

Algoritma Pencocokan Sidik Jari

Nada Afra Sabrina 13517118

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

13516070@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Pencocokan sidik jari saat ini sering dilakukan dan menjadi hal umum. Algoritma pencocokan pola pada pencocokan sidik jari dilakukan dengan abstraksi Singularitas dan Minutia. Hasilnya adalah sebuah tabel yang merepresentasikan pola pada sidik jari. Pola dari tabel tersebut akan dibandingkan untuk menentukan kecocokan dari dua buah sidik jari.

Kata kunci—sidik jari; bukti; abstraksi minutia; abstraksi singularitas, rata-rata geometrik

I. PENDAHULUAN

Keamanan dan privasi adalah kebutuhan saat ini. Terutama keamanan dan privasi data penting yang diperuntukkan untuk pihak tertentu saja. Proteksi dengan password saja untuk data tersebut sering dirasa tidak aman, hingga akhirnya ditemukan teknologi pencocokan sidik jari sehingga proteksi dapat ditingkatkan.

Pendekatan yang digunakan pada pencocokan sidik jari adalah pengenalan pola-pola unik seperti ujung dari pola, adanya loop, lengkungan, dan pola-pola lainnya. Saat ini algoritma untuk pencocokan sidik jari sudah dilakukan secara sistematis sehingga dapat dilakukan pencocokan dengan cepat dan akurat.

Pencocokan sidik jari sangat sering dilakukan sebagai langkah identifikasi awal karena langkah-langkahnya yang jauh lebih sederhana dibandingkan dengan cara identifikasi lainnya semisal pencocokan DNA.

II. DASAR TEORI

A. Sidik Jari

Sidik jari adalah pola yang terdapat pada telapak tangan dan kaki manusia dan beberapa spesies lainnya. Pola yang terdapat pada sidik jari sangat unik untuk tiap individu (Campbell, 1998; Washington, 2003). Untuk kebutuhan pengenalan sidik jari, biasanya hanya mengambil pola pada ujung jari saja.

Pola dari sidik jari dibentuk oleh lapisan epidermis kulit yang lebih menonjol sehingga membentuk pola aliran tertentu. Ilmu untuk pengenalan pola sidik jari dinamakan *dactyloscopy*.



Gambar 1 : Sidik jari manusia

(<https://bobo.grid.id/read/08680038/mengapa-polisi-menggunakan-sidik-jari-sebagai-barang-bukti?page=all>)

B. Abstraksi Minutia

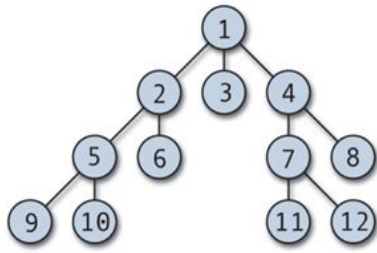
Abstraksi Minutia adalah pemrosesan gambar sidik jari menjadi suatu tipe data yang dapat dimengerti dan dibandingkan oleh komputer. Abstraksi Minutia dilakukan dalam 4 langkah, yaitu :

1. Pengenalan pola-pola yang berpotensi menjadi titik Minutia.
2. Verifikasi Minutia untuk menghapus titik-titik Minutia yang kemungkinan salah.
3. Membagi pola-pola Minutia menjadi beberapa jalur sesuai dengan posisi titik Minutia.
4. Menghitung jumlah titik Minutia pada setiap jalur untuk menghasilkan tabel Minutia.

Penjelasan untuk membuat tabel Minutia dicantumkan pada Bab III dari makalah ini.

C. Algoritma penelusuran graf

Algoritma penelusuran graf ada beberapa jenis. Algoritma yang paling sering digunakan adalah algoritma BFS (Branch First Search) dan DFS (Deep First Search). Perbedaan antara BFS dan DFS adalah pada urutan penelusuran graf.



Gambar 2 : Graf

(<https://onbuble.wordpress.com/2011/05/26/6/>)

Pada algoritma BFS, penelusuran dilakukan secara meluas. Penelusuran akan dihabiskan pada satu level terlebih dahulu. Pada contoh graf diatas, apabila penelusuran dilakukan dari akar, maka jalur yang akan terbentuk saat penelusuran untuk mencari simpul 6 adalah :

1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6

Pada algoritma DFS, penelusuran dilakukan secara mendalam. Penelusuran akan dihabiskan pada suatu jalur ketetanggaan hingga menemukan simpul tujuan atau daun. Pada contoh graf diatas, apabila penelusuran dilakukan dari akar, maka jalur yang akan terbentuk saat penelusuran untuk mencari simpul 6 adalah :

1 – 2 – 5 – 9 – 10 – 6

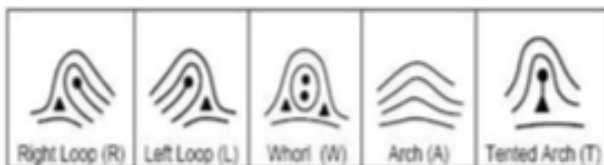
III. IMPLEMENTASI ALGORITMA PATTERN MATCHING PADA PENCOCOKAN SIDIK JARI.

A. Pola pada Sidik Jari

Dua gambar yang diambil dari sidik jari yang sama kecil kemungkinannya akan sama persis, oleh karena itu perlu dikenali pola-pola khusus yang bisa menjadi penanda dari sidik jari tersebut. Pola-pola yang menjadi patokan diantaranya yaitu:

1. Pola global pada sidik jari

Pola sidik jari pada manusia terbentuk dari adanya lapisan epidermis yang lebih tebal membentuk “bukit” yang membentuk pola berupa aliran. Aliran pada Sidik jari manusia dapat dikelompokkan menjadi beberapa tipe. yaitu :



Gambar 3 : Pola global sidik jari manusia

(IJCSI vol. 8, 2011, p.75)

Aspek lainnya yang dapat dijadikan patokan dalam pengenalan pola sidik jari yaitu :

- Berdasarkan jenis titik singular

Ada 2 jenis pola titik singular, yaitu core dan delta. Core menunjukkan suatu titik pusat dari pola melingkar pada sidik jari, sedangkan delta menunjukkan titik yang dikelilingi oleh beberapa pola melingkar namun tidak termasuk pada pola tersebut.



Gambar 4 : symbol “O” menunjukkan core dan simbol “⊕” menunjukkan delta.

(IJCSI vol. 8, 2011, p.75)

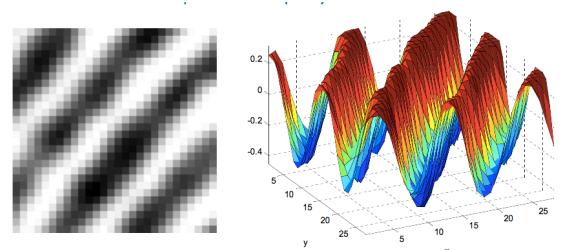
- Berdasarkan pemetaan orientasi “bukit”
Arah dari pola-pola lokal yang terbentuk akan digabungkan menjadi suatu pola global. Pemetaan pola ini biasa digunakan pada abstraksi Minutia dan disimpan ke database untuk pencocokan sidik jari.
- Berdasarkan pemetaan frekuensi “bukit”
Pemetaan ini akan menunjukkan orientasi dan perkiraan ketinggian dari setiap “bukit” dari setiap pola pada sidik jari. Pemetaan ini sangat berguna untuk meningkatkan akurasi dari gambar sidik jari yang ada.

Rumus yang digunakan untuk memperkirakan ketinggian “bukit” pada sidik jari adalah rumus gelombang, yaitu :

$$w(x,y) = A \cos(2\pi f(x \cos \theta + y \sin \theta))$$

A = Amplitudo θ = sudut orientasi

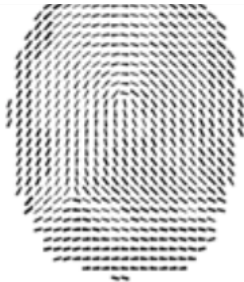
f = frekuensi



Gambar 5 : Pola yang dicitrakan menjadi spectrum gelombang

(http://www.comp.hkbu.edu.hk/wsb17/slides/Jiang_Feng.pdf diakses pada April 2019)

Gambar sidik jari yang telah diolah akan menghasilkan menjadi garis-garis pendek yang membentuk pola singularnya.









Gambar 6 : Pemetaan frekuensi “bukit” pada sidik jari

(http://www.comp.hkbu.edu.hk/wsb17/slides/Jiang_Feng.pdf diakses pada April 2019)

2. Pola lokal pada sidik jari

Pola lokal diamati dari tiap-tiap bagian pada pola sidik jari. Pola lokal inilah yang menjadi nantinya bisa dijadikan batasan untuk *pattern matching*. Pola lokal yang sering dijadikan penanda diantaranya :

		
Ending	Bifurcation	Crossover
		
Island	Lake	Spur

Gambar 7 : Pola lokal sidik jari

(IJCSI vol. 8, 2011, p.75)

B. Peningkatan Kualitas Gambar

Gambar sidik jari yang diambil seringkali belum memenuhi standar untuk dilakukan *pattern matching*. Peningkatan kualitas gambar dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

1. Estimasi orientasi dan frekuensi “bukit” dari pola sidik jari
Estimasi dapat dilakukan dengan menghitung perkiraan bentuk gelombang sehingga menghasilkan citra berupa spektrum yang lebih jelas.
2. *Smoothing* pada gambar
Penghalusan ini akan menghasilkan gambar dengan kualitas pixel yang lebih tinggi, sehingga gambar yang dihasilkan lebih akurat.
3. Ekstraksi pola sidik jari

Ekstraksi pola sidik jari akan menghasilkan gambar baik gambar yang berbentuk *binary* maupun yang *non-binary*. Jenis gambar ini akan menentukan algoritma apa yang akan dilakukan untuk mencocokkan sidik jari.

C. Abstraksi Sidik Jari

Untuk memudahkan dan mempercepat *pattern matching*, data sidik jari pada *database* tidak akan disimpan dalam bentuk gambar apa adanya. Agar bisa langsung dijadikan pembandingan, maka data yang disimpan adalah abstraksi dari gambar sidik jari yang ada. Abstraksi yang akan dibahas pada makalah ini adalah abstraksi singularitas dan abstraksi Minutia.

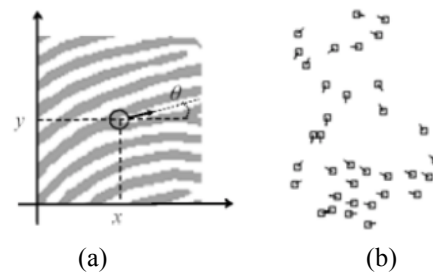
1. Abstraksi Singularitas

Pada abstraksi singularitas, yang dilihat adalah core dan delta dari pola sidik jari. Informasi yang didapatkan dari abstraksi singularitas tidak akan sekompleks abstraksi Minutia, sehingga tidak akan cukup jika hanya memanfaatkan abstraksi singularitas pada pencocokan sidik jari.

Abstraksi singularitas memanfaatkan hasil citra dari estimasi orientasi dan frekuensi pada pola sidik jari.

2. Abstraksi Minutia

Pada abstraksi Minutia, yang dilihat adalah pola lokal dari sidik jari. Pola lokal seperti *ending*, *island*, *bifurcation*, dan *crossover* akan ditandai dengan simbol tertentu. Abstraksi Minutia juga menunjukkan arah dari setiap pola lokal yang ada. Titik yang dihasilkan dari abstraksi Minutia disebut titik Minutia.



Gambar 8 : (a) Penentuan pola pada abstraksi Minutia. (b) Hasil abstraksi minutia

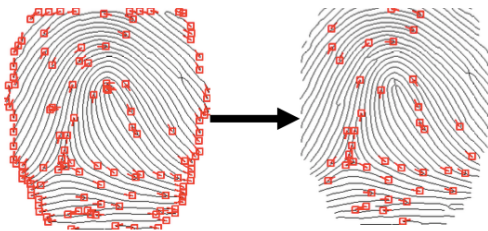
(http://www.comp.hkbu.edu.hk/wsb17/slides/Jiang_Feng.pdf diakses pada April 2019)

Pada abstraksi Minutia dimungkinkan adanya kesalahan dalam pendektaksian pola. Contohnya adalah pada bagian terluar sidik jari yang kemungkinan besar akan berbeda pada setiap gambar.

Oleh karena itu diperlukan adanya verifikasi Minutia. Titik Minutia yang dianggap salah yaitu :

1. Apabila tidak ada garis pola tetangga pada kedua sisi. Hal ini menunjukkan bagian terluar dari sidik jari.

2. Apabila terdapat beberapa titik pada jarak yang sangat dekat namun memiliki arah yang berlawanan.
3. Apabila terdapat terlalu banyak titik pada area yang sempit.



Gambar 9 : verifikasi Minutia
(http://www.comp.hkbu.edu.hk/wsb17/slides/Jianjia_ng_Feng.pdf diakses pada April 2019)

Setelah selesai melakukan abstraksi dan mengenali titik-titik penting pada sidik jari, hal yang selanjutnya dilakukan adalah memasukkan data tersebut ke tabel Minutia. Langkah-langkah untuk memasukkan data ke tabel yaitu :

1. Menentukan core dari sidik jari dengan abstraksi Singularitas, kemudian menentukan koordinat x dan y dari semua titik Minutia yang ada.
2. Menentukan jarak dari setiap titik Minutia dengan titik core. Jarak titik dihitung dengan rumus jarak Euclidean, yaitu :

$$\sqrt{(x'^2 - x^2) + (y'^2 - y^2)}$$

jarak pada setiap titik Minutia digunakan sebagai informasi untuk menentukan jalur yang akan didata. Maksimal jarak yang didapatkan akan dibagi dengan suatu konstanta untuk menentukan radius setiap jalur.

3. Telusuri jalur dari core keluar. Lakukan pendataan hingga semua titik Minutia telah dimasukkan dikunjungi. Algoritma untuk mendata titik Minutia pada setiap jalur.
4. Hitung setiap jumlah dari tiap tipe titik Minutia pada setiap jalur.
5. Buat tabel dengan jumlah kolom sebanyak tipe titik Minutia yang diidentifikasi dan baris sebanyak jalur yang ditemukan.
6. Masukkan data jumlah titik pada setiap jalur ke tabel.

```
typedef struct {
    int jarak;
    int type;
} Titik;
int max_jarak;
int jarak = max_jarak/10;
int i = 0;
int[] type;
int[][] tab;
Titik[] T;
i = jarak;
a = 0;
while (i <= max_jarak) {
    for (int j=0; j < length(T); j++) {
        if (T[j].jarak <= i) {
            tab[a][T[j].type] += 1;
            //menambahkan titik pada tabel
            T.remove[j];
            //menghapus yang sudah didata
        }
    }
    i++;
}
}
```

Algoritma 1 : Algoritma penelusuran titik Minutia

Jalur	Tipe 1	Tipe 2
1	0	3
2	15	1
3	4	2
4	5	3
5	0	9
6	1	0
7	2	0

Tabel 1 : Contoh tabel Minutia (disederhanakan)

D. Pencocokan Pola dengan Tabel Minutia

Sidik jari yang menjadi input pertama akan diolah terlebih dahulu hingga menjadi Tabel Minutia. Kemudian tabel Minutia yang dihasilkan akan dicocokkan dengan tabel yang ada pada *database* untuk dicari kemiripannya. Setelah dicocokkan, akan dihasilkan skor untuk menentukan tingkat kemiripan dari dua sidik jari.

Dua buah tabel Minutia yang dihasilkan mungkin saja memiliki jumlah jalur yang berbeda. Jika demikian, maka jalur yang diambil adalah jalur minimalnya. Kemudian untuk kedua tabel akan dihitung nilai absolut dari selisih jumlah titik Minutia. Dari tabel selisih akan dicari rata-rata geometrik untuk

setiap tipe pada tabel. Rumus untuk mencari rata-rata geometrik adalah :

$$gm = \sqrt[n]{x_1 x_2 \dots x_n}$$

Rata-rata geometrik setiap tipe kemudian dibandingkan dengan *threshold* untuk menentukan apakah sidik jari cocok. Apabila nilai gm untuk semua tipe titik Minutia dari kedua sidik jari kurang dari atau sama dengan nilai *threshold*-nya.

```
int[][] tab1, tab2, tabHsl;
//tab1 dan tab2 berisi tabel yang akan dibandingkan
int jumlahTipe;
//jumlahTipe berisi banyak tipe yang dibandingkan
for (int i = 0; i < length(min(tab1,tab2)); i++){
    for (int j=0; j<jumlahTipe; j++){
        tabHsl[i][j] = abs(tab1[i][j] - tab2[i][j]);
    }
}
//menghitung geometric mean
int[] sumTipe;
for (int i = 0; i <jumlahTipe; i++){
    sumTipe[i] = 0;
    for (int j=0; j<length(min(tab1,tab2); j++){
        sumTipe[i] += tabHsl[j][i];
    }
}
int Tgm = 1;
for (int i = 0; i <jumlahTipe; i++){
    Tgm *= sumTipe[i];
}
gm = pow(Tgm, (1/length(sumTipe)));
//mencari akar pangkat n dari sumTipe
```

