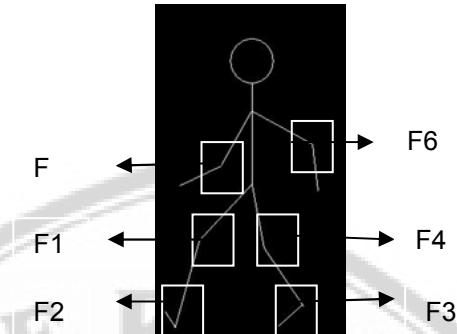
tangan belakang dilihat dari baris yang paling atas serta kolom yang paling awal pada saat ditemukan angka 1 atau citra dengan intensitas berwarna putih. Sedangkan untuk menentukan tangan depan dilihat dari nilai minimum jumlah kolom pada koordinat yang akan disimpan di dalam array atau dengan kata lain pencarian letak koordinat tangan depan dilihat dari baris yang paling atas serta kolom yang paling akhir pada saat ditemukan angka 1 atau citra dengan intensitas berwarna putih. Selanjutnya untuk menentukan koordinat pada poros tengah dada yaitu mencari nilai tengah pada kolom yang memiliki angka 1 atau citra berwarna dengan intensitas berwarna putih. Selanjutnya untuk mendapatkan perhitungan jarak dari fitur F8 (Tangan bagian depan sampai poros tengah dada) yaitu selisih antara koordinat piksel tangan depan sampai dengan koordinat piksel poros tengah dada. Begitu juga dengan fitur F9 (Tangan bagian belakang sampai poros tengah dada) yaitu selisih antara koordinat piksel tangan belakang sampai dengan koordinat piksel poros tengah dada. Maka untuk perhitungan jarak fitur F10 (Tangan bagian depan sampai tangan bagian belakang) yaitu selisih dari F8 dan F9.

Sedangkan untuk menentukan fitur F7 (Jarak kaki depan sampai tumit kaki belakang). Proses yang dilakukan sama seperti mencari fitur tangan hanya saja pada proses fitur kaki, iterasi untuk mencari nilai angka 1 pada baris yang dilakukan dimulai dari 2 kali nilai baris yang telah terbagi. Selanjutnya dari proses iterasi tersebut dapat diketahui koordinat dari kaki depan dan kaki belakang. Untuk mengetahui koordinat kaki depan diberikan sebuah kondisi, jika pada proses iterasi ditemukan angka 1 pada baris paling akhir dan kolom di depan atau di awal maka koordinat ini adalah koordinat dari kaki depan. Sedangkan untuk kaki belakang diberikan kondisi, jika dalam iterasi tersebut menemukan angka 1 pada baris terakhir dari citra skeletonisasi dan pada kolom terakhir pada citra skeletonisasi. Selanjutnya untuk menentukan jarak fitur F7 yaitu selisih dari dua koordinat tersebut.

d. Proses Perhitungan Sudut

Untuk mendapatkan nilai sudut ada 6 fitur yang akan dicari yaitu F1, F2, F3, F4, F5 dan F6. Pada proses ini digunakan metode *Hough Transform* yang akan berguna untuk menentukan garis lurus yang terdapat pada citra skeletonisasi. Selain dengan menggunakan metode tersebut, dilakukan pemrosesan awal terhadap citra skeletonisasi yang akan diproses fiturnya dengan melakukan pembagian daerah pada citra skeletonisasi sesuai dengan fitur yang akan dicari. Proses pembagian ini bertujuan agar ruang lingkup pendeteksian fitur lebih akurat dan memperkecil kemungkinan terdeteksinya fitur yang lainnya. Setelah dilakukan pembagian, kemudian dilakukan proses pemotongan (*cropping*) pada daerah yang dianggap

sebagai lokasi dari fitur yang akan dicari sudutnya. Gambar 3.3 akan mengilustrasikan proses pembagian citra skeletonisasi pada saat proses *cropping*.



Gambar 3.5 Proses Cropping Untuk Mendapatkan Sudut


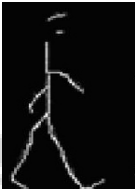



Proses cropping didasarkan pada pengamatan terhadap fitur yang dicari. Selanjutnya proses berikutnya adalah mencari nilai sudut dari setiap fitur. Akan tetapi terlebih dahulu dilakukan proses untuk mencari jarak dari ketiga sisi yang mengapit sudut tersebut. Setelah tiga sisi tersebut dapat diketahui jaraknya maka dapat terlihat akan membentuk sebuah segitiga sembarang. Selanjutnya untuk mengetahui sudut yang akan dicari dengan menggunakan *Hukum Cosinus*






