

Pemanfaatan Graf pada Sistem Navigasi Satelit

Ricky Kennedy 13516105¹

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

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

¹13516105@std.stei.itb.ac.id, rickykennedy25@gmail.com

Abstract— *The common problem felt by the drivers of transport vehicles is to determine the route of travel effectively. One solution to solve this problem is to apply a weighted graph-theory to a satellite navigation system. Satellite navigation system technology is one of the answers to this problem. Technology of satellite navigation system or better known as GPS (global positioning system).*

Keywords— *effective travel path, Satellite navigation system technology, graph-weighted*

I. PENDAHULUAN

Pada zaman era globalisasi ilmu pengetahuan dan teknologi sangat berkembang pesat sehingga menawarkan kemudahan bagi manusia untuk menjalani aktivitasnya. Selain itu juga kebutuhan manusia akan informasi menyebabkan para ilmuwan untuk menemukan teknologi-teknologi yang dapat memenuhi akan kebutuhan-kebutuhan manusia tersebut. Kehadiran teknologi juga bertujuan untuk memberikan kemudahan dalam melakukan pekerjaan yang semula dengan cara manual kini menjadi lebih efektif dan efisien. Salah satu teknologi yang telah berkembang dan telah kita rasakan dalam waktu yang cukup lama adalah teknologi sistem navigasi satelit dan salah satu yang populer saat ini adalah GPS. GPS yang merupakan singkatan dari *Global Positioning System*.

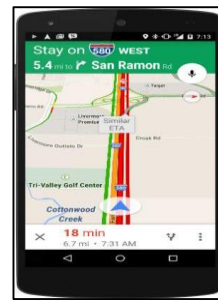
Permasalahan yang mendasar yang dialami oleh pengendara kendaraan adalah menentukan arah. Ada banyak orang yang memahami cara mengemudi namun tidak memahami jalur yang akan ditempuh terlebih lagi pada perjalanan jauh dan jalur yang belum pernah dilalui. Dan teknologi GPS merupakan salah satu jawaban dari permasalahan yang sering dialami oleh para pengendara kendaraan



Gambar 1.1 *Global System Position*

source: <https://explore.garmin.com/drive/content/images/Automotive-GPS-Navigation-Car-GPS-product-gallery-driveluxe-2-Garmin.png?v2>

Pada saat ini juga sudah terdapat banyak sekali GPS yang berbasis Android seperti Google Maps, Waze, HERE Wego, Scout GPS Navigation dan lain sebagainya dengan kelebihan yang ditawarkan oleh masing-masing aplikasi.



Gambar 1.2 *Global System Position* berbasis android

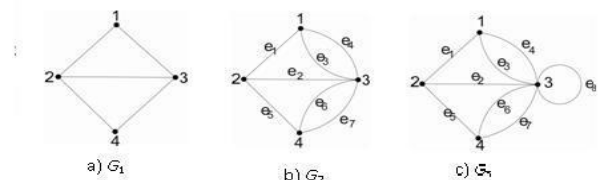
source:

<https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRj6ElygWdbaUjco31n5DPMO8C6jI-xr76DIUxNDPLq2wZS6yhI>

II. LANDASAN TEORI

2.1. PENGERTIAN GRAF

Graf adalah pasangan himpunan (V, E) yang dalam hal ini: V = himpunan tidak kosong dari simpul-simpul (vertices atau node) dan E = himpunan sisi (edges atau arcs) yang menghubungkan sepasang simpul. Dalam notasi matematika, graf dapat ditulis dengan $G = (V, E)$.



Gambar 2.1 a. Graf Sederhana b. Graf Ganda c. Graf Semu

Sebuah graf dimungkinkan tidak mempunyai sisi satu buah pun namun setiap simpulnya harus ada (minimal satu). Graf dapat dikelompokkan dalam beberapa kategori yaitu berdasarkan ada atau tidaknya sisi ganda, berdasarkan jumlah simpulnya, atau berdasarkan orientasi arah pada sisi.