Algoritma 2 : Algoritma menghitung rata-rata geometrik

IV. PEMANFAATAN ALGORITMA PENCOCOKAN SIDIK JARI

Algoritma pencocokan sidik jari yang ada saat ini memungkinkan dilakukan pencocokan dalam waktu yang relatif cepat, sehingga penggunaan sidik jari sebagai pengenalan yang awalnya hanya bisa dilakukan oleh kalangan tertentu sekarang dapat digunakan secara luas oleh banyak orang.

A. Pencocokan Sidik Jari pada Identifikasi Forensik

Pencocokan sidik jari pada forensik dilakukan untuk mengidentifikasi identitas seseorang, baik pelaku kejahatan maupun korban meninggal. Sidik jari untuk mencari pelaku kejahatan dilakukan dengan penelusuran tempat kejadian perkara dan mencari permukaan yang kemungkinan disentuh oleh pelaku. Bekas sentuhan tersebut dapat diperlihatkan sidik jarinya menggunakan suatu sebum yang disebarkan secara hati-hati dan kemudian dapat diambil gambarnya untuk dilakukan pencocokan sidik jari.

Pencocokan sidik jari pada forensik memerlukan adanya database yang sudah ada. Sehingga apabila data dari pelaku

tidak bisa ditemukan maka harus dilakukan prosedur identifikasi lainnya seperti kecocokan DNA dengan orang-orang yang diduga memiliki hubungan darah.

B. Pencocokan Sidik Jari pada Alat

Pencocokan sidik jari pada alat digunakan dengan scan sidik jari secara langsung sehingga kualitas gambar yang dihasilkan lebih terjamin. Karena sidik jari yang akan diinput distandarkan oleh alat tersebut. Berbeda dengan gambar yang harus ditingkatkan kualitasnya melalui proses yang cukup rumit.

V. SIMPULAN

Algoritma pencocokan sidik jari memanfaatkan banyak algoritma. Algoritma yang dilakukan diantaranya yaitu *pattern matching* untuk menentukan pola-pola yang menjadi patokan. Karena objek yang dicocokkan adalah gambar, maka *pattern matching* berada pada setiap piksel gambar. Pengenalan yang paling memungkinkan adalah perbandingan kode warna dengan pola-pola yang ada.

Algoritma kedua yang digunakan adalah algoritma penelusuran untuk penelusuran titik-titik Minutia pada setiap jalur. Algoritma penelusuran yang dilakukan mirip dengan algoritma BFS dimana penelusuran dilakukan secara meluas pada setiap jalur.

Algoritma terakhir yang digunakan adalah algoritma pencocokan untuk menghitung nilai rata-rata geometrik dari setiap tabel Minutia yang didapatkan dan menentukan kecocokan dari sidik jari,

UCAPAN TERIMA KASIH

Rasa syukur sepenuhnya kepada Allah S.W.T yang memberikan rahmatnya kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan makalah ini untuk memenuhi tugas mata kuliah Strategi Algoritma 2018/2019. Terima kasih sebanyak-banyaknya kepada dosen Dr. Nur Ulfa, M.Sc. yang telah memberikan ilmunya terutama dalam mata kuliah Strategi Algoritma. Terima kasih juga kepada orang tua, teman-teman, dan pihak-pihak lainnya yang mendukung saya untuk menyelesaikan tugas makalah ini.

REFERENSI

- [1] J. B. Reece, L. A. Urry, M. L. Cain, S. A. Wasserman, R. B. Jackson, et al, "Campbell BIOLOGY," San Francisco: Pearson Education, Inc., 2011.
- [2] R. Munir, Matematika Diskrit, Bandung: Departemen Teknik Informatika Institut Teknologi Bandung, 2003.
- [3] IJSCI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 8, Issue 5, No 3, September 2011
- [4] http://www.comp.hkbu.edu.hk/wsb17/slides/Jianjiang_Feng.pdf

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 26 April 2019



Nada Afra Sabrina 13517118