4. Hasil Uji Coba

Pada proses pengujian, terdapat 20 set data citra skeletonisasi yang dijadikan sebagai masukan. Dilihat dari presentase yang bisa digunakan untuk citra skeletonisasi adalah 10 citra skeletonisasi (50%). Sedangkan untuk citra sekeletonisasi yang tidak bisa digunakan yaitu 50% atau 10 citra skeletonisasi. Faktor yang menyebabkan terjadinya kegagalan pada perhitungan fitur adalah karena pada citra skeletonisasi, fitur yang ada tidak membentuk sebuah garis lurus yang akan membentuk sudut. Selain itu tidak tepatnya pengambilan gambar pada saat pembagian wilayah karena gambar orang tersebut tidak sama letaknya dengan gambar yang lainnya

Untuk hasil uji coba program fitur sudut dapat dilihat pada tabel 4.1. Sedangkan untuk hasil uji coba program fitur jarak dapat dilihat pada tabel 4.2. Ke dua tabel ini dilakukan hanya berdasarkan pada jumlah citra skeletonisasi yang bisa digunakan. Pada tabel ini juga dapat dilihat bahwa nilai fitur sudut dan jarak pada proses uji coba program termasuk ke dalam nilai interval standar.

Tabel 4.1 Hasil Uji Coba Program Fitur Sudut




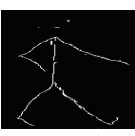
Objek	Fitur Sudut		Termasuk ke dalam Nilai Standar
	Nama Fitur	(⁰)	
 1	F1 (Sudut lutut kaki depan) F2 (Sudut pergelangan kaki depan) F3 (Sudut pergelangan kaki belakang) F4 (Sudut lutut kaki belakang) F5 (Sudut sikut lengan depan) F6 (Sudut sikut lengan belakang)	88 33 93 136 38 134	X X X √ X X
 2	F1 (Sudut lutut kaki depan) F2 (Sudut pergelangan kaki depan) F3 (Sudut pergelangan kaki belakang) F4 (Sudut lutut kaki belakang) F5 (Sudut sikut lengan depan) F6 (Sudut sikut lengan belakang)	124 70 147 91 127 31	√ √ X √ √ X
 3	F1 (Sudut lutut kaki depan) F2 (Sudut pergelangan kaki depan) F3 (Sudut pergelangan kaki belakang) F4 (Sudut lutut kaki belakang) F5 (Sudut sikut lengan depan) F6 (Sudut sikut lengan belakang)	163 81 74 138 104 161	X √ X √ √ √
 4	F1 (Sudut lutut kaki depan) F2 (Sudut pergelangan kaki depan) F3 (Sudut pergelangan kaki belakang) F4 (Sudut lutut kaki belakang) F5 (Sudut sikut lengan depan) F6 (Sudut sikut lengan belakang)	114 52 66 77 127 68	√ √ X √ √ X
 5	F1 (Sudut lutut kaki depan) F2 (Sudut pergelangan kaki depan) F3 (Sudut pergelangan kaki belakang) F4 (Sudut lutut kaki belakang) F5 (Sudut sikut lengan depan) F6 (Sudut sikut lengan belakang)	114 91 51 110 127 84	√ √ X √ √ √







 6	F1 (Sudut lutut kaki depan) F2 (Sudut pergelangan kaki depan) F3 (Sudut pergelangan kaki belakang) F4 (Sudut lutut kaki belakang) F5 (Sudut sikut lengan depan) F6 (Sudut sikut lengan belakang)	36 154 119 114 154 140	X X ✓ ✓ ✓ ✓
 7	F1 (Sudut lutut kaki depan) F2 (Sudut pergelangan kaki depan) F3 (Sudut pergelangan kaki belakang) F4 (Sudut lutut kaki belakang) F5 (Sudut sikut lengan depan) F6 (Sudut sikut lengan belakang)	165 82 95 138 113 145	X ✓ ✓ ✓ ✓ ✓
 8	F1 (Sudut lutut kaki depan) F2 (Sudut pergelangan kaki depan) F3 (Sudut pergelangan kaki belakang) F4 (Sudut lutut kaki belakang) F5 (Sudut sikut lengan depan) F6 (Sudut sikut lengan belakang)	153 76 100 144 113 156	X ✓ ✓ ✓ ✓ ✓
 9	F1 (Sudut lutut kaki depan) F2 (Sudut pergelangan kaki depan) F3 (Sudut pergelangan kaki belakang) F4 (Sudut lutut kaki belakang) F5 (Sudut sikut lengan depan) F6 (Sudut sikut lengan belakang)	114 70 43 107 127 63	✓ ✓ X ✓ ✓ X
 10	F1 (Sudut lutut kaki depan) F2 (Sudut pergelangan kaki depan) F3 (Sudut pergelangan kaki belakang) F4 (Sudut lutut kaki belakang) F5 (Sudut sikut lengan depan) F6 (Sudut sikut lengan belakang)	95 76 142 127 162 37	X ✓ X ✓ ✓ X

