

# Aplikasi Graf pada Metode *Laplacianfaces* dalam Teknologi Pengenalan Wajah

Tasya Lailinissa Diandraputri 13517141<sup>1</sup>

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

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

<sup>1</sup>13517141@std.stei.itb.ac.id

**Abstrak**—Pada zaman modern ini, manusia terus mengembangkan bermacam-macam teknologi yang dibutuhkan saat ini. Salah satu teknologi yang terus dikembangkan sampai saat ini adalah teknologi biometrik, salah satunya adalah teknologi pengenalan wajah (facial recognition). Teknologi ini mampu memudahkan pengidentifikasian wajah melalui gambar ataupun video. Teknologi pengenalan wajah banyak digunakan dalam bidang keamanan. Teknologi ini digunakan pada CCTV (closed-circuit television) di beberapa tempat di Britania Raya, Amerika Serikat, Rusia, dan negara-negara lainnya. Selain itu, teknologi pengenalan wajah juga digunakan untuk pengamanan gawai. Metode *Laplacianfaces* adalah salah satu metode yang digunakan dalam teknologi pengenalan wajah. Metode ini menggunakan representasi graf. Makalah ini membahas graf dan aplikasinya pada teknologi pengenalan wajah menggunakan metode *Laplacianfaces*. Metode *Laplacianfaces* ini menggunakan teori Nearest Neighbor Graph. Makalah ini disusun berdasarkan hasil studi pustaka. Dari hasil studi pustaka, metode *Laplacianfaces* merupakan salah satu metode dengan tingkat keakuratan yang tinggi.

**Kata kunci**—biometrik, graf, *Laplacianfaces*, pengenalan wajah, teknologi

## I. PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari, manusia tidak lepas dari teknologi. Manusia juga terus melakukan penelitian dan pengembangan terhadap teknologi demi menunjang kebutuhan dan ketergantungan manusia terhadap teknologi itu sendiri.

Teknologi yang penggunaannya semakin meningkat adalah teknologi biometrik. Biometrik berasal dari kata *bios* dan *metron* yang berasal dari bahasa Yunani. *Bios* artinya hidup dan *metron* artinya mengukur. Secara harfiah, biometrik adalah studi tentang karakteristik anatomi maupun perilaku yang terukur dari suatu individu. Saat ini, teknologi biometrik yang banyak digunakan adalah antara lain sidik jari, tangan, iris mata, suara, dan wajah.

Teknologi biometrik bukanlah hal yang baru. Sebelum era digital, teknologi biometrik manual sudah umum digunakan. Contoh dari teknologi biometric manual adalah cap jari, tanda tangan, dan foto. Identifikasi biometrik yang sudah ada sebelum era digital adalah penggunaan cap sidik jari pada tanah liat oleh pedagang di Babilonia 500 tahun sebelum Masehi. Selain untuk bisnis, orang-orang di Cina juga menggunakan cap tangan dan kaki untuk membedakan anaknya dari orang lain. Salah satu karakteristik biometrik

yang sudah ada sejak awal peradaban dan yang paling mendasar adalah pengidentifikasian wajah seseorang. Manusia dapat menentukan apakah mengenal individu lainnya dari wajah individu tersebut. Seiring bertambahnya populasi bumi, hal tersebut menjadi lebih sulit untuk dilakukan.

Untuk mengatasi kesulitan tersebut, manusia mencari solusinya. Salah satu penemu teknologi pengenalan wajah adalah Woodrow Wilson “Woody” Bledsoe yang merupakan seorang matematikawan sekaligus ilmuwan komputer. Pada tahun 1960-an, Bledsoe mengembangkan sistem yang mengklasifikasi wajah berdasarkan koordinat-koordinat mata, hidung, mulut, dan garis rambut. Data tersebut dapat disimpan di suatu basis data (*database*). Sayangnya, teknologi pada saat itu sangat terbatas. Namun, penemuan tersebut menjadi langkah awal sekaligus batu loncatan teknologi pengenalan wajah.