2.2 JENIS-JENIS GRAF

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

1. Graf sederhana (*simple graph*). Graf yang tidak

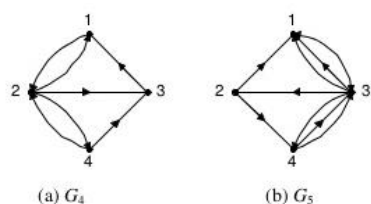
mengandung gelang maupun sisi-ganda dinamakan graf sederhana. G_1 pada Gambar 2.1 adalah contoh graf sederhana

2. Graf tak-sederhana (*unsimple-graph*). Graf yang mengandung sisi ganda atau gelang dinamakan graf tak-sederhana. 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. Graf tak-berarah (*undirected graph*) Graf yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah disebut graf tak-berarah. Tiga buah graf pada Gambar 2.1 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

2.3 Terminologi Graf

1. Ketetanggaan (*Adjacent*)

Dua buah simpul dikatakan bertetangga bila keduanya terhubung langsung.

2. Bersisian (*Incidency*)

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

3. Simpul Terpencil (*Isolated Vertex*)

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

4. Graf Kosong (*null graph atau empty graph*)

Graf yang himpunan sisinya merupakan himpunan kosong (N_n).

5. Derajat (*Degree*)

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

6. 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 $e_1 = (v_0, v_1), e_2 = (v_1, v_2), \dots, e_n = (v_{n-1}, v_n)$ adalah sisi-sisi dari graf G .

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

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

8. 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*).

9. 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 himpunan bagian dari V dan E_1 himpunan bagian dari 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. Komponen graf (connected component) adalah jumlah maksimum upagraf terhubung dalam graf G .

10. 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).

11. 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.

12. Graf Berbobot (*Weighted Graph*)

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

2.4 PENGERTIAN GPS

GPS adalah sistem navigasi yang menggunakan satelit yang didesain agar dapat menyediakan posisi secara instan, kecepatan dan informasi waktu di hampir semua tempat di muka bumi, setiap saat dan dalam kondisi cuaca apapun.

Sedangkan alat untuk menerima sinyal satelit yang dapat digunakan oleh pengguna secara umum dinamakan GPS Tracker atau GPS *Tracking*, dengan menggunakan alat ini maka dimungkinkan peggunnanya untuk dapat melacak posisi kendaraan, armada ataupun mobil dalam keadaan Real-Time.

2.5 Cara Kerja GPS

Bagian yang paling penting dalam sistem navigasi GPS adalah beberapa satelit yang berada di orbit bumi atau yang sering kita sebut di ruang angkasa. Satelit GPS saat ini berjumlah 24 unit yang semuanya dapat memancarkan sinyal ke bumi yang lalu dapat ditangkap oleh alat penerima sinyal tersebut atau GPS Tracker. Selain satelit terdapat 2 sistem lain yang saling berhubungan, sehingga jadilah 3 bagian penting dalam sistem GPS. Ketiga bagian tersebut terdiri dari: GPS *Control Segment* (Bagian Kontrol), GPS *Space Segment* (bagian angkasa), dan GPS *User Segment* (bagian pengguna).

2.5.1 GPS *Control Segment*

Control segment GPS terdiri dari lima stasiun yang berada di

pangkalan Falcon Air Force, Colorado Springs, Ascension Island, Hawaii, Diego Garcia dan Kwajalein. Kelima stasiun ini adalah mata dan telinga bagi GPS. Sinyal-sinyal dari satelit diterima oleh bagian kontrol, kemudian dikoreksi, dan dikirimkan kembali ke satelit. Data koreksi lokasi yang tepat dari satelit ini disebut data ephemeris, yang kemudian nantinya dikirimkan ke alat navigasi yang kita miliki.

2.5.2 GPS Space Segment

Space Segment adalah terdiri dari sebuah jaringan satelit yang terdiri dari beberapa satelit yang berada pada orbit lingkaran yang terdekat dengan tinggi nominal sekitar 20.183 km di atas permukaan bumi. Sinyal yang dipancarkan oleh seluruh satelit tersebut dapat menembus awan, plastik dan kaca, namun tidak bisa menembus benda padat seperti tembok dan rapatnya pepohonan. Terdapat 2 jenis gelombang yang hingga saat ini digunakan sebagai alat navigasi berbasis satelit. Masing-masingnya adalah gelombang L1 dan L2, dimana L1 berjalan pada frekuensi 1575.42 MHz yang bisa digunakan oleh masyarakat umum, dan L2 berjalan pada frekuensi 1227.6 Mhz dimana jenis ini hanya untuk kebutuhan militer saja.

2.5.3 GPS User Segment

User segment terdiri dari antena dan prosesor receiver yang menyediakan positioning, kecepatan dan ketepatan waktu ke pengguna. Bagian ini menerima data dari satelit-satelit melalui sinyal radio yang dikirimkan setelah mengalami koreksi oleh stasiun pengendali.

