

Penerapan Graf Terhubung untuk Menentukan Klasifikasi Sidik Jari

Annisa Muzdalifa/13515090

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

13515090@std.stei.itb.ac.id

a.muzdalifa@gmail.com

Abstract—Graf merupakan salah satu cabang ilmu matematika diskrit yang memiliki banyak peran dalam pemecahan masalah sehari-hari. Pengaplikasian graf sangat luas dan dapat mencakup berbagai macam ilmu contohnya autentifikasi biometrik. Biometrik yang paling terkenal dan sering digunakan saat ini adalah sidik jari. Sampai saat ini, sidik jari tidak hanya dipergunakan untuk keamanan saja, namun banyak ditemukan bahkan di kampus ITB sendiri sebagai alat presensi. Sidik jari juga sudah digunakan lebih jauh sebagai alat untuk membuka dan mengunci *smartphone*. Terapan graf dalam hal sidik jari yaitu mencocokkan sidik jari yang dideteksi oleh sebuah alat khusus dengan sidik jari yang berada dalam database. Gambar sidik jari manusia dapat direpresentasikan kedalam graf dan dicocokkan dengan menggunakan algoritma pencocokkan graf. Makalah ini membahas tentang aplikasi graf dalam klasifikasi sidik jari menggunakan gambar berarah, segmentasi, super graf terhubung, dan *cost function*.

Keywords—Biometrik, *cost function*, graf berbobot, graf terhubung, sidik jari.

I. PENDAHULUAN

Sidik jari merupakan biometrik yang paling sering digunakan khususnya dalam hal keamanan karena sifatnya yang unik, dan cenderung permanent. Setiap individu manusia memiliki sidik jari yang berbeda dan tidak berubah sepanjang hidupnya. Pemakaian sidik jari sebagai alat identifikasi terhadap seorang individu memerlukan sebuah proses yang dapat mengenali persamaan antara sidik jari yang dideteksi dengan sidik jari yang tersimpan di data. Pola yang dibentuk oleh sidik jari setiap orang berbeda akan membuat proses pencocokkan (*pattern matching*) berlangsung lama apabila tidak ditemukan sebuah klasifikasi terhadap pola-pola tersebut.

Klasifikasi menjadi penting untuk data sidik jari berukuran besar misal sidik jari yang disimpan pada database kepolisian. Klasifikasi pada sidik jari telah muncul pada tahun 1900 yang hanya mengeneralisasi lima pola umum. Namun seiring berkembangnya ilmu pengetahuan lima pola tersebut tidak cukup untuk

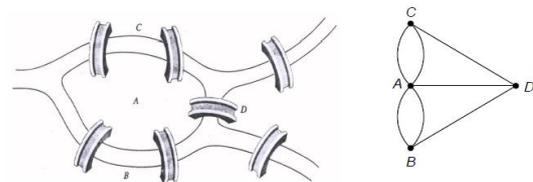
mengelompokkan sidik jari manusia yang berbeda-beda. Oleh karena itu muncullah klasifikasi sidik jari salah satu metodenya yaitu menggunakan graf.

Sidik jari dapat ditransformasi menjadi sebuah graf sederhana dengan ketentuan tertentu yang nantinya graf tersebut yang akan menjadi objek pencocokkan antara dua sidik jari yaitu sidik jari yang dideteksi dengan yang berada di data.

II. TEORI DASAR

2.1 Pengertian Graf

Teori tentang graf pertama kali muncul tahun 1736 pada saat Leonhard Euler mencoba mencari solusi untuk permasalahan jembatan Konigsberg [2]. Teka-teki Konigsberg menarik perhatian Euler yang akhirnya merepresentasikan permasalahan tersebut dalam diagram yang kemudian berkembang menjadi Graf.



Gambar 2.1 Representasi Jembatan Konigsberg dalam graf

Sumber: <http://3.bp.blogspot.com>

Graf merupakan sebuah struktur diskrit yang terdiri dari *Vertex* dan *Edges* yang menghubungkan antar *vertex* [3]. Graf G dinyatakan dalam himpunan yang memiliki dua anggota yaitu *Vertex* (simpul) dan *Edges* (sisi). Graf $G = (V, E)$ yang mana:

V = himpunan simpul dan tidak kosong

E = himpunan sisi yang menghubungkan dua simpul.

