

Aplikasi Graf pada *Hand Gestures Recognition*

Muthmainnah 13515059
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
13515059@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Makalah ini akan membahas tentang salah satu aplikasi graf pada teknologi terbarukan, yaitu teknologi *hand gestures recognition* atau teknologi pendeteksi gerakan tangan. Teknologi *hand gestures recognition* ini memungkinkan *hands-free control* terhadap berbagai peralatan elektronik seperti televisi atau *smartphone*, dimana pengguna dapat mengendalikan peralatan tersebut tanpa menyentuhnya, melainkan dengan menggunakan *hand gestures* atau gerakan tangan. Pada makalah ini akan dibahas mengenai aplikasi graf untuk mendeteksi *hand gestures* atau gerakan tangan.

Keywords—gerakan tangan, graf berbobot, identifikasi, kontrol.

I. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi tidak dapat dipungkiri lagi adanya. Berbagai macam peralatan elektronik dengan berbagai macam fungsinya sudah tersebar dimana-mana. Manusia pun terus berinovasi untuk mengembangkan peralatan-peralatan yang semakin memudahkan pekerjaan manusia, hal ini terlihat dari perkembangan teknologi untuk mengontrol peralatan-peralatan tersebut.

Komputer pada awalnya hanya bisa dikontrol dengan menggunakan *keyboard* dan *mouse*, begitu pula pada awal kemunculan telepon selular, peralatan ini hanya dapat dikendalikan menggunakan *keypad* atau tombol-tombol pada telepon selular. Seiring berjalannya waktu, teknologi *touch screen* atau layar sentuh ditemukan. Ini sebuah kemajuan yang pesat, dimana banyak *device*, terutama *smartphone* mulai menggunakan teknologi ini.

Dengan teknologi yang sudah ada, tidak membuat manusia berhenti berinovasi. Kini, teknologi pengendalian *device* baru mulai dikembangkan, yaitu teknologi *hand gestures recognition*. Teknologi ini memungkinkan manusia untuk berinteraksi dengan peralatan elektronik secara *hands-free* atau tanpa menyentuh peralatan yang ingin dikendalikan. Tentunya ini semakin memudahkan manusia dalam berbagai hal.

Teknologi ini sudah mulai digunakan di beberapa peralatan, yang populer adalah penggunaan *hand gestures recognition* pada *smart television* dan *smartphone*. Kita dapat menjumpai *smart television* yang menggunakan *hand gestures recognition* untuk mengendalikan berbagai fitur pada televisi tersebut dari jarak tertentu, tanpa

menyentuh langsung televisi atau menggunakan *remote control*. Contoh lain penggunaan *hand gestures recognition* adalah pada *smartphone*. Teknolog *hand gesture recognition* pada *smartphone* banyak digunakan pada kamera depan *smartphone* yang biasanya digunakan untuk mengambil foto *selfie* atau foto diri sendiri tanpa bantuan orang lain yaitu dengan memanfaatkan *hand gesture* atau gerakan tangan yang diidentifikasi oleh kamera sebagai tanda untuk mengambil gambar. Teknologi ini sangat populer, mengimbangi dengan adanya peralatan *monopod* atau *selfie stick* yang dapat memperluas cakupan area foto yang dapat diambil saat melakukan *selfie*.

Teknologi *hand gesture recognition* ini sendiri terdiri dari dua cara kerja:

1. Menggunakan suatu alat yang dipasang pada tangan pengguna, yang dapat mendeteksi gerakan tangan pengguna, lalu mengolah dan mengirimkan data gerakan tangan tersebut pada *device* yang ingin dikendalikan untuk diproses selanjutnya.
2. Tidak menggunakan alat apapun pada tangan, namun menggunakan sensor visual yang dapat mendeteksi gerakan tangan dengan memanfaatkan postur unik dari tangan itu sendiri.

Cara kerja nomor dua pada jenis teknologi *hand gesture recognition* diatas adalah apa yang akan dibahas selanjutnya pada makalah ini, dimana salah satu materi terkait matematika diskrit, yaitu pada materi graf, ternyata diaplikasikan pada teknologi *hand gesture recognition* ini.

Graf, dapat merepresentasikan postur tangan yang ditangkap sensor pada teknologi *hand gestures recognition* dan dengan graf tersebut, *device* dapat mengidentifikasi perintah apa yang ingin diberikan dengan gerakan tangan pengguna lewat representasinya pada graf.

