

ALGORITMA EKSTRAKSI TITIK SINGULAR DENGAN CITRA SIDIK JARI TERBALIK (Singular Points Extraction Algorithm with Fingerprint Image Converted)

Sunny Arief Sudiro

Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Gunadarma
Jl. Kenari No. 13 Jakarta
sunny@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Sistem pengenalan pola sidik jari merupakan salah satu sistem biometrik yang paling populer disamping tingkat akurasi yang baik juga lebih mudah daripada sistem biometrik lainnya. Meskipun demikian pada sistem pengenalan pola sidik jari, proses awal untuk mendapatkan ciri-ciri khusus tidak mudah dan memerlukan waktu. Pada sistem tertanam (embedded system) dengan keterbatasan kapasitas dari elemen-elemen didalamnya, kecepatan dan kepadatan/keringkasan algoritma ekstraksi pola sidik jari merupakan syarat utama. Deteksi titik-titik singular (singular points) merupakan salah satu pilihan mengingat jumlah titik-titik ini antara 2 – 4 untuk setiap sidik jari sehingga data template yang disimpan sangat sedikit dibandingkan jika menggunakan deteksi minutiae yang jumlahnya antara 60 – 100.

Salah satu metode yang dapat digunakan adalah dengan membangun matriks berarah (direction matrix) atau penghitungan arah citra (directional image calculation) yang dapat mendeskripsikan tekstur pola sidik jari. Kemudian menggunakan pendekatan sederhana untuk mendeteksi keberadaan titik-titik singular (core dan delta) yakni menggunakan bilangan bertanda pada perubahan kurva di dalam citra berarah tersebut. Metode ini mampu mengenali keberadaan seluruh titik-titik singular pada posisi yang akurat dan cepat (0,9) detik meski bermasalah pada area batas citra (border area).

Pada tulisan ini akan ditambahkan satu proses yakni mengkonversi bit-bit citra sidik jari dengan pertimbangan bahwa lebar valley lebih sempit dibandingkan lebar ridges sehingga diharapkan proses thinning lebih cepat atau jika dimungkinkan tidak memerlukan proses thinning tersebut. Metode ini akan diuji terhadap citra sidik jari yang diperoleh dari FVC 2004, yakni database citra set B

Kata Kunci : pola sidi jari, ekstraksi, algoritma, citra, titik singular, binarisasi, thinning.

1. Pendahuluan

Paling tidak sejak tahun 2200 sebelum Masehi. Metode ini digunakan oleh bangsa Assyria, Babylonia, China dan Jepang. Sejak 1897, *dactyloscopy* (identifikasi pola sidik jari manual tanpa bantuan komputer) digunakan untuk indentifikasi kriminal. Pola sidik jari berisikan *ridges* (garis melintang pada sidik jari) dan *valleys* (jarak antara garis), pola dari *ridges* dan *valleys* ini unik untuk setiap individu. Dua metode utama untuk pencocokan pola sidik jari :^[5]

- Pencocokkan Minutiae (*minutiae matching*), metode ini akan melakukan analisis percabangan garis (*ridges bifurcations*) dan akhir garis (*ridges ending*). Keseluruhan pola sidik jari rata-rata berisikan 100 *minutiae*, area pengukuran rata-rata berisikan 30-60 *minutiae* tergantung dari jari dan area sensor. Titik-titik minutiae disimpan berikut posisi dari titik minutiae lokal dalam kode pola sidik jari atau secara langsung dalam *template* acuan.
- Pencocokkan pola menyeluruh (*global patern matching*), pendekatan ini akan memperhatikan aliran dari garis, misalnya berbentuk : *arches*, *loops* dan *whorls*.

Pengenalan pola sidik jari memiliki EER (equal error rate) yang rendah sehingga memiliki tingkat keakuratan yang tinggi, harga dari \square iomet ini dibandingkan dengan \square iomet \square iometric lainnya cukup rendah dan penerimaan user cukup tinggi.



Gambar 1. Titik-titik singular pola sidik jari ^[2].