Dalam gambar 2.1 diatas terdapat sebuah graf dengan 4 simpul dan 7 sisi yang mana simpul mewakili sebuah daratan dan sisi menyatakan jembatan yang

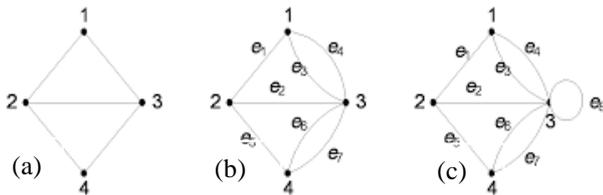
menghubungkan antar daratan.

2.2 Jenis Graf

Graf dapat dikategorikan berdasarkan hal tertentu [2].

Graf dilihat dari ada tidaknya gelang atau sisi ganda terbagi menjadi dua yaitu:

1. Graf sederhana
Merupakan graf yang setiap simpulnya hanya terhubung oleh satu sisi terhadap simpul lainnya.
2. Graf tidak sederhana
Merupakan graf yang memiliki dua atau lebih sisi yang menghubungkan dua simpul atau memiliki sisi yang kembali ke simpulnya sendiri.



Gambar 2.2 (a) Graf sederhana, (b) dan (c) Graf tidak sederhana.

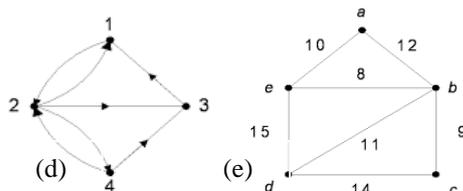
Sumber: sha-essa.blogspot.com

Graf dilihat dari orientasi arah pada sisi dikelompokkan menjadi dua yaitu:

1. Graf berarah
Graf yang setiap sisinya memiliki orientasi arah
2. Graf tidak berarah
Graf yang setiap sisinya tidak memiliki orientasi arah

Graf dilihat dari ada tidaknya bobot pada sisi dikelompokkan menjadi dua yaitu:

1. Graf berbobot
Merupakan graf yang setiap sisinya memiliki nilai yang dapat mewakili suatu informasi misalnya pada graf yang merepresentasikan kota dalam satu negara yang mana sisinya adalah jalan yang menghubungkan antar kota dan bobot pada sisinya dapat berupa waktu tempuh.
2. Graf tidak berbobot
Graf yang setiap sisinya tidak terdapat nilai.



Gambar 2.2 (d) Graf Berarah (e) Graf Berbobot

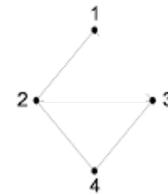
Sumber: sha-essa.blogspot.com

2.3 Istilah dalam Graf

Beberapa istilah dalam lingkup graf dapat diringkaskan

menjadi berikut [1]:

1. Bertetangga
Bertetangga merupakan istilah untuk dua simpul yang terhubung langsung.
2. Bersisian
Sebuah sisi e bersisian dengan simpul v_i dan bersisian dengan simpul v_j apabila e menghubungkan v_i dengan v_j .
3. Derajat
Jumlah sisi yang bersisian dengan suatu simpul v .
4. Graf terhubung
Sebuah simpul v_i dikatakan terhubung dengan v_j apabila ada sisi yang menghubungkan kedua simpul tersebut. Graf terhubung adalah graf yang semua pasang simpul v_i dan v_j dalam himpunan V memiliki lintasan dari v_i ke v_j .
5. Upagraf
Upagraf merupakan sub bagian dari graf. $G' = (V', E')$ dikatakan upagraf dari $G = (V, E)$ apabila V' himpunan bagian dari V , dan E' himpunan bagian dari E .

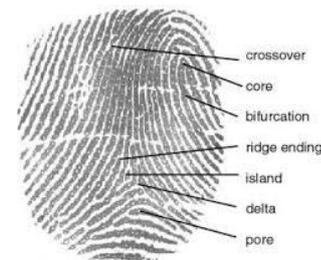


Gambar 2.3 Contoh Upagraf dari Graf 2.2 (a).

2.4 Sidik Jari

Sidik jari merupakan salah satu biometrik yang populer digunakan untuk pengenalan identitas. Hal ini dikarenakan sifat sidik jari yang unik dan berbeda-beda setiap individu dan sidik jari juga bersifat permanent kecuali ada kecelakaan yang melukai tangan sehingga sidik jarinya rusak seperti misalnya terbakar. Sampai saat ini sidik jari banyak digunakan baik di bidang keamanan atau forensik.