2.6 Fungsi dan Kegunaan GPS

Untuk apa tujuan Amerika Serikat membuat sistem GPS yang notabene telah memakan biaya sangat besar untuk biasa pembuatan, pengoperasian dan perawatan. Tentunya bukan tanpa manfaat, ada banyak manfaat yang bisa didapatkan dari sistem navigasi GPS bagi masyarakat seluruh dunia dan khususnya bagi pemerintah Amerika Serikat itu sendiri. Beberapa fungsi dan kegunaan GPS tersebut bisa dibagi kepada 5 poin, yaitu:

2.6.1 GPS untuk Militer

GPS dapat dimanfaatkan untuk mendukung sistem pertahanan militer. Lebih jauh dari itu bisa memantau pergerakan musuh saat terjadi peperangan, juga bisa menjadi penuntun arah jatuhnya bom sehingga bisa lebih tertarget.

2.6.2 GPS untuk Navigasi

Dalam kebutuhan berkendara sistem GPS pun sangat membantu, dengan adanya GPS Tracker terpasang pada kendaraan maka akan membuat perjalanan semakin nyaman karena arah dan tujuan jalan bisa diketahui setelah GPS mengirim posisi kendaraan kita yang diterjemahkan ke dalam bentuk peta digital.

2.6.3 GPS untuk Sistem Informasi Geografis

GPS sering juga digunakan untuk keperluan sistem informasi geografis, seperti untuk pembuatan peta, mengukur jarak perbatasan, atau bisa dijadikan sebagai referensi pengukuran suatu wilayah.

GPS untuk Sistem Pelacakan Kendaraan

Fungsi ini hampir sama dengan navigasi, jika dalam navigasi menggunakan perangkat penerima sinyal GPS berikut penampil titik koordinatnya dalam satu perangkat, sedangkan untuk kebutuhan sistem pelacakan adalah alat penampil dan penerima sinyal berbeda lokasi. Contohnya kita bisa mengetahui lokasi kendaraan yang hilang dengan melihat titik kordinat yang dihasilkan dari alat yang terpasang dalam kendaraan tersebut, untuk melihatnya bisa melalui media smartphone atau alat khusus lainnya.

2.6.4 GPS untuk Pemantau Gempa

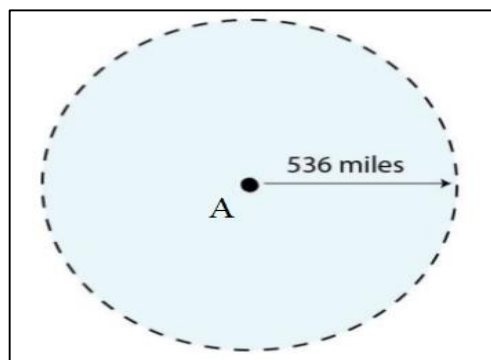
Saat ini teknologi GPS yang terus ditingkatkan menghasilkan tingkat ketelitian dan keakuratan yang sangat tinggi sehingga GPS dapat dimanfaatkan untuk memantau pergerakan tanah di bumi. Dengan hal itu maka para pakar Geologi dapat memperkirakan kemungkinan terjadinya gempa di suatu wilayah.

III. PENGUNAAN TEORI GRAF PADA GPS

3.1 Trilateration

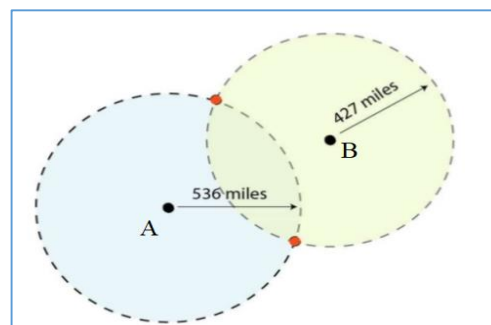
Anda dapat menemukan dapat menemukan suatu lokasi apabila anda mengetahui jarak lokasi dari tempat yang sudah anda ketahui.

Contohnya suatu ketika anda pergi mencari sebuah toko teletak 536 miles dari toko A ini dapat menjadi petunjuk tapi ini belum cukup karena toko tersebut berada pada setiap titik radius 536 miles dari toko A seperti pada gambar dibawah ini :