Bagian utama dari penggunaan pola sidik jari untuk sistem autentikasi adalah bagaimana mendapatkan pola sidik jari untuk disimpan sebagai template sewaktu pendaftaran ataupun sewaktu dilakukan perbandingan pola sidik jari tertentu dengan template tersebut (sewaktu identifikasi/verifikasi).

Sistem pengenalan sidik jari memanfaatkan struktur sidik jari setiap manusia yang berbeda (ada kesamaan dengan presentase yang cukup kecil)^[1]. Sistem ini melibatkan penentuan tingkat kesamaan antara dua citra sidik jari dengan membandingkan struktur *ridge* dan atau distribusi spatial dari titik-titik *minutiae*. Untuk mendapatkannya diperlukan beberapa proses terhadap citra hasil penangkapan menggunakan sensor tertentu seperti : *enhancing, filtering, smothing, extracting, comparison dan matching* antara citra sidik jari tersebut yang masing-masing memiliki metode dan algoritma tersendiri dengan berbagai kekurangan dan kelebihan.

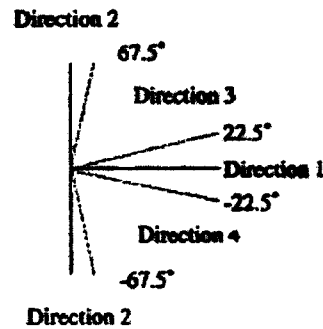
2. Ekstraksi Titik Singular dengan Direction Matrix

Pada sistem pengenalan pola sidik jari, proses pendahulu sangat sulit dan membuang waktu. Metode untuk membangun matrik terarah (*direction matrix*) dapat mendeskripsikan tekstur sidik jari, kemudian menggunakannya untuk menemukan jumlah dan lokasi titik utama (*singular points*) sidik jari seperti core point dan delta point.^[2]

Metode ini, bagian dari sistem ekstraksi ciri-ciri sidik jari berdasarkan *global feature*, dapat secara efektif mengatasi masalah citra yang tidak jelas dan citra yang rusak dimana sulit untuk diekstraksi. Metode ini terdiri dari 3 tahap : *binarization, line thinning* dan pembentukan matrik berarah, kemudian ekstraksi terhadap matrik tersebut. Binarization adalah proses mengkonversi citra tingkat keabuan menjadi citra biner, untuk mendapatkan titik khusus dengan mudah digunakan proses *thinning* untuk mendapatkan kerangka citra sidik jari kemudian mengekstraksi titik-titik khusus dari kerangka tersebut (*skeleton*).

1st Direction Matrix

Citra yang sudah ditipiskan kemudian disegmentasi menjadi 32x32 sub area. Masing-masing sub area adalah 16x16 pixel. Kemiringan masing-masing sub area dikalkulasi. Kemudian seluruh arah dari setiap sub-area dikuantisasi menjadi 4 arah seperti tampak pada gambar 2 menurut relasi antara kemiringan dan sudut yang ditabelkan pada tabel 1 berikut.



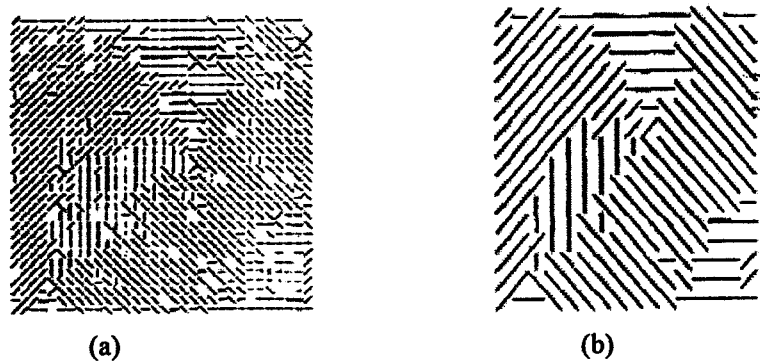
Gambar 2. 4 arah lokasi dalam bidang x-y