Berikut yang akan saya jelaskan dalam makalah ini hanya konsep dasar dan ide utama dari pokok bahasan saja, tidak beserta algoritma perhitungan maupun program untuk men-*generate hand gestures* ke dalam graf.

II. DASAR TEORI

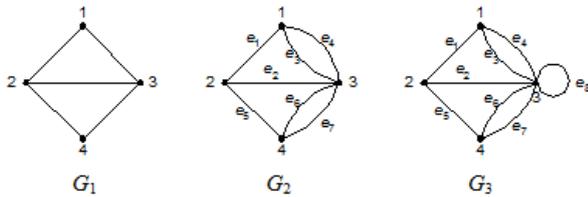
A. Definisi Graf

Graf $G = (V, E)$, yang dalam hal ini [1]:

V = himpunan tidak-kosong dari simpul-simpul (vertices)

$$= \{ v_1, v_2, \dots, v_n \}$$

E = himpunan sisi (edges) yang menghubungkan sepasang simpul
 $= \{ e_1, e_2, \dots, e_n \}$



Gambar 2.1. (a) graf sederhana, (b) graf ganda, dan (c) graf semu [1]

Pada G_2 , sisi $e_3 = (1, 3)$ dan sisi $e_4 = (1, 3)$ dinamakan sisi-ganda (multiple edges atau paralel edges) karena kedua sisi ini menghubungkan dua buah simpul yang sama, yaitu simpul 1 dan simpul 3.

Pada G_3 , sisi $e_8 = (3, 3)$ dinamakan gelang atau kalang (loop) karena ia berawal dan berakhir pada simpul yang sama.

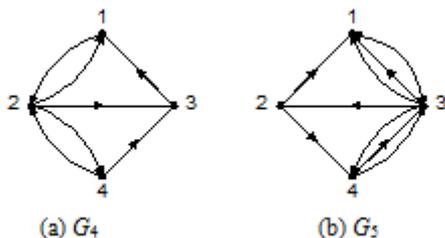
B. Jenis-Jenis Graf

Berdasarkan ada tidaknya gelang atau sisi ganda pada suatu graf, maka graf digolongkan menjadi dua jenis [1] :

1. Graf sederhana (simple graph).
 Graf yang tidak mengandung gelang maupun sisi-ganda dinamakan graf sederhana. G_1 pada Gambar 2.1 adalah contoh graf sederhana
2. Graf tak-sederhana (unsimple-graph).
 Graf yang mengandung sisi ganda atau gelang dinamakan graf tak-sederhana (unsimple graph). G_2 dan G_3 pada Gambar 2.1 adalah contoh graf tak-sederhana

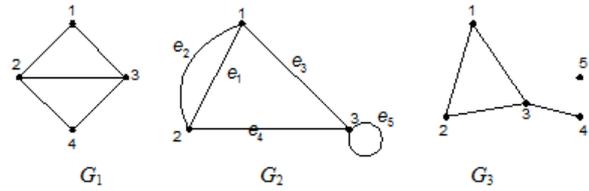
Berdasarkan orientasi arah pada sisi, maka secara umum graf dibedakan atas 2 jenis [1] :

1. Graf tak-berarah (undirected graph)
 Graf yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah disebut graf tak-berarah. Tiga buah graf pada Gambar 1 adalah graf tak-berarah.
2. Graf berarah (directed graph atau digraph)
 Graf yang setiap sisinya diberikan orientasi arah disebut sebagai graf berarah. Dua buah graf pada Gambar 2.2 adalah graf berarah.



Gambar 2.2. (a) graf berarah, (b) graf-ganda berarah

C. Terminologi Graf



Gambar 2.3. Berbagai macam graf. [1]

Berikut terminologi graf [1] :

a. Ketetanggaan (Adjacent)

Dua buah dikatakan bertetangga bila keduanya terhubung langsung. Tinjau graf G_1 (gambar 2.3) : simpul 1 bertetangga dengan simpul 2 dan 3, simpul 1 tidak bertetangga dengan simpul 4.

b. Bersisian (Incidency)

Untuk sembarang sisi $e = (v_j, v_k)$ dikatakan e bersisian dengan simpul v_j , atau e bersisian dengan simpul v_k

Tinjau graf G_1 : sisi $(2, 3)$ bersisian dengan simpul 2 dan simpul 3, sisi $(2, 4)$ bersisian dengan simpul 2 dan simpul 4, tetapi sisi $(1, 2)$ tidak bersisian dengan simpul 4.