Semakin berkembangnya teknologi dan pemrosesan komputer, digitalisasi teknologi pengenalan wajah pun berkembang pesat. Berbagai metode ditemukan untuk teknologi pengenalan wajah. Metode-metode yang paling populer saat ini adalah *Laplacianfaces*, *Eigenfaces*, dan *Fisherfaces*. *Laplacianfaces* merupakan metode dalam teknologi pengenalan wajah yang menggunakan aplikasi graf.

Graf merupakan hal yang sangat aplikatif pada kehidupan manusia. Aplikasi graf ditemukan dalam berbagai bidang dalam kehidupan sehari-hari. Dalam dunia komputasi, graf dapat merepresentasikan suatu data secara visual.

## II. TEORI GRAF

### A. Definisi Graf

Graf digunakan untuk merepresentasikan objek-objek diskrit dan hubungan antara objek-objek tersebut. Umumnya, objek tersebut direpresentasikan dengan titik, bulatan, noktah, atau bentuk lainnya. Hubungan antara objek-objek tersebut dapat direpresentasikan oleh suatu garis.

Graf  $G$  didefinisikan sebagai pasangan himpunan  $(V, E)$ .  $V$  merupakan himpunan tidak kosong simpul-simpul (*vertices*) dan  $E$  merupakan himpunan sisi-sisi (*edges*). Hal tersebut dinotasikan dengan:

$$G = (V, E)$$
$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$$
$$E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$$

Dari definisi di atas,  $V$  tidak boleh kosong, sedangkan  $E$  boleh kosong. Graf yang hanya mempunyai sebuah simpul tanpa satu sisi pun dinamakan graf trivial.

Simpul pada graf biasanya dinamai dengan huruf ( $a, b, c, \dots$ ), angka ( $1, 2, 3, \dots$ ), ataupun keduanya ( $a_1, a_2, a_3, \dots$ ). Sisi  $e$  yang menghubungkan simpul  $u$  dengan simpul  $v$  dinotasikan dengan:

$$e = (u, v)$$

### B. Jenis Graf

Graf dapat dibedakan jenisnya berdasarkan ada tidaknya sisi ganda atau gelang maupun orientasi arah pada sisi. Berdasarkan ada tidaknya sisi ganda, graf dibedakan menjadi dua jenis, yaitu sebagai berikut.

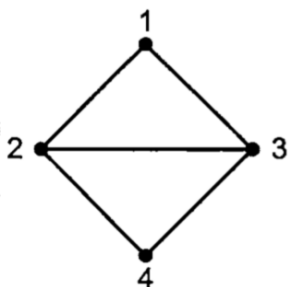
#### 1. Graf sederhana (*simple graph*)

Graf sederhana tidak mengandung sisi ganda ataupun gelang. Pada graf sederhana, sisi merupakan pasangan tidak terurut (*unordered pairs*) sehingga  $(u, v)$  memiliki arti yang sama dengan  $(v, u)$ , dengan notasi:

$$(u, v) = (v, u)$$

Sisi pada graf ini menghubungkan dua simpul yang berbeda, dengan notasi:

$$e = (u, v) \\ u \neq v$$

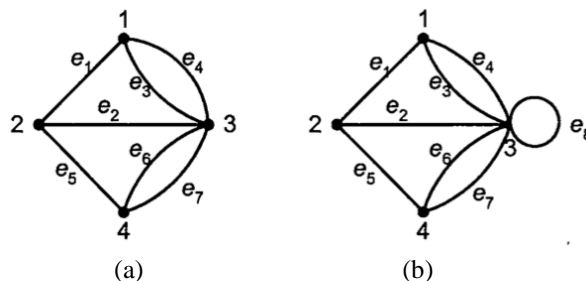


**Gambar 1** Graf sederhana  
Sumber: [5]

#### 2. Graf tidak sederhana (*unsimple graph*)

Graf tidak sederhana mengandung sisi ganda atau gelang. Graf tidak sederhana dibagi menjadi dua jenis, yaitu graf ganda (*multigraph*) dan graf semu (*pseudograph*). Graf ganda adalah graf yang mengandung sisi ganda. Graf semu adalah graf yang mengandung gelang. Gelang merupakan sisi yang menghubungkan simpul dengan simpul itu sendiri, dengan notasi:

$$e = (u, v) \\ u = v$$



**Gambar 2** (a) Graf ganda dan (b) graf semu dengan gelang pada  $e_8$   
Sumber: [5]

Berdasarkan orientasi arah pada sisi, graf dibedakan menjadi dua jenis, yaitu sebagai berikut.