Tabel 1. Relasi antara kemiringan dan sudut

Area	Mark	Angle Range
1	—	$-25,5 < \tan^{-1}(\text{slope}) \leq 22,5$
2		$\tan^{-1}(\text{slope}) > 67,5 \text{ or } \tan^{-1}(\text{slope}) < -67,5$
3	/	$22,5 \tan^{-1}(\text{slope}) \leq 67,5$
4	\	$-67,5 \tan^{-1}(\text{slope}) \leq -22,5$

2nd Direction Matrix

Karena citra asli sidik jari yang rusak dan tidak jelas, diperoleh informasi yang buruk dan tidak dapat diperoleh *1st direction matrix* secara menyeluruh seperti pada gambar 3.a. Ditentukan jendela 2x2 sebagai suatu unit untuk mengkuantisasi citra *1st direction matrix*. Arah utama dari unit akan ditentukan dengan mengkalkulasi banyaknya arah yang sama pada unit ini. Arah dari nilai terbesar adalah arah utama. Jika nilai terbesar tidak diperoleh atau hanya satu yang ada maka jendela 2x2 akan diperbesar menjadi 3x3 dan seterusnya. Dengan demikian 32x32 *1st direction matrix* dapat dikurangi menjadi 16x16 *2nd direction matrix*. *2nd direction matrix* ini disebut domain S seperti tampak pada gambar 3.b.



Gambar 3. (a) Citra *1st direction matrix*, (b) *2nd direction matrix*

Dengan menggunakan citra *2nd direction matrix*, titik-titik utama (*singular points*) dapat ditentukan. Jika titik dalam S mengacu pada delta point, maka harus memenuhi persamaan berikut :

$$S(i,j-1) = 45^\circ, S(i,j+1) = 135^\circ \quad (1)$$

Untuk mendapatkan *relative core point*, diperiksa sekitar (*neighborhoods*) dari $S(i,j)$ sebagai berikut:

$$\begin{cases} S(i, j-1) - S(i, j+1) = 45^\circ \\ S(i-1, j) - S(i+1, j) = 45^\circ \end{cases} \quad (2)$$

Jika $S(i,j)$ memenuhi persamaan (1) berarti titik *delta*, dan jika memenuhi persamaan (2) berarti titik tersebut adalah *core point*. Untuk mengeliminasi titik singular yang salah dilakukan evaluasi terhadap setiap calon titik singular pada $S(i,j)$ tersebut dengan $2*2$ *neighborhood* terhadap ke empat sudut (timur laut, tenggara, barat laut dan barat daya) untuk membentuk matriks *core point* H1, H2, H3 dan H4 dan mengabaikan posisi x.

$$\begin{bmatrix} H1 & x & H2 \\ x & C(i, j) & x \\ H3 & x & H4 \end{bmatrix} \quad (3)$$

dengan $C(i,j) = S(i,j)$, maka penyajian H1, H2, H3 dan H4 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} H1 &= \begin{bmatrix} C(i-2, j-2) & C(i-2, j-1) \\ C(i-1, j-2) & C(i-1, j-1) \end{bmatrix} & H3 &= \begin{bmatrix} C(i+1, j-2) & C(i+1, j-1) \\ C(i+2, j-2) & C(i+2, j-1) \end{bmatrix} \\ H2 &= \begin{bmatrix} C(i-2, j+1) & C(i-2, j+2) \\ C(i-1, j+1) & C(i-1, j+2) \end{bmatrix} & H4 &= \begin{bmatrix} C(i+1, j+1) & C(i+1, j+2) \\ C(i-1, j-2) & C(i+2, j+2) \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Untuk setiap matriks H_n mempunyai 4 kemungkinan arah. Arah yang dominan untuk setiap matriks H_n akan ditentukan. Jika C adalah *core point*, maka dengan $CH_n = H_n$ harus memenuhi persamaan berikut :