Sidik jari memiliki beberapa bagian diantaranya crossover, core, bifurcation, ridge ending, island, delta, dan pore [1].



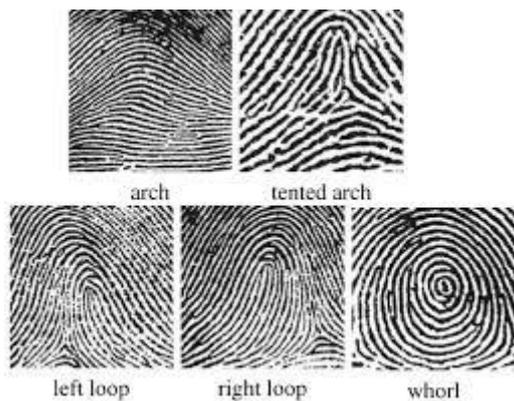
Gambar 2.4 (a) Bagian sidik jari
Sumber: te-effendi-kriminalistik.blogspot.com

Untuk mengenali sidik jari seseorang, dibutuhkan proses pencocokkan antara sidik jari yang dibaca oleh alat dengan data yang tersimpan. Data yang disimpan dapat

memiliki jumlah yang besar sehingga butuh waktu yang lama untuk proses pencocokan ini. Oleh karena itu, untuk memudahkan pencocokkan sidik jari diklasifikasikan dalam beberapa pola.

Pengklasifikasian sidik jari pertama diperkenalkan oleh Sir Edward Henry pada tahun 1900 [4]. Pada saat itu sidik jari dikelompokkan menjadi lima kelas yaitu arch, tented arch, left loop, right loop, dan whorl.

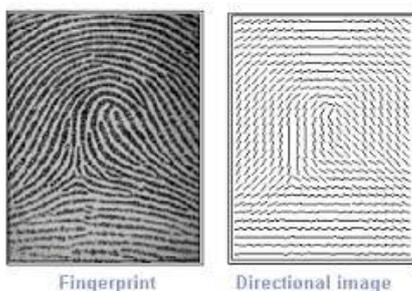
Seiring berkembangnya zaman, pengklasifikasian lima kelas ini mulai mengalami perkembangan karena ditemukannya kelemahan pada system yang diperkenalkan Sir Edward Henry. Selain itu klasifikasi sidik jari mulai bertambah seiring banyaknya pola yang dapat dikenali lebih detail.



Gambar 2.4 (b) Macam pola sidik jari
Sumber: cs.bgu.ac.il

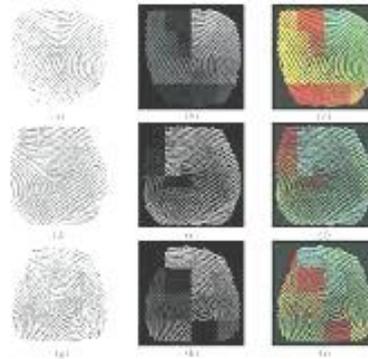
2.5 Gambar Berarah dan Segmentasinya

Gambar berarah adalah transformasi gambar biasa yang mana setiap pixelnya diubah kedalam garis yang merpresentasikan arah dari tingkat pewarnaan abu-abu [1]. Langkah pertama untuk merubah sebuah gambar sidik jari kedalam graf adalah dengan mengubahnya menjadi gambar berarah. Gambar berarah dari sidik jari dapat direpresentasikan sebagai sebuah matriks diskrit yang setiap elemennya yang menunjukkan arah dari tiap pixel gambar utamanya. Skala dari nilai elemen dapat ditentukan tergantung berapa banyak orientasi arah yang hendak dilihat. Sebagai contoh orientasi arah yang diambil empat yaitu vertikal, horizontal, condong kiri, dan condong kanan. Lebih detailnya arah dapat dihitung dengan menggunakan sudut sehingga pembuatan graf akan lebih akurat meskipun waktu yang diperlukan juga menjadi lama.



Gambar 2.5 (a) Sidik Jari ke Gambar Berarah
Sumber: biometrika.it

Setelah mendapat gambar berarah, selanjutnya sidik jari disegmentasi menjadi beberapa bagian. Setiap bagian dikelompokkan berdasarkan arahnya sehingga satu bagian memiliki arah yang homogen. Pembagian wilayah berdasarkan arahnya akan menentukan bagian simpul dari graf terhubung.