#### 1. Graf tidak berarah (*undirected graph*)

Graf tidak berarah adalah graf yang sisinya tidak mengandung arah. Urutan pasangan simpul yang dihubungkan suatu sisi tidak diperhatikan, sehingga:

$$(u, v) = (v, u)$$

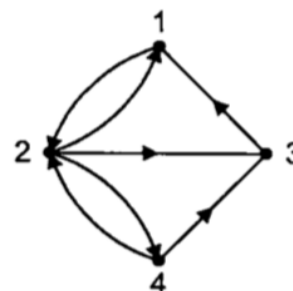
Contoh graf tidak berarah terdapat pada Gambar 1, Gambar 2 (a), dan Gambar 2 (b).

#### 2. Graf berarah (*directed graph* atau *digraph*)

Graf berarah adalah graf yang sisinya memiliki orientasi arah. Orientasi arah umumnya direpresentasikan oleh tanda panah. Sisi berarah disebut busur (*arc*). Pada graf berarah, urutan pasangan simpul diperhatikan, sehingga:

$$(u, v) \neq (v, u)$$

Pada busur  $(u, v)$ ,  $u$  adalah simpul asal (*initial vertex*), sedangkan  $v$  adalah simpul terminal (*terminal vertex*).



**Gambar 3** Graf berarah  
Sumber: [5]

### C. Terminologi Graf

#### 1. Ketetanggaan (*Adjacency*)

Dua buah simpul dikatakan bertetangga jika keduanya terhubung langsung oleh sebuah sisi. Pada Gambar 1, simpul 1 bertetangga dengan simpul 2 dan 3, tetapi tidak bertetangga dengan simpul 4.

#### 2. Bersisian (*Incidency*)

Pada sisi  $e = (u, v)$ ,  $e$  bersisian dengan  $u$  dan  $v$ . Pada Gambar 2 (a),  $e_1$  bersisian dengan simpul 1 dan 2, tetapi tidak bersisian dengan simpul 3 dan 4.

3. Simpul Terpencil (*Isolated Vertex*)

Simpul terpencil adalah simpul yang tidak mempunyai sisi yang bersisian dengannya. Dengan kata lain, simpul terpencil adalah simpul yang tidak terhubung dengan simpul lainnya ataupun simpul itu sendiri.

4. Graf Kosong (*Null Graph* atau *Empty Graph*)

Graf kosong adalah graf yang himpunan sisinya adalah himpunan kosong. Hal tersebut dapat dinotasikan dengan:



Gambar 4 Graf kosong

Sumber: [5]

5. Derajat (*Degree*)

Derajat adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul pada graf tidak berarah. Pada Gambar 1, simpul 1 dan 4 berderajat 2, sedangkan simpul 2 dan 3 berderajat 3, dengan notasi:

$$d(1) = d(4) = 2$$
$$d(2) = d(3) = 3$$

Derajat simpul terpencil adalah 0. Simpul dengan derajat 1 disebut simpul anting-anting (*pendant vertex*).

6. Lintasan (*Path*)

Lintasan yang panjangnya  $n$  dari simpul awal  $v_0$  ke simpul tujuan  $v_n$  pada graf  $G$  adalah barisan berselang-seling simpul, dengan notasi  $v_0, e_1, v_1, e_2, v_2, \dots, v_{n-1}, v_n, e_n$  dengan sisi  $e_1 = (v_0, v_1), e_2 = (v_1, v_2), \dots, e_n = (v_{n-1}, v_n)$  dan himpunan sisi  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ . Lintasan juga dapat disebut jalur. Panjang lintasan adalah jumlah sisi dalam lintasan tersebut. Lintasan sederhana (*simple path*) adalah lintasan dengan semua simpulnya berbeda. Lintasan tertutup (*closed path*) adalah lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama, sedangkan lintasan terbuka (*opened path*) adalah lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang berbeda. Pada Gambar 1, lintasan 1, 2, 3, 4 adalah lintasan dengan barisan sisi (1, 2), (2, 3), dan (3, 4) dengan panjang lintasan sebesar 3.