- (1) Lower Left Core, $C=45$, $CH1=45$, $CH2=135$, $CH3=45$, $CH4=45$ or 90
- (2) Lower Right Core, $C=135$, $CH1=45$, $CH2=135$, $CH3=90$ or 135 , $CH4=135$
- (3) Upper Left Core, $C=45$, $CH1=45$ or 90 , $CH2=45$, $CH3=135$, $CH4=45$
- (4) Upper Right Core, $C=135$, $CH1=135$, $CH2=90$ or 135 , $CH3=135$, $CH4=45$

Untuk setiap calon *delta point* pada $S(i,j)$ digunakan matriks yang sama pada persamaan (3), tetapi $C(i,j)$ diganti dengan $DP(i,j)$. Jadi jika $DP(i,j)$ dengan $DH_n = H_n$ *delta point* harus memenuhi persamaan (4) :

$$\begin{aligned} DH1 &= 45^\circ \text{ or } 90^\circ & DH3 &= 45^\circ \text{ or } 90^\circ \\ DH2 &= 90^\circ \text{ or } 135^\circ & DH4 &= 0^\circ \text{ or } 135^\circ \end{aligned}$$

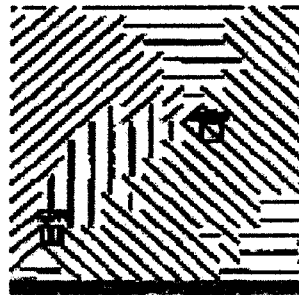
Untuk jenis sidik jari *whorl* metode di atas tidak cukup, harus diuji lagi dengan matriks seperti pada persamaan (4). Titik *neighborhood* pada *core* dalam matriks ini adalah $2*2$ submatriks dan membentuk matriks berarah W1, W2, W3, W4, W5, W6, W7 dan W8.

$$\begin{bmatrix} W8 & W1 & W2 \\ W7 & C & W3 \\ W6 & W5 & W4 \end{bmatrix} \quad (4)$$

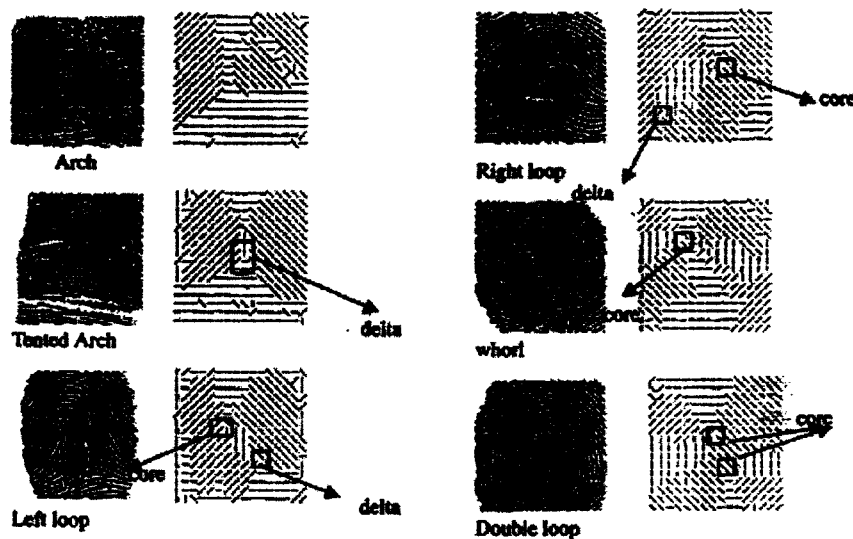
Setelah ditemukan arah yang \square ominant dari WD_n untuk setiap matrik W_n seperti disebutkan sebelumnya, jika seluruh pola sidik jari dalam C berkorespondensi pada *core point*, maka harus memenuhi persamaan berikut (5).

$$\begin{cases} WD_1, WD_5 \neq 90^\circ \\ WD_2 \neq 45^\circ \\ WD_8 \neq 135^\circ \end{cases} \begin{cases} WD_3, WD_6 = 135^\circ \text{ atau } 90^\circ \\ WD_4, WD_7 = 45^\circ \text{ atau } 90^\circ \end{cases} \quad (5)$$

Contoh hasil ekstraksi dapat dilihat pada gambar 4. dan hasil ekstraksi terhadap 6 jenis sidik jari dari NIST(4) database dapat dilihat pada gambar 5.