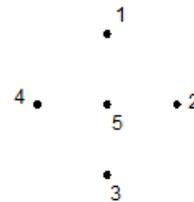
c. Simpul Terpencil (Isolated Vertex)

Simpul terpencil ialah simpul yang tidak mempunyai sisi yang bersisian dengannya.

Tinjau graf G_3 : simpul 5 adalah simpul terpencil.

d. Graf Kosong (null graph atau empty graph)

Graf yang himpunan sisinya merupakan himpunan kosong (N_n), seperti gambar berikut.



Gambar 2.4. Null Graph [1]

e. Derajat (Degree)

Derajat suatu simpul adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut.

Notasi: $d(v)$

Tinjau graf G_1 : $d(1) = d(4) = 2$
 $d(2) = d(3) = 3$

Tinjau graf G_3 : $d(5) = 0 \rightarrow$ simpul terpencil

$d(4) = 1 \rightarrow$ simpul anting-anting (pendant vertex)

Tinjau graf G_2 : $d(1) = 3 \rightarrow$ bersisian dengan sisi ganda

$d(2) = 4 \rightarrow$ bersisian dengan sisi gelang (loop)

f. Lintasan (Path)

Lintasan yang panjangnya n dari simpul awal v_0 ke simpul tujuan v_n di dalam graf G ialah barisan berselang-seling simpul-simpul dan sisi-sisi yang berbentuk $v_0, e_1, v_1, e_2, v_2, \dots, v_{n-1}, e_n, v_n$ sedemikian sehingga $e_1 = (v_0, v_1)$, $e_2 = (v_1, v_2)$, ..., $e_n = (v_{n-1}, v_n)$ adalah sisi-sisi dari graf G .

Tinjau graf G1: lintasan 1, 2, 4, 3 adalah lintasan dengan barisan sisi (1,2), (2,4), (4,3).

Panjang lintasan adalah jumlah sisi dalam lintasan tersebut. Lintasan 1, 2, 4, 3 pada G1 memiliki panjang 3.

g. Siklus (Cycle) atau Sirkuit (Circuit)

Lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama disebut sirkuit atau siklus.

Tinjau graf G1: 1, 2, 3, 1 adalah sebuah sirkuit.

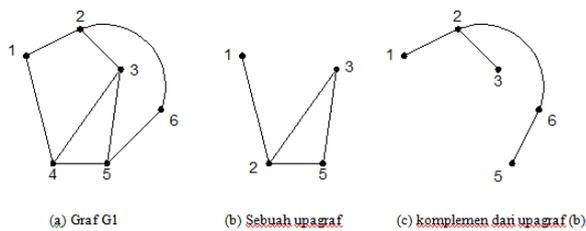
Panjang sirkuit adalah jumlah sisi dalam sirkuit tersebut. Sirkuit 1, 2, 3, 1 pada G1 memiliki panjang 3.

h. Terhubung (Connected)

Dua buah simpul v_1 dan simpul v_2 disebut terhubung jika terdapat lintasan dari v_1 ke v_2 . G disebut graf terhubung (connected graph) jika untuk setiap pasang simpul v_i dan v_j dalam himpunan V terdapat lintasan dari v_i ke v_j . Jika tidak, maka G disebut graf tak-terhubung (disconnected graph).

i. Upagraf (Subgraph) dan Komplemen Upagraf

Misalkan $G = (V, E)$ adalah sebuah graf. $G_1 = (V_1, E_1)$ adalah upagraf (subgraph) dari G jika $V_1 \subseteq V$ dan $E_1 \subseteq E$. Komplemen dari upagraf G_1 terhadap graf G adalah graf $G_2 = (V_2, E_2)$ sedemikian sehingga $E_2 = E - E_1$ dan V_2 adalah himpunan simpul yang anggota-anggota E_2 bersisian dengannya.