Gambar 2.5 (b) Contoh segmentasi sidik jari
Sumber: scielo.org.mx

III. PROSES PEMBENTUKAN GRAF DAN PENCOCOKKAN

3.1 Pembentukan Graf Terhubung

Hasil segmentasi dari sidik jari kemudian diubah menjadi graf. Pada hasil segmentasi terdapat beberapa wilayah, wilayah ini yang akan menjadi simpul pada graf, dan sisinya merupakan garis yang membagi wilayah tersebut. Setiap simpul memiliki bobot yang menyatakan luas dari wilayahnya dan setiap sisi memiliki bobot yang menyatakan harga dari wilayah satu ke wilayah lainnya [4].

Menentukan Simpul

Simpul merupakan wilayah atau bagian dari sidik jari yang telah tersegmentasi. Koordinat dari simpul ditentukan oleh pusat massa wilayah tersebut. Setiap simpul dari graf terhubung ini memiliki bobot yang menyatakan luas wilayah yang didapat dari jumlah elemen matriks tidak nol yang terdapat pada wilayah tersebut. Matriks tidak nol ini mewakili daerah putih pada hasil scan sidik jari.

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

W_n = bobot simpul

R_i = Wilayah atau *Region* dari gambar segmentasi

Menentukan Sisi

Sisi digunakan untuk merepresentasikan dua buah wilayah yang bertetangga yaitu daerah yang dibatasi oleh batas yang sama. Sama halnya dengan simpul, sisi pada graf terhubung memiliki bobot yang mewakili tiga

parameter yaitu jarak antar simpul, panjang batas wilayah, dan perbedaan arah dari dua daerah.

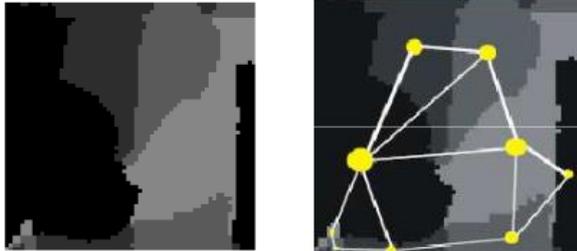
$$W_e = \text{adj-p} \times \text{node-d} \times \text{Diff-v}$$

We = bobot dari sisi

adj - p = panjang batas bersama dari dua wilayah

node - d = jarak dua buah simpul

diff - v = perbedaan arah dari dua daerah.



Gambar 3.1 Pembentukan graf dari hasil segmentasi

3.2 Pembentukan Super Graf Terhubung

Pada proses pencocokkan dua buah sidik jari mungkin terjadi kesalahan karena sidik jari terkadang terdapat cacat atau biasa disebut *noise* sehingga muncul kesalahan dalam proses pengelompokan arah. Proses pengelompokan arah akan mempengaruhi pembentukan graf sehingga graf yang dibentuk dari *scanning* sidik jari harus sama dengan graf yang berada pada data. *Noise* dapat menyebabkan perubahan pada bentuk graf sehingga kemungkinan sidik jari tidak cocok meskipun sudah benar.

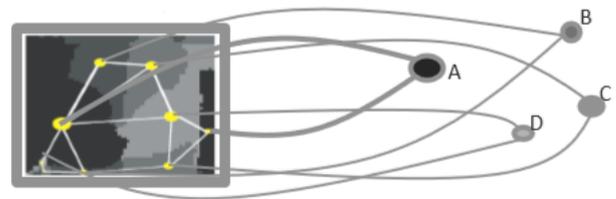
Oleh karena itu, dibutuhkan suatu proses yang dapat mencegah terjadinya kesalahan akibat adanya *noise* yaitu dengan cara membentuk super graf terhubung. Super graf terhubung adalah hasil merampatkan simpul dan sisi berarah sama pada graf terhubung [4]. Sehingga jumlah simpul pada super graf terhubung bisa lebih sedikit dari simpul graf terhubung. Pada segmentasi berarah dengan orientasi arah empat macam akan terbentuk empat simpul pada super graf terhubung.

Menentukan Simpul

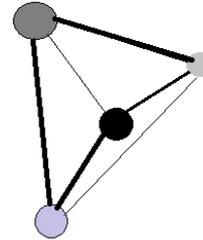
Simpul pada super graf terhubung terletak berdasarkan gabungan pusat massa simpul-simpul dengan arah yang sama pada graf terhubung. Bobot dari simpul graf super terhubung merupakan jumlah bobot simpul-simpul berarah sama.