7. Siklus (*Cycle*) atau Sirkuit (*Circuit*)

Siklus atau sirkuit adalah lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama. Siklus atau sirkuit

termasuk lintasan tertutup. Panjang sirkuit adalah jumlah sisi pada sirkuit tersebut. Pada Gambar 1, lintasan 1, 2, 3, 1 merupakan sebuah siklus atau sirkuit dengan panjang 3. Lintasan tersebut berawal dan berakhir pada simpul 1.

8. Terhubung (*Connected*)

Dua buah simpul pada dikatakan terhubung jika terdapat lintasan dari simpul awal ke simpul akhir. Pada graf tidak berarah, graf disebut graf terhubung (*connected graf*) jika untuk setiap pasang simpul  $u$  dan  $v$  pada himpunan  $V$ , terdapat lintasan dari  $u$  ke  $v$ , sedangkan graf disebut graf tidak terhubung (*disconnected graf*) jika untuk setiap pasang simpul  $u$  dan  $v$  pada himpunan  $V$ , tidak terdapat lintasan dari  $u$  ke  $v$ . Pada graf berarah, graf disebut graf terhubung jika graf tidak berarahnya terhubung. Pada graf berarah, graf terhubung dibedakan menjadi dua jenis, yaitu graf terhubung kuat (*strongly connected*) dan graf lemah (*weakly connected*). Graf terhubung kuat adalah graf yang memiliki lintasan dari  $u$  ke  $v$  dan juga lintasan dari  $v$  ke  $u$ . Graf terhubung lemah adalah graf yang memiliki lintasan dari  $u$  ke  $v$ , tetapi tidak memiliki lintasan dari  $v$  ke  $u$ .

9. Upagraf (*Subgraph*) dan Komplemen Upagraf

Sebuah graf  $G_1 = (V_1, E_1)$  dikatakan sebagai upagraf dari graf  $G = (V, E)$  jika  $V_1 \subseteq V$  dan  $E_1 \subseteq E$ . Sebuah graf  $G_2 = (V_2, E_2)$  dikatakan komplemen dari upagraf  $G$  terhadap  $G_1$  jika  $E_2 = E - E_1$  dan  $V_2$  merupakan himpunan simpul yang anggotanya bersisian dengannya. Komponen graf (*connected component*) adalah jumlah maksimum upagraf terhubung dalam graf tersebut. Pada graf berarah, komponen terhubung kuat (*strongly connected component*) adalah jumlah maksimum upagraf yang terhubung kuat. Graf pada Gambar 2 (a) merupakan upagraf dari graf pada Gambar 2 (b).

10. Upagraf Rentang (*Spanning Subgraph*)

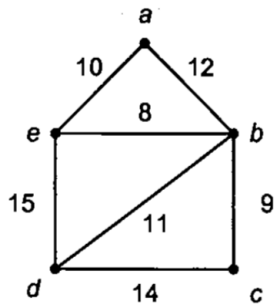
Upagraf  $G_1 = (V_1, E_1)$  dari graf  $G = (V, E)$  dikatakan upagraf merentang jika  $V_1 = V$ . Hal tersebut berarti  $G_1$  mengandung semua simpul dari  $G$ .

11. *Cut-set*

*Cut-set* dari graf terhubung  $G$  adalah himpunan sisi yang jika dihilangkan dari  $G$  menyebabkan  $G$  tidak terhubung sehingga *cut-set* dua buah komponen. Istilah lain dari *cut-set* adalah jembatan (*bridge*).

12. Graf Berbobot (*Weighted Graph*)

Graf berbobot adalah graf yang pada setiap sisinya diberi sebuah bobot. Graf berbobot memiliki istilah lain, yaitu graf berlabel.