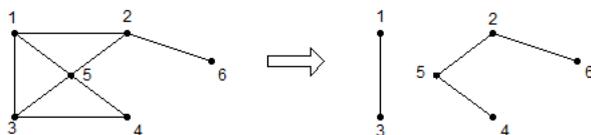
Gambar 2.5. Contoh graf dan upagraf. [1]

j. Upagraf Rentang (Spanning Subgraph)

Upagraf $G_1 = (V_1, E_1)$ dari $G = (V, E)$ dikatakan upagraf rentang jika $V_1 = V$ (yaitu G_1 mengandung semua simpul dari G).

k. Cut-set

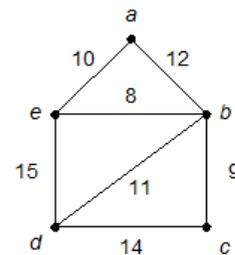
Cut-set dari graf terhubung G adalah himpunan sisi yang bila dibuang dari G menyebabkan G tidak terhubung. Jadi, cut-set selalu menghasilkan dua buah komponen. Pada graf di bawah, $\{(1,2), (1,5), (3,5), (3,4)\}$ adalah cut-set. Terdapat banyak cut-set pada sebuah graf terhubung. Himpunan $\{(1,2), (2,5)\}$ juga adalah cut-set, $\{(1,3), (1,5), (1,2)\}$ adalah cut-set, $\{(2,6)\}$ juga cut-set, tetapi $\{(1,2), (2,5), (4,5)\}$ bukan cut-set sebab himpunan bagiannya, $\{(1,2), (2,5)\}$ adalah cut-set.



Gambar 2.6. Cut-set. [1]

1. Graf Berbobot (Weighted Graph)

Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya diberi sebuah harga (bobot).



Gambar 2.7. Graf berbobot. [1]

D. Graf Khusus

Berikut beberapa graf khusus [1] :

a. Graf Lengkap (Complete Graph)

Graf lengkap ialah graf sederhana yang setiap simpulnya mempunyai sisi ke semua simpul lainnya. Graf lengkap dengan n buah simpul dilambangkan dengan K_n . Jumlah sisi pada graf lengkap yang terdiri dari n buah simpul adalah $n(n-1)/2$.

b. Graf Lingkaran

Graf lingkaran adalah graf sederhana yang setiap simpulnya berderajat dua. Graf lingkaran dengan n simpul dilambangkan dengan C_n .

c. Graf Teratur (Regular Graphs)

Graf yang setiap simpulnya mempunyai derajat yang sama disebut graf teratur. Apabila derajat setiap simpul adalah r , maka graf tersebut disebut sebagai graf teratur derajat r . Jumlah sisi pada graf teratur adalah $nr/2$.

III. REPRESENTASI *HAND GESTURES* PADA GRAF

A. Pembentukan Simpul Graf

Langkah pertama yang harus dilakukan sebelum menentukan titik-titik simpul pada sebuah gambar yang berisi postur tangan adalah dengan mengubah susunan warnanya menjadi *grayscale*. Gambar tangan yang warnanya sudah menjadi *grayscale*, kemudian akan dapat dilihat kedalaman objek pada gambar dengan mengacu pada gelap dan terang warna pada gambar. Dengan menggunakan teori *Harris corner detector*[2], akan mudah menentukan simpul-simpul yang menandakan bentuk dari postur tangan pada gambar. Contoh gambar postur tangan yang telah memiliki simpul berbobot adalah sebagai berikut.

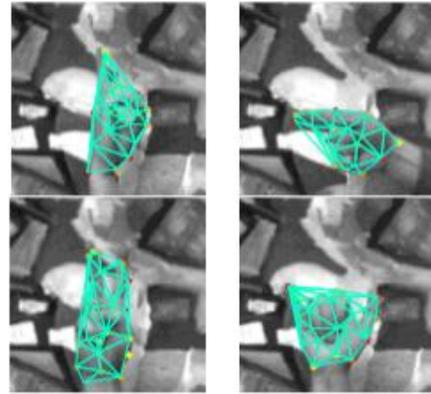
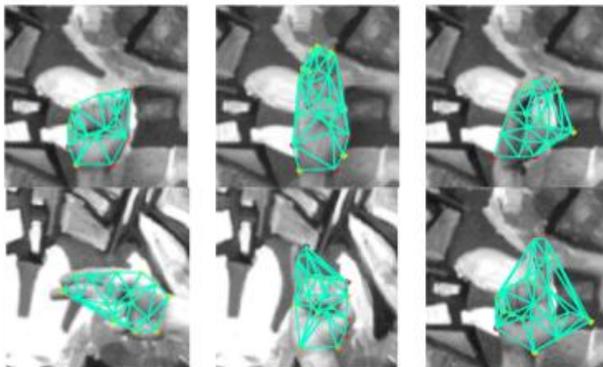