Menentukan Sisi

Sisi dalam super graf terhubung menghubungkan antar simpul graf terhubung. Bobot dari sisi super graf terhubung merupakan hasil dari jarak antara simpul super graf terhubung dengan jumlah dari panjang batas dua daerah yang bertetangga.



Gambar 3.2 (a) pembentukan super graf terhubung



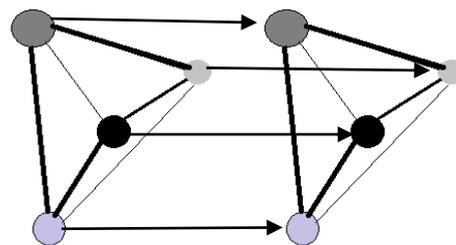
Gambar 3.2 (b) Contoh super graf terhubung

Jumlah simpul dari super graf terhubung sama dengan jumlah orientasi arah pada gambar berarah dan sisinya menghubungkan antar satu simpul dengan simpul lain.

Proses pembentukan super graf terhubung tentu akan memakan waktu lama tergantung jenis sidik jari yang dibaca dan seberapa banyak orientasi arah yang ditentukan. Namun semakin banyak orientasi arah maka akan semakin akurat hasil pencocokannya. Tahap selanjutnya adalah mencocokkan sidik jari yang dibaca terhadap data.

3.3 Proses Pencocokkan

Super graf terhubung dari sidik jari akan dicocokkan dengan data menggunakan fungsi *cost* atau harga. Fungsi *cost* adalah fungsi hasil kali dari jumlah dari selisih antara bobot simpul dan bobot busur yang diteliti dengan bobot simpul dan bobot busur dalam data [4]. Sidik jari yang diteliti akan diidentifikasi terhadap super graf terhubung dari masing-masing kelas hasil klasifikasi sidik jari pada data. Kelas yang menghasilkan *cost* minimum merupakan kelas yang paling mendekati terhadap sidik jari yang diteliti. Setelah menentukan klasifikasinya, barulah sidik jari dapat diidentifikasi.



Gambar 3.3 Pencocokkan super graf terhubung

IV. KESIMPULAN

Salah satu kegunaan graf yang berperan penting pada zaman ini adalah identifikasi sidik jari. Sidik jari merupakan identitas biometric yang sifatnya unik dan

relatif permanen, mudah digunakan, dan tidak mudah untuk diretas sehingga sangat cocok digunakan di bidang keamanan. Namun penggunaan biometrik yang satu ini juga sudah meluas salah satunya sampai ke system presensi di perkantoran. Agar dapat bekerja dengan baik sidik jari yang dibaca harus mampu dicocokkan dengan sidik jari yang berada di *database*. Untuk dapat diidentifikasi dengan cepat maka sidik jari perlu diklasifikasikan kedalam beberapa kelas, salah satu metode pengklasifikasian sidik jari yaitu dengan teori graf. Sidik jari dapat diproses menjadi sebuah graf yang kemudian dapat dicocokkan kedalam graf dari setiap kelas yang ada di database menggunakan fungsi cost. Fungsi cost dipengaruhi oleh model graf terhubung berbobot yang merpresentasikan sidik jari. Semakin kecil cost yang dihasilkan maka semakin mirip sidik jari tersebut dengan suatu kelas yang terdapat di database. Dengan begitu, sidik jari dapat diidentifikasi dan digunakan untuk kepentingan banyak.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat dan kehendaknya penulis dapat menyelesaikan makalah ini dengan baik. Terima kasih juga kepada kedua orang tua penulis yang selalu mendukung dan menjadi motivasi tersendiri bagi penulis dalam proses penyusunan makalah ini. Tidak lupa, penulis ucapkan banyak terima kasih bagi dosen mata kuliah matematika diskrit, Dr. Rinaldi Munir dan Dra. Harlili yang telah menurunkan ilmunya kepada penulis.

REFERENCES

- [1] Cappelli, R., Lumini, A., Maio, D., Maltoni, D. May 1999. Fingerprints Classification by Directional Image Partititoning. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.21, No.5
- [2] Munir, Rinaldi. Matematika Diskrit (Edisi Kedua). Bandung: Informatika Bandung 2003, Bab.8
- [3] Rosen, Kenneth. 2007. Discrete Mathematics and Its Apllication, 7th. NewYork: McGrawHill, ch 10.
- [4] Serrau, A. Structural and Graph-based method for automatic fingerprint classification, 2000

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, 9 Desember 2016



Annisa Muzdalifa
13515090