Dari hasil tabel 4.1 tersebut dapat dilihat bahwa simbol ✓ menandakan bahwa nilai fitur yang didapatkan dari hasil uji coba program termasuk ke dalam standar nilai interval yang berarti bahwa fitur tersebut termasuk ke dalam kategori seseorang normal. Seseorang dapat dikategorikan normal jika fitur tersebut berada pada tabel nilai interval. Namun sebaliknya jika nilai fitur tidak berada pada nilai interval maka dikategorikan tidak normal. Sedangkan untuk simbol x menandakan sebaliknya yaitu nilai uji coba program

yang didapatkan tidak termasuk ke dalam standar interval dengan kata lain fitur tersebut termasuk ke dalam kategori seseorang tidak normal. Dari hasil pengujian ini nilai kategori yang dihasilkan normal untuk fitur sudut pada fitur F1 yaitu citra skeletonisasi 2, 4, 5, 9. Lalu untuk fitur F2 yaitu citra skeletonisasi 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10. Untuk fitur F3 yaitu citra skeletonisasi 6, 7, 8. Untuk fitur F4 yaitu 10 citra skeletonisasi tersebut termasuk ke dalam kategori seseorang normal. Untuk fitur F5 yaitu citra skeletonisasi 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10. Dan yang terakhir untuk fitur F6 yaitu citra skeletonisasi 3, 5, 6, 7, 8. Dari hasil ini maka dapat disimpulkan yaitu dari ke sepuluh citra skeletonisasi yang diproses hanya citra skeletonisasi 5, 7 dan 8 yang dapat dikatakan citra tersebut termasuk ke dalam kategori normal, karena banyak fitur sudut yang memenuhi nilai standar interval dari ke tiga citra skeletonisasi tersebut.

Tabel 4.2 Hasil Uji Coba Program Fitur Jarak

Objek	Fitur Jarak		Termasuk ke dalam Nilai Standar
	Nama Fitur	(cm)	
 1	F7 (Jarak kaki depan sampai tumit kaki belakang)	35,2	√
	F8 (Tangan bagian depan sampai poros tengah dada)	3,91	X
	F9 (Tangan bagian belakang sampai poros tengah dada)	11,4	√
	F10 (Tangan bagian depan sampai tangan bagian belakang)	15,3	√
 2	F7 (Jarak kaki depan sampai tumit kaki belakang)	56	X
	F8 (Tangan bagian depan sampai poros tengah dada)	0,386	X
	F9 (Tangan bagian belakang sampai poros tengah dada)	0,356	X
	F10 (Tangan bagian depan sampai tangan bagian belakang)	0,71	X
 3	F7 (Jarak kaki depan sampai tumit kaki belakang)	30,6	√
	F8 (Tangan bagian depan sampai poros tengah dada)	2,49	X
	F9 (Tangan bagian belakang sampai poros tengah dada)	7,47	√
	F10 (Tangan bagian depan sampai tangan bagian belakang)	9,96	√
	F7 (Jarak kaki depan sampai tumit kaki belakang)	37,7	√
	F8 (Tangan bagian depan sampai poros tengah dada)	8,53	√
	F9 (Tangan bagian belakang sampai poros tengah dada)	8,18	√

4	tengah dada) F10 (Tangan bagian depan sampai tangan bagian belakang)	16,7	√
5	 F7 (Jarak kaki depan sampai tumit kaki belakang) F8 (Tangan bagian depan sampai poros tengah dada) F9 (Tangan bagian belakang sampai poros tengah dada) F10 (Tangan bagian depan sampai tangan bagian belakang)	30,9 6,76 20,6 27,4	√ √ √ √
6	 F7 (Jarak kaki depan sampai tumit kaki belakang) F8 (Tangan bagian depan sampai poros tengah dada) F9 (Tangan bagian belakang sampai poros tengah dada) F10 (Tangan bagian depan sampai tangan bagian belakang)	33,8 3,91 6,4 10,3	√ X √ √
7	 F7 (Jarak kaki depan sampai tumit kaki belakang) F8 (Tangan bagian depan sampai poros tengah dada) F9 (Tangan bagian belakang sampai poros tengah dada) F10 (Tangan bagian depan sampai tangan bagian belakang)	29,2 2,49 7,47 9,96	√ X √ √
8	 F7 (Jarak kaki depan sampai tumit kaki belakang) F8 (Tangan bagian depan sampai poros tengah dada) F9 (Tangan bagian belakang sampai poros tengah dada) F10 (Tangan bagian depan sampai tangan bagian belakang)	31,6 7,11 4,62 11,7	√ √ X √
9	 F7 (Jarak kaki depan sampai tumit kaki belakang) F8 (Tangan bagian depan sampai poros tengah dada) F9 (Tangan bagian belakang sampai poros tengah dada) F10 (Tangan bagian depan sampai tangan bagian belakang)	45,2 0,356 6,05 6,4	X X √ √
	 F7 (Jarak kaki depan sampai tumit kaki belakang) F8 (Tangan bagian depan sampai poros tengah dada) F9 (Tangan bagian belakang sampai poros tengah dada)	35,2 7,11 4,62	√ √ X