Gambar 3.1. Gambar tangan dalam *grayscale* yang sudah diberi simpul berbobot.[3]

Gambar diatas menunjukkan simpul-simpul berbobot yang terbentuk dari postur tangan yang sedang menggenggam. Bobot simpul-simpul tersebut berupa warna yang memiliki jangkauan dari warna kuning paling terang sampai warna merah gelap. Warna-warna yang lebih terang diberikan kepada simpul-simpul yang lebih dekat dengan *background* atau selain tangan, sementara warna-warna gelap diberikan pada simpul-simpul yang berada pada area tangan, dan menunjukkan lekukan-lekukan yang mendeskripsikan postur atau gerakan tangan. Warna-warna tersebut juga menunjukkan *hierarchy* atau tingkatan, dimana warna yang lebih gelap cenderung lebih penting dalam mendeskripsikan postur tangan disbanding warna yang lebih terang. [3]

B. Pembentukan Sisi Graf

Pembentukan sisi-sisi pada graf dilakukan dengan menghubungkan setiap simpul terluar dengan simpul di kanan dan di kirinya, yang nantinya simpul-simpul terluar akan membentuk upagraf lingkaran. Selanjutnya simpul-simpul pada area tangan dihubungkan dengan sisi-sisi dimana sisi tersebut harus mengikuti struktur dari postur tangan. Berikut contoh postur-postur tangan yang telah diproses menjadi graf.



Gambar 3.2. 10 sampel gambar *hand gesture* yang telah diproses menjadi graf. [3]

Garis-garis biru muda pada gambar diatas menunjukkan sisi-sisi graf yang terbentuk dari berbagai macam postur tangan yang berbeda. Sedangkan titik-titik berwarna merupakan simpul-simpul graf, seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya.

C. Penggunaan Graf untuk Mengendalikan Device

Dari penjelasan-penjelasan sebelumnya telah dapat diketahui cara untuk menentukan graf sesuai bentuk postur tangan dari gambar tangan. Untuk mengendalikan device menggunakan *hand gestures*, pertama harus ditentukan postur tangan seperti apa saja yang dapat dikenali, lalu perintah apa yang harus dijalankan sesudah input diterima. Kemudian dapat diambil data sampel berupa gambar tangan dengan postur-postur yang telah ditentukan, lalu kemudian data tersebut dapat diubah menjadi data graf, yang selanjutnya akan disimpan kedalam *database* yang akan menjadi acuan untuk dibandingkan dengan *input* dari pengguna nantinya. Dengan memasang sensor pada *device* yang dapat menangkap gambar dari tangan pengguna *device* tersebut lalu otomatis mengubahnya menjadi graf, maka graf yang didapat dari *input* pengguna dapat dibandingkan dengan data yang sudah ada, lalu dapat ditentukan apakah terdapat data yang cocok atau tidak. Bila terdapat data yang cocok, selanjutnya akan dijalankan perintah yang sesuai dengan *input* tersebut. Bila data tidak cocok, maka tidak akan terjadi apa-apa.

IV. KESIMPULAN

Graf dapat digunakan untuk merepresentasikan bentuk berbagai postur tangan, dimana data representasi graf tersebut dapat digunakan untuk mengenali gerakan tangan yang dibuat oleh manusia sehingga dapat digunakan untuk mengendalikan suatu *device*, sehingga memudahkan manusia untuk berinteraksi dengan suatu *device*. Hal ini juga dapat berguna untuk orang-orang yang memiliki keterbatasan dalam mobilisasi agar dapat mengendalikan beberapa benda dari jarak tertentu.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dan puji syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat-Nya sehingga makalah ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Ir. Rinaldi Munir, M.T dan Dra Harlili, M.Sc selaku dosen pengajar mata kuliah Matematika Diskrit atas segala bimbingan dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis. Selain itu penulis juga berterimakasih kepada semua sumber serta pihak yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan makalah ini. Semoga makalah ini dapat berguna bagi pembacanya.

REFERENSI

- [1] informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2015-2016/Graf%20(2015).ppt
- [2] C. Harris, M. Stephens, A combined corner and edge detector, Fourth Alvey Vision Conference, Manchester, UK (1988) pp. 147-151.
- [3] Yu-Ting Li, Juan P. Wachs, Recognizing Hand Gestures using the Weighted Elastic Graph Matching (WEGM) Method.

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



Muthmainnah, 13515059