**Gambar 5** Graf berbobot  
Sumber: [5]

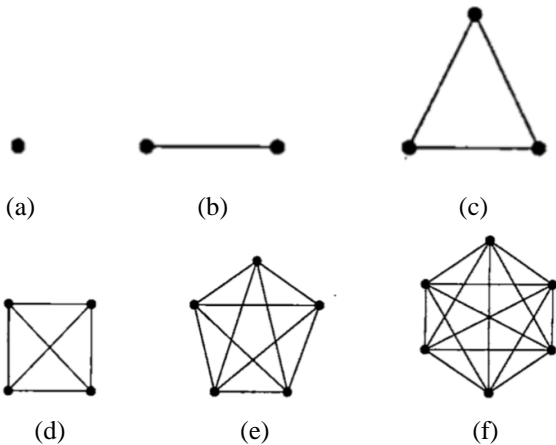
Pada Gambar 5, angka yang berada di sisi-sisinya merupakan bobot sisi tersebut.

#### D. Graf-graf Khusus

Beberapa graf khusus ini banyak ditemukan penerapannya. Graf-graf khusus tersebut antara lain sebagai berikut.

##### 1. Graf Lengkap (*Complete Graph*)

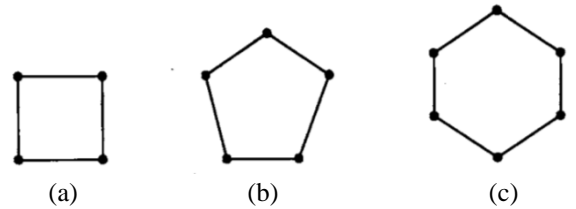
Graf lengkap adalah graf sederhana yang setiap simpulnya memiliki sisi ke semua simpul lainnya. Artinya, setiap simpul pada graf lengkap bertetangga dengan simpul lainnya. Graf lengkap dengan  $n$  buah simpul dinotasikan dengan  $K_n$ . Derajat setiap simpul pada  $K_n$  adalah  $n - 1$ .



**Gambar 6** Graf teratur (a)  $K_1$  (graf trivial), (b)  $K_2$ , (c)  $K_3$ , (d)  $K_4$ , (e)  $K_5$ , dan (f)  $K_6$   
Sumber: [5]

##### 2. Graf Lingkaran

Graf lingkaran adalah graf sederhana yang derajat setiap simpulnya berjumlah dua. Graf lingkaran dengan  $n$  buah simpul dinotasikan dengan  $C_n$ . Pada Gambar 6 (c), graf  $K_3$  termasuk graf lingkaran.



**Gambar 7** Graf lingkaran (a)  $C_4$ , (b)  $C_5$ , dan (c)  $C_6$   
Sumber: [5]

##### 3. Graf Teratur (*Regular Graph*)

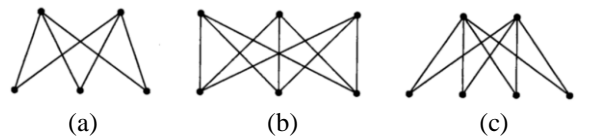
Graf teratur adalah graf yang setiap simpulnya berderajat sama. Graf teratur derajat  $r$  adalah graf yang setiap simpulnya berderajat  $r$ . Graf lengkap dan graf lingkaran termasuk graf teratur. Jumlah sisi  $e$  pada graf teratur dengan  $n$  buah simpul dirumuskan dengan:

$$e = \frac{nr}{2}$$

##### 4. Graf Bipartit (*Bipartite Graph*)

Graf bipartit adalah graf yang himpunan simpulnya dapat dikelompokkan menjadi dua himpunan bagian. Graf bipartit  $G$  dengan himpunan bagian simpul  $V_1$  dan  $V_2$  dinotasikan dengan  $G(V_1, V_2)$ . Setiap pasang simpul di himpunan bagian tidak bertetangga dengan simpul lain di himpunan bagian tersebut. Graf bipartit lengkap (*complete bipartite graph*) adalah graf bipartit yang setiap simpul di himpunan bagian satu bertetangga dengan semua simpul di himpunan bagian lainnya. Graf bipartite lengkap dinotasikan dengan  $K_{m,n}$  dengan  $m$  dan  $n$  jumlah simpul di masing-masing himpunan bagian. Jumlah sisi  $e$  pada graf bipartit lengkap dirumuskan dengan:

$$e = mn$$



**Gambar 8** Graf bipartit (a)  $K_{2,3}$ , (b)  $K_{3,3}$ , dan (c)  $K_{2,4}$   
Sumber: [5]

#### E. Nearest Neighbor Graph

*Nearest Neighbor Graph* (NNG) atau *k-Nearest Neighbor Graph* (*k*-NNG) adalah graf yang memiliki simpul  $u$  dan  $v$  terhubung oleh suatu sisi jika jarak *Euclidean* antara simpul  $u$  dengan  $v$  termasuk jarak terpendek ke- $k$  dari  $u$  pada himpunan sisi  $E$ . Jarak *Euclidean* adalah jarak antara dua titik atau objek pada ruang *Euclidean*. Jarak *Euclidean* antara simpul  $u$  pada koordinat  $(u_1, u_2)$  dengan  $v$  pada koordinat  $(v_1, v_2)$  dinotasikan dengan:

$$d(u, v) = \sqrt{(v_1 - u_1)^2 + (v_2 - u_2)^2}$$

*Nearest Neighbor Graph* banyak diaplikasikan dalam bidang teknologi dan komputer seperti pada pembelajaran mesin (*machine learning*), pengolahan citra (*image processing*), dan

pengenalan pola (*pattern recognition*). Salah satu contoh algoritma dari *nearest neighbor graph* dari himpunan simpul  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  adalah sebagai berikut.

```

BEGIN
  Input y, of unknown classification.
  Set k,  $1 \leq k \leq n$ .
  Initialize  $i = 1$ .
  DO UNTIL ( $k$ -nearest neighbors to  $n$  found)
    Compute distance from  $v$  to  $v_i$ .
    IF ( $i \leq k$ ) THEN
      Include  $v_i$  in the set of  $k$ -nearest neighbors
    ELSE IF ( $v_i$  is closer to  $v$  than any previous nearest
    neighbor) THEN
      Delete the farthest of the  $k$ -nearest neighbors
      Include  $v_i$  in the set of  $k$ -nearest neighbors.
    END IF
    Increment  $i$ .
  END DO UNTIL
END
  
```

### III. PENERAPAN GRAF PADA METODE *LAPLACIANFACES* DALAM TEKNOLOGI PENGENALAN WAJAH

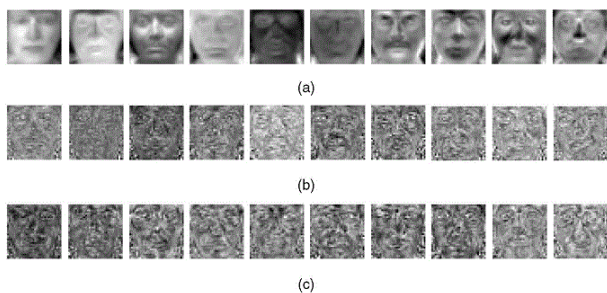
#### A. Metode-metode dalam Teknologi Pengenalan Wajah

Dalam berbagai macam teknologi pengenalan wajah, terdapat beberapa metode yang digunakan. Metode-metodenya antara lain adalah *Eigenfaces*, *Fisherfaces*, dan *Laplacianfaces*.

Metode *Eigenfaces* adalah metode yang menggunakan set yang terdiri dari *eigenvector* yang merepresentasikan wajah manusia dalam visual komputer. Set adalah kumpulan objek yang unik sehingga tidak ada objek di dalam set yang sama. *Eigenvector* adalah vektor yang berkaitan dengan suatu sistem persamaan linear. Istilah lain dari *Eigenvector* adalah vektor karakteristik. Metode *Eigenfaces* menggunakan algoritma *Principal Component Analysis* (PCA).

Metode *Fisherfaces* adalah metode pengenalan wajah yang menggunakan pendekatan warna untuk mencocokkan wajah dengan basis data yang ada. Metode ini menggunakan algoritma *Linear Discriminant Analysis* (LDA).