10	tengah dada) F10 (Tangan bagian depan sampai tangan bagian belakang)	11,7	√
----	---	------	---

Hasil tabel 4.2 adalah uji coba program pada fitur jarak dengan membandingkan nilai yang didapatkan dari proses uji coba dengan nilai standar atau nilai acuan. Simbol √ menandakan bahwa nilai fitur yang didapatkan dari hasil uji coba program termasuk ke dalam standar nilai interval yang berarti bahwa fitur tersebut termasuk ke dalam kategori seseorang normal. Seseorang dapat dikategorikan normal jika fitur tersebut berada pada nilai interval dalam tabel 3.2. Dari tabel 4.2 dapat dilihat bahwa fitur jarak yang termasuk ke dalam kategori normal untuk fitur F7 yaitu citra skeletonisasi 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10. Untuk fitur F8 yaitu citra skeletonisasi 4, 5, 8, 10. Untuk fitur F9 yaitu 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9,10. Dan untuk fitur F10 yaitu 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,10. Dari hasil ini maka dapat disimpulkan yaitu dari ke sepuluh citra skeletonisasi yang diproses hanya citra skeletonisasi 4 dan 5 yang dapat dikatakan citra tersebut termasuk ke dalam kategori normal, karena banyak fitur sudut yang memenuhi nilai standar interval dari ke dua citra skeletonisasi tersebut.

5. Penutup

1. Kesimpulan

Implementasi metode *Hough Transform* pada citra skeletonisasi ini digunakan untuk mendapatkan nilai dari ke sepuluh fitur. Setelah dilakukan uji coba dapat disimpulkan beberapa hal yaitu :

- a. Seseorang dapat dikategorikan normal jika nilai dari fitur, baik fitur sudut maupun jarak termasuk ke dalam nilai standar atau acuan.
- b. Untuk fitur sudut dari ke sepuluh citra skeletonisasi yang diproses hanya citra skeletonisasi 5, 7 dan 8 yang dapat dikatakan citra tersebut termasuk ke dalam kategori normal, karena banyak fitur sudut yang termasuk ke dalam nilai standar interval atau nilai acuan pada fitur sudut.
- c. Untuk fitur jarak dari ke sepuluh citra skeletonisasi yang diproses hanya citra skeletonisasi 4 dan 5 yang dapat dikatakan citra tersebut termasuk ke dalam kategori normal, karena banyak fitur jarak yang termasuk ke dalam nilai standar interval.
- d. Sedangkan untuk presentase tingkat keakuratan dari program ini maka dapat disimpulkan bahwa dari 20 citra skeletonisasi didapatkan tingkat keberhasilan atau akurasi program yang didapatkan yaitu sebesar 50 % atau 10 citra skeletonisasi.

2. Saran

Saran untuk pengembangan program selanjutnya adalah melakukan proses perhitungan jarak dan sudut pada citra skeletonisasi dan untuk mendapatkan hasil perhitungan yang lebih akurat sebaiknya memakai citra skeletonisasi yang bagus dan jumlah data pelatihan yang cukup banyak, sehingga ada kemungkinan tingkat keberhasilan yang didapatkan cukup besar.

6. Daftar Pustaka

Darma Putra, *Sistem Biometrika*, Andi, Jakarta, 2008.

Gonzalez, R.C. & Woods, R.E., *Digital Image Processing Second Edition*, Prentice Hall, New Jersey, 2002.

Lee Howard, Guan Ling, Lee, Ivan "Video Analysis of Human Gait and Posture to Determine Neurological Disorders", *EURASIP Journal on Image and Video Processing Volume 2008, Article ID 380867*, 2008.

Marvin Ch. Wijaya & Prijono Agus, *Pengolahan Citra Digital menggunakan MatLab Image Processing Toolbox*, Informatika, Bandung, 2007.

Rinaldi Munir, *Pengolahan CITRA DIGITAL dengan Pendekatan Algoritmik*, Penerbit INFORMATIKA, Bandung, 2004.