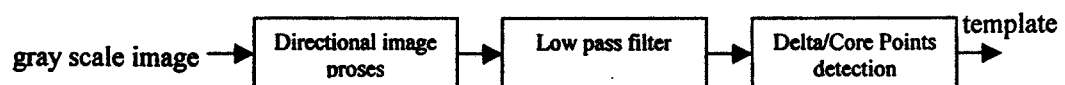
Gambar 4. Contoh dari ekstraksi singular points



Gambar 5. Hasil ekstraksi terhadap 6 citra sidik jari

3. Percobaan dan Pengembangan

Pada penulisan ini percobaan didasarkan pada algoritma yang diberikan oleh Pauli Ramo^[4], tahapan proses yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Proses deteksi titik singular

Algoritma ini akan mendeteksi keberadaan titik singular berdasarkan perubahan tanda pada matriks orientasi hasil perhitungan citra berarah (directional image). Digunakan formula untuk menghitung matriks orientasi seperti berikut :

$$DX_{ij} = A_{i,j+1} - A_{i,j-1} \quad (6)$$

$$DY_{ij} = A_{i+1,j} - A_{i-1,j} \quad (7)$$

Persamaan (6) dan (7) diatas digunakan untuk mengkalkulasi gradient dari citra, DX adalah matriks yang menyimpan turunan parsial horisontal dari citra pada (i,j). Sedangkan DY adalah turunan parsial vertikalnya. A adalah citra tingkat abu-abu asli (*grayscale image*). Kemudian dihitung sudut dari kemiringan (*gradient*) menggunakan *arcus tangent* atau karena yang diperlukan untuk mendeteksi titik singular adalah perubahan tanda pada matriks orientasi maka kalkulasi citra berarah dapat menggunakan persamaan berikut :

$$PX_{ij} = |DY_{ij}| - |DX_{ij}| \quad (8)$$

$$PY_{ij} = DY_{ij} DX_{ij} \quad (9)$$

Pada algoritma ini digunakan Gaussian Low Pass filter untuk membuat blur masing-masing matriks PX dan PY dengan ukuran dan parameter filter diperoleh secara eksperimental (w dan σ). Persamaan tersebut berimplikasi bahwa jika dan hanya jika DX_{ij} dan DY_{ij} nol maka PX_{ij} dan PY_{ij} keduanya juga nol. Yang berarti sudut orientasi pada titik tersebut meragukan untuk dianggap sebagai titik singular.

Kemudian dicari titik perpotongan menggunakan kotak berukuran 3×3 yang diekstraksi setiap titik kedua dari matriks tersebut (PX dan PY) sehingga titik yang diperhatikan berada di tengahnya. Jika nilai minimal dan maksimal dari blok tersebut berbeda tanda maka garis transisi ditemukan. Jika kedua matriks memiliki perubahan tanda pada pada tempat yang sama maka titik singular ditemukan. Cara ini memungkinkan ditemukannya titik singular yang tidak benar, untuk mencegahnya titik singular tersebut diabaikan jika didekatnya telah ditemukan titik singular lainnya.