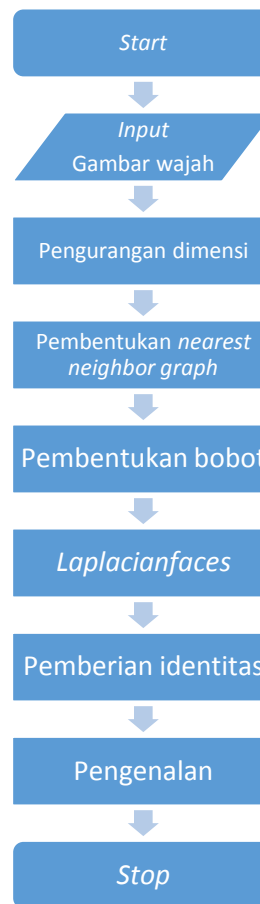
Metode yang menggunakan aplikasi dari teori graf adalah metode *Laplacianfaces*. Metode ini menggunakan algoritma *Locality Preserving Projections* (LPP) dan juga algoritma PCA.



**Gambar 9** Metode teknologi pengenalan wajah (a) *Eigenfaces*, (b) *Fisherfaces*, dan (c) *Laplacianfaces*  
 Sumber: <http://www.scholarpedia.org/article/Laplacianfaces>

#### B. Metode *Laplacianfaces* dan Penerapan Teori Graf

Metode *Laplacianfaces* secara eksplisit memperhitungkan struktur bervariasi yang dimodelkan dengan *nearest neighbor graph*. Pada graf tersebut, terdapat struktur lokal dari ruang gambar wajah awal. Algoritma LPP pada metode ini berfungsi mendapatkan uparuang (*subspace*) dari gambar wajah awal. Setiap gambar wajah awal diproyeksikan ke uparuang gambar dengan dimensi yang rendah dengan set yang diutamakan dari gambar wajah awal. Algoritma PCA pada metode ini berfungsi mengurangi gangguan (*noise*) pada gambar sebelum pemrosesan dilakukan.



**Diagram I** Diagram alir program pengenalan wajah menggunakan metode *Laplacianfaces*

Menurut beberapa penelitian yang telah dilakukan, metode *Laplacianfaces* lebih unggul dibandingkan dengan metode-metode pengenalan wajah yang lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Laplacianfaces* menghasilkan representasi yang lebih bagus dibandingkan hasil metode lainnya. Tingkat keakuratan metode *Laplacianface* juga lebih tinggi dibandingkan metode *Eigenfaces* dan *Fisherfaces*.

### IV. SIMPULAN

Simpulan yang dapat diambil dari makalah ini adalah terdapat banyak produk dari matematika diskrit yang aplikatif dalam berbagai bidang. Salah satunya adalah teori graf dalam bidang teknologi biometrik pengenalan wajah. Metode dalam teknologi pengenalan wajah yang menerapkan teori *nearest*

*neighbor graph* adalah metode *Laplacianfaces*. Metode ini juga merupakan metode yang lebih unggul dibandingkan metode lainnya.

## VII. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas pertolongan, izin, berkat, rahmat, dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas makalah ini dengan lancar. Pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Dr. Judhi Santoso M.Sc., Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, M.T., dan Ibu Dra. Harlili M.Sc. selaku dosen Mata Kuliah IF2120 Matematika Diskrit atas segala ilmu dan bimbingannya. Penulis juga ingin menyampaikan terima kasih kepada kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan kepada penulis. Ucapan terima kasih juga penulis ucapkan kepada teman-teman yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyusunan makalah ini.

## REFERENSI

- [1] Eppstein, David. 1997. *Discrete & Computational Geometry*. Springer-Verlag: New York.
- [2] Gazali, Wikaria. 2009. "Penerapan Metode Laplacianfaces pada Komputer untuk Pengenalan Wajah". *Jurnal Mat Stat*, Vol. 9 No. 1: 42 – 53.
- [3] Keller, James M. "A Fuzzy K-Nearest Neighbor Algorithm". *IEEE Transactions on Systems, Mans, and Cybernetics*, Vol. SMC-15, No. 4: 580 – 585.
- [4] Mayhew, Steven. 2012. "History of Biometrics". <https://www.biometricupdate.com/201802/history-of-biometrics-2>. Diakses pada tanggal 7 Desember 2018.
- [5] Munir, Rinaldi. 2016. *Matematika Diskrit*. Edisi Revisi Keenam. Bandung: Informatika Bandung.

## 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, 3 Desember 2018



Tasya Lailinissa Diandraputri 13517141