

# Aplikasi Graf untuk Mengidentifikasi Sidik Jari

Fanda Yuliana Putri - 13514023  
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia  
13514023@std.stei.itb.ac.id

**Abstract**—Saat ini banyak permasalahan yang dapat diselesaikan secara efisien dengan mengidentifikasi pola pada sidik jari seseorang. Karakteristiknya yang unik menjadikannya sebagai salah satu bentuk identitas. Berbagai cara telah dikembangkan untuk mempermudah pengidentifikasian sebuah sidik jari. Makalah ini akan menjelaskan tentang salah satu cara mengidentifikasi sidik jari dengan representasi graf.

**Keywords**—Sidik jari, graf, graf berbobot, identifikasi.

## I. PENDAHULUAN

Sejak jaman dahulu banyak sektor yang menggunakan sidik jari sebagai salah satu sumber informasi. Karakteristiknya yang unik menjadikannya sebagai salah satu bentuk identitas diskrit dari seseorang. Banyak tercatat dalam sejarah jika sidik jari sering digunakan untuk mengidentifikasi tindak kriminalitas dan tindak transaksi ilegal [3]. Pendataan terhadap sidik jari juga sering kali dilakukan untuk mengetahui catatan seputar informasi / *track record* mengenai individu yang bersangkutan.

Tiga karakteristik utama sidik jari dapat dijadikan sebagai pedoman untuk mempermudah identifikasi, karakteristik tersebut diantaranya adalah [2]:

1. Tidak ada sidik jari yang sama antara satu individu dengan individu yang lain.
2. Sidik jari seseorang tidak dapat dirubah atau dihilangkan polanya baik secara sengaja atau tidak.
3. Sidik jari adalah salah satu ciri khas yang unik untuk suatu sistem identifikasi.

Untuk mengidentifikasi sebuah sidik jari, diperlukan sebuah proses yang dapat memetakan pola dari sampel sidik jari. Setelah mendapatkan pola dari sampel sidik jari, proses selanjutnya adalah mencocokkan pola tersebut dengan data dari pola sidik jari yang ada. Dalam proses pencocokan dibutuhkan tingkat ketelitian yang tinggi. Hal ini mengingat sampel pola sidik jari sering kali memiliki *noise* berupa luka, debu, atau data yang rusak [2].

Dalam peralatan elektronik yang berfungsi untuk mengidentifikasi sidik jari, langkah pertama adalah pembacaan pola sidik jari dan menjadikannya bentuk digital dalam representasi berbasis pixel abu-abu. Pada step selanjutnya, gambar yang telah didapatkan akan

mengalami proses berupa teknik peningkatan kualitas gambar untuk memperbaiki kualitas. Dalam proses ini, *noise* pada gambar juga akan dihilangkan. Selain itu, kerusakan pada gambar juga diperbaiki. Setelah itu gambar akan mengalami proses encoding dengan algoritma tertentu sehingga dapat terbentuk suatu representasi graf dari pola sidik jari sampel [2].

Dalam makalah ini akan dibahas perihal graf berbobot yang dapat digunakan untuk mempermudah proses pencocokan terhadap sampel sidik jari. Setiap simpul dalam suatu graf bertujuan untuk merepresentasikan daerah bukit (*ridges*) dalam sidik jari. Bukit dalam gambar merupakan garis dengan pixel berwarna gelap. Sedangkan setiap sisi dari sebuah graf bertujuan menghubungkan setiap simpul [4]. Selain itu, setiap sisi dari sebuah graf juga berfungsi untuk merepresentasikan punggung bukit yang bertetangga atau berpotongan [4].

Dengan bentuk sidik jari yang selalu berbeda antar individu dengan individu lainnya menyebabkan terbentuknya suatu graf berbobot yang unik untuk setiap sidik jari yang diidentifikasi [2]. Dari bentuk graf yang berbeda inilah nantinya akan ada proses pencocokan yang membutuhkan sebuah algoritma khusus pada tingkat lebih lanjut.

Dalam proses pencocokan, baik secara manual atau otomatis, akan ada komparasi antara graf dari sidik jari sampel dengan graf dari sidik jari pada data yang sudah ada. Pada proses ini algoritma yang digunakan juga akan mempertimbangkan besar galat yang ditolerir dengan memperhatikan *noise* yang ada pada sampel. Algoritma pencocokan tidak akan dibahas dalam makalah ini.

## II. GRAF

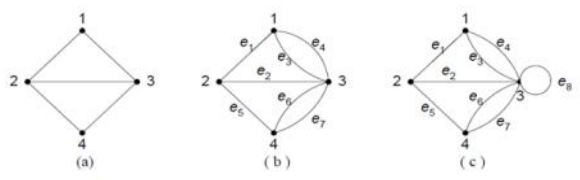
Secara umum, graf dapat diartikan sebagai himpunan tidak kosong dari beberapa simpul ( $V$ ) dan beberapa sisi ( $E$ ) yang menghubungkan pasangan simpul [1]. Secara khusus, graf mempunyai definisi berbeda tergantung pada tipe-tipe graf yang berbeda. Berikut adalah beberapa tipe dalam graf berdasarkan pada jenis sisi yang dimilikinya [1]:

### A. Graf Tak Berarah

Graf tak berarah terdiri dari sisi graf yang hanya

menghubungkan simpul atau simpul simpul tanpa adanya informasi arah. Graf tak berarah memiliki beberapa variasi graf lain, diantaranya adalah [1]:

1. Graf Tak Berarah Sederhana  
Graf tak berarah tanpa *loop* dan sisi ganda. Setiap sisi selalu menghubungkan dua buah simpul yang berjauhan.
2. Multigraf Tak Berarah  
Graf tak berarah yang memiliki sisi ganda. Pada multigraf tak berarah tidak ada *loop*.
3. Pseudograf Tak Berarah  
Graf tak berarah yang memiliki sisi ganda dan juga *loop*.



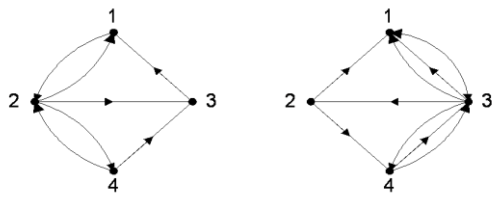
Beberapa Graf a) graf sederhana b) graf ganda c) graf semu  
Gambar 1. Graf Tak Berarah

sumber: <http://adytia18.blogspot.co.id/2012/12/graf.html>

**B. Graf Berarah**

Berbeda dengan graf tak berarah, dalam graf berarah terdapat informasi mengenai arah pada sisi-sisi yang menghubungkan setiap simpul. Terdapat beberapa variasi graf berarah, diantaranya adalah [1]:

1. Graf Sederhana Berarah  
Graf berarah yang tidak memiliki sisi ganda dan *loop*.
2. Multigraf Berarah  
Graf berarah yang memiliki sisi ganda tetapi tidak memiliki *loop* (dalam beberapa referensi lainnya menyebutkan bahwa multigraf berarah dapat memiliki *loop*).
3. Pseudograf Berarah  
Graf berarah yang memiliki sisi ganda dan juga *loop*.



Gambar 2. Graf Berarah

sumber: [http://sha-essa.blogspot.co.id/2011/12/teori-graph\\_21.html](http://sha-essa.blogspot.co.id/2011/12/teori-graph_21.html)

**C. Graf Campuran**

Graf campuran memiliki sisi berarah dan sisi yang tidak berarah. Dalam graf campuran juga terdapat *loop* dan sisi ganda. Variasi graf ini tidak umum untuk digunakan.

Dalam pembahasan mengenai graf, terdapat beberapa istilah-istilah yang sering digunakan. Berikut adalah definisi dari beberapa istilah dalam graf [1]:








1. Bertetangga (*Adjacent*)  
Dua buah simpul dikatakan bertetangga dalam graf apabila keduanya dihubungkan langsung oleh satu sisi E, dimana E merupakan anggota graf G.
2. Bersisian (*Incident*)  
Sebuah sisi E dikatakan bersisian dengan sebuah simpul V apabila keduanya terhubung secara langsung.
3. Simpul terpencil (*Isolated Vertex*)  
Suatu simpul disebut sebagai simpul terpencil apabila simpul tersebut tidak mempunyai sisi yang bersisian dengannya.
4. Graf Kosong (*Empty Graph*)  
Graf kosong merupakan graf yang mempunyai himpunan sisi berupa himpunan kosong.
5. Derajat (*Degree*)  
Derajat adalah jumlah banyaknya sisi yang bersisian dengan simpul yang dimaksud.
6. Lintasan (*Path*)  
Lintasan adalah kumpulan simpul dan sisi yang memisahkan dua buah simpul dalam bentuk deret.
7. Subgraf  
Sebuah graf G1 yang mengandung semua simpul pada graf G. Graf G1 dikatakan sebagai subgraf dari graf G.
8. Siklus (*Cycle*) atau Sirkuit (*Circuit*)  
Lintasan pada graf yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama.
9. Graf Berbobot (*Weight Graph*)  
Graf berbobot adalah suatu graf yang setiap sisinya memiliki sebuah nilai (bobot). Graf berbobot dapat ditunjukkan dengan index G yang memiliki empat parameter,  $G=(V, E, \mu, u)$ .  
V=banyaknya sisi dalam suatu graf  
E=banyaknya simpul dalam suatu graf  
 $\mu$ =bobot dari setiap simpul dalam graf  
u=bobot dari setiap sisi dalam graf

**III. SIDIK JARI**

Selain memiliki tiga karakteristik utama yang membedakan sebuah sidik jari dengan sidik jari lainnya, sebuah sidik jari juga memiliki beberapa istilah/terminologi yang sering digunakan, diantaranya adalah []:

- A. *Bukit pada sidik jari (ridges)*  
Bagian garis yang menonjol dari sidik jari. Bentuk dari bukit-bukit inilah yang menyusun pola sidik jari, sehingga setiap orang memiliki pola yang berbeda. Bagian bukit pada sidik jari dibagi lagi menjadi beberapa nama lain sesuai dengan bentuk yang dimilikinya, diantaranya adalah [2]:

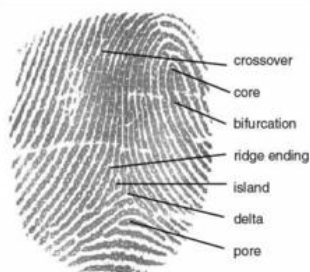
1. Terminal (*termination*)
2. Pencabangan dua (*bifurcation*)
3. Danau (*Lake*)
4. Bukit tak-bergantung
5. Titik atau pulau (*point or island*)
6. Percabangan (*spur*)
7. Silang (*crossover*)

	Termination
	Bifurcation
	Lake
	Independent ridge
	Point or island
	Spur
	Crossover

Gambar 3. Bukit Sidik Jari

sumber: <http://dcerrgdd.info/ridge-patterns-of-fingerprints/>

- B. *Lembah pada sidik jari (valleys)*  
Lembah (*valleys*) adalah bagian yang tidak menonjol diantara bukit-bukit pada sidik jari.
- C. *Minute*  
Minute adalah tempat bukit-bukit berpotongan atau berakhir[.].
- D. *Pusat (core)*  
Pusat adalah tempat bukit-bukit membentuk sebuah lingkaran atau setengah lingkaran.
- E. *Delta*  
Delta adalah tempat bukit-bukit membentuk sebuah segitiga.



Gambar 4. Sidik Jari dan Bagiaannya

sumber: <http://shs2.westport.k12.ct.us/forensics/04-fingerprints/classification.htm>

#### IV. REPRESENTASI SIDIK JARI DALAM GRAF

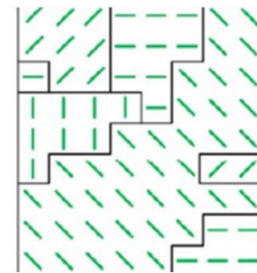
Untuk merepresentasikan sidik jari dalam bentuk graf, ada beberapa langkah yang harus dilakukan, diantaranya adalah [2]:

##### A. Penyederhanaan Pola pada Sidik Jari

Hal pertama yang dilakukan adalah merubah pola pada gambar sidik jari menjadi sebuah pola yang lebih umum. Setiap pola pada bukit disederhanakan dan diseragamkan.

##### B. Segmentasi Pola pada Sidik Jari

Setelah proses penyederhanaan, hasil gambar yang didapatkan akan memasuki proses yang bernama segmentasi. Dalam proses ini, sidik jari akan dipeta-petakan sesuai dengan pola disekitarnya. Gambar 5. adalah contoh sidik jari yang telah mengalami proses penyederhanaan dan proses segmentasi.



Gambar 5. Hasil Segmentasi

sumber: <http://www.cse.msu.edu/~rossarun/research.html>

##### C. Pembentukan Graf Berbobot

Setelah pola sidik jari melalui proses segmentasi, selanjutnya akan mulai dibentuk sebuah graf berbobot dari gambar yang ada.

Untuk membentuk graf diperlukan beberapa informasi mengenai hasil segmentasi yang akan menentukan penempatan simpul dan bobot yang diberikan terhadap setiap sisi dan setiap simpul, informasi tersebut adalah []:

1. Titik tengah dari setiap region
2. Informasi mengenai arah terkait dengan region-region yang ada.
3. Luas dari setiap region
4. Jarak dari setiap titik tengah antar region
5. Letak perimeter dari setiap region

Setelah mendapatkan informasi pokok seputar hasil segmentasi, maka langkah selanjutnya dalam pembuatan graf adalah menentukan bobot yang harus diberikan kepada setiap simpul (V) dan sisi (E). Bobot pada masing-masing simpul dapat diperoleh dari persamaan,

$$W_n = \text{Luas}(R_i) \quad (1)$$

dengan

$W_n$  = bobot pada simpul

$i = 1, 2, 3, 4, \dots, n.$

$R_i$  = region tertentu dari gambar segmentasi

Setelah menentukan bobot dari masing-masing simpul, langkah selanjutnya adalah

menentukan bobot dari masing-masing sisi yang ada pada graf. Bobot pada setiap sisi dapat ditentukan dengan persamaan,

$$W_e = (Adj - p) \times (Node - d) \times (Diff - v) \quad (2)$$

dengan

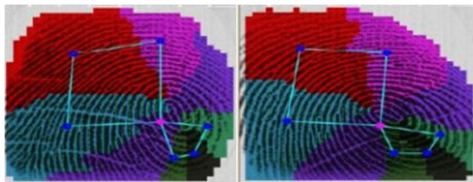
$W_e$  = bobot pada sisi

Adj-p = perbatasan dari dua buah region yang bertetangga yang menghubungkan dengan sebuah sisi yang dimaksud.

Node-d = perbedaan jarak antar simpul yang dihubungkan oleh sebuah sisi yang dimaksud.

Diff-v = perbedaan fase atau arah antara dua buah region.

Gambar [] merupakan contoh sidik jari yang sudah melewati proses segmentasi dan pembentukan graf berbobot.



Gambar 6.

sumber: <http://www.scielo.org.mx/img/revistas/iit/v10n3/a8f5>

Pada penentuan bobot untuk setiap simpul dan sisi, umumnya didapatkan bilangan – bilangan yang unik untuk masing-masingnya. Jika bilangan – bilangan tersebut divisualisasikan dalam bentuk gambar, maka bilangan-bilangan tersebut dapat disimbolkan dalam bentuk ukuran dari simpul atau ketebalan dari setiap sisi. Gambar 7. merupakan contoh hasil visualisasi dari bilangan-bilangan yang merupakan bobot untuk simpul dan sisi. Setiap simpul memiliki ukuran diameter yang berbeda beda. Setiap sisi juga memiliki ketebalan garis yang berbeda – beda. Ukuran keduanya berbanding lurus dengan bobot yang dimilikinya.



Gambar 7.

sumber: [http://www.dds.co.jp/en/fv/images/algorithm\\_fig01](http://www.dds.co.jp/en/fv/images/algorithm_fig01)

#### D. Pembentukan Super Graf

Pembentukan dari Super Graf dimaksudkan untuk [2]:

1. Membentuk sebuah simpul yang menandakan sebuah region dengan arah yang sama.
2. Meletakkan sumpul pusat agar berada di titik tengah dari berbagai region tersebut.
3. Graf menjadi lebih sederhana.

Pembentukan super graf berarti pembentukan ulang beberapa simpul dan sisi, maka dari itu persamaan untuk menemukan bobot yang dimiliki oleh sebuah simpul pada super graf adalah

$$W_n = \sum_{i=1}^n Luas (R_i) \quad (3)$$

Dengan

$W_n$  = bobot pada simpul baru

Luas ( $R_i$ ) meliputi seluruh region dengan arah yang sama.

untuk menghitung bobot setiap sisi yang menghubungkan simpul simpul baru, maka dapat digunakan persamaan

$$W_{se} = dis(sn) + \sum Adj - p (R_i, R_j) \quad (4)$$

dengan

$W_{se}$  = bobot pada sisi baru

dis(sn) = jarak dari simpul yang dihubungkan oleh sisi tersebut

Adj-p = jumlah dari perimeter yang bertetangga diantara dua region

Super graf yang terbentuk merupakan sebuah graf yang memiliki jumlah simpul yang berbanding lurus dengan jumlah arah yang dimiliki oleh region region yang ada pada sidik jari. Satu simpul pada graf pasti terhubung dengan setiap simpul lainnya melalui sisi-sisi diantaranya.

Mengingat sidik jari bukan merupakan struktur yang sederhana, pada kasus biasa, sering ditemukan graf yang memiliki banyak simpul dan sisi. Semakin banyak simpul dan sisi pada suatu graf, maka semakin lama juga waktu pencocokan yang diperlukan. Untuk itu perlu digunakan suatu persamaan yang dapat menentukan 'harga' dari sebuah pola sidik jari. Untuk menentukan harga dari suatu pola sidik jari, dapat digunakan persamaan berikut

$$\begin{aligned}
 \text{Harga} = & \left( \sum_i (W_i.\text{simpul} - 'W_i.\text{simpul}) \right) * \\
 & \left( \sum_j (W_j.\text{sisi} - 'W_j.\text{sisi}) \right)
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

dengan

$W_i.\text{simpul}$  adalah bobot simpul pada super graf

$W_j.\text{sisi}$  adalah bobot sisi pada super graf

' $W_i.\text{simpul}$ ' adalah bobot simpul pada model super graf

' $W_j.\text{sisi}$ ' adalah bobot sisi pada model super graf

Dari harga tersebut, pola pada sidik jari dapat diklasifikasikan secara lebih spesifik lagi.

Dengan begitu, proses pencarian dan pencocokan terhadap pola yang dimaksudkan dapat dilakukan dengan lebih cepat dan efisien.

Sidik jari bisa diklasifikasikan berdasarkan harga yang dimilikinya. Proses pencarian juga dapat dilakukan sesuai dengan harga pada sampel sidik jari. Pencarian terhadap sidik jari yang memiliki harga tinggi dapat dilakukan di kelas-kelas yang memang memiliki harga mendekati harga sampel. Begitu pula sebaliknya.

Beberapa institusi yang menggunakan sidik jari sebagai informasi penting mereka menemukan bahwa cara ini terbukti lebih efisien dan dapat menghasilkan hasil yang lebih cepat [].

## V. TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala bentuk rahmat yang telah diberikannya sehingga penulis dapat menyelesaikan proses penulisan makalah tanpa hambatan yang berarti. Tak lupa juga, penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing, yaitu Bapak Rinaldi Munir dan Ibu Harlili, atas segala ilmu mengenai Matematika Diskrit yang telah diberikan, khususnya teori mengenai Graf yang merupakan pokok bahasan dalam makalah ini.

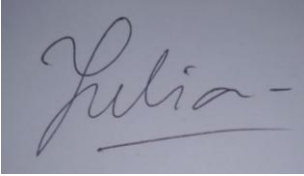
## REFERENCES

- [1] Dr. Ir. Rinaldi Munir, "Diktat Kuliah Matematika Diskrit", Bandung, 2003.
- [2] Marcialis. GL, Roli. F, Serrau. A, "Graph-Based and Structural Methods for Fingerprint Classification", Springer, 2007.
- [3] Fingerprints. Royal Canadian Mounted Police, Ottawa, Canada.
- [4] R.P. Chiralo and L. L. Berdan, Adaptive digital enhancement of latent fingerprints, Proc. 1978 Carnahan Conf. on Crime Countermeasures. Univ. of Kentucky, Lexington, Kentucky, pp. 131-135 (1978).

## 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, 8 Desember 2015



Nama dan NIM