Jenis titik singular pada titik (i,j) ditentukan dengan informasi arah perubahan tanda tersebut. Kemiringan (*gradient*) dari PX pada titik (i,j) mendekati ortogonal terhadap kemiringan PY pada titik tersebut. Jika sudut dari kedua *gradient* ini 90° maka titik singular yang ditemukan adalah *delta*, sedangkan jika sudutnya adalah 270° maka diklasifikasikan sebagai *core point*. Sudut tersebut diperoleh dengan mengkalkulasi determinan dari matriks yang dibentuk dari vektor 2 gradient. Keakuratan sudut dalam hal ini tidak dipentingkan, sehingga cukup jika dapat ditentukan apakah sudutnya lebih kecil atau lebih besar dari 180° . Jadi jika determinan lebih besar dari 0 maka titik singular tersebut adalah *delta* sebaliknya adalah *core points*. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial PX_{ij}}{\partial x} & \frac{\partial PY_{ij}}{\partial x} \\ \frac{\partial PX_{ij}}{\partial y} & \frac{\partial PY_{ij}}{\partial y} \end{vmatrix} = \frac{\partial PX_{ij}}{\partial x} \frac{\partial PY_{ij}}{\partial y} - \frac{\partial PY_{ij}}{\partial x} \frac{\partial PX_{ij}}{\partial y} \quad (10)$$

Pada percobaan ini algoritma tersebut akan dikenakan terhadap citra terbinarisasi, citra terbalik dan citra yang sudah melalui proses thinning, filter yang digunakan adalah *low pass filter* dari operator Sobell dan menggunakan Matlab 7. Pseudocode dari algoritma asli tersebut adalah ^[3]:

```
% Algoritma features extraction
% n = image size (n x n), assumed that the image is square
% image = the original grayscale fingerprint image as a (n x n) matrix
% a = threshold calculation point
% w = window size (w x w) for the filter box
% s = sigma parameter of the Gaussian Filterbox
% T = threshold value for the PY term
% PT = Proximity Threshold

for i,j := 2 to n-1 step 2
    dx := image(i,j+1)-image(i,j-1);
    dy := image(i+1,j)-image(i-1,j);
    PY(i/2,j/2) := dy * dx
    PX(i/2,j/2) := |dy| - |dx|
end
PY:=filter(PY,w,s)
PX:=filter(PX,w,s)
for i,j := 2 to n/(2-a) step 2
    if |PY(i+a,j+a)| > T
        A:=PX(i-1:i+1,j-1:j+1)
        B:=PY(i-1:i+1,j-1:j+1)
        if sign(min(A)*max(A)) = -1 AND sign(min(B)*max(B))=-1
            if "distance to previous found singular point" > PT
                if [A(2,1)-A(2,3)] * [B(1,2) - B(3,2)] ...
                    -[B(2,1)-B(2,3)]*[A(1,2)-A(3,2)]>0
                    "delta found at (2i,2j)"
                else
                    "core found at (2i,2j)"
                end
            end
        end
    end
end
end
end
```

Gambar.7. Pseudocode algoritma deteksi titik singular.

4. Penutup

Hasil dari algoritma ini cukup menjanjikan baik untuk citra asli maupun citra sidik jari terbalik dan jika template dari satu titik singular adalah *[jenis,posisi-x,posisi-y]* dan setiap sidik jari terdiri dari 2-4 titik singular, maka untuk diterapkan pada embeded system sangatlah memungkinkan.

5. Daftar Pustaka

- [1] A. K. Jain, A. Ross and S. Prabhakar, "An Introduction to Biometric Recognition", *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Special Issue on Image- and Video-Based Biometrics*, Vol. 14, No. 1, pp. 4-20, January 2004.
- [2] Ching-Tang Hsieh, Zuang Yuan Lu, Tan Chi Li, Kung Chen Mei, " An Effective Methode to Extract Fingerprint Singular Point", *IEEE*, pp 696-699, 2000.
- [3] Pauli Ramo, Marius Tico, Vesa Onnia, Jukka Saarinen, "Opitimized Singular Point Detection Algorithm for Fingerprint Images", *IEEE*, pp. 242-245, 2001
- [4] D. Maltoni, D. Maio, A. K. Jain, and S. Prabhakar, *Handbook of Fingerprint Recognition*, Springer Verlag, June 2003.
- [5] Gerik Alexander von Graevenitz, *Intorduction to Fingerprint Technology*, A&S International, Vol. 53. Taipei, pp 84-86, 2003.
- [6] <http://bias.csr.unibo.it/fvc2004/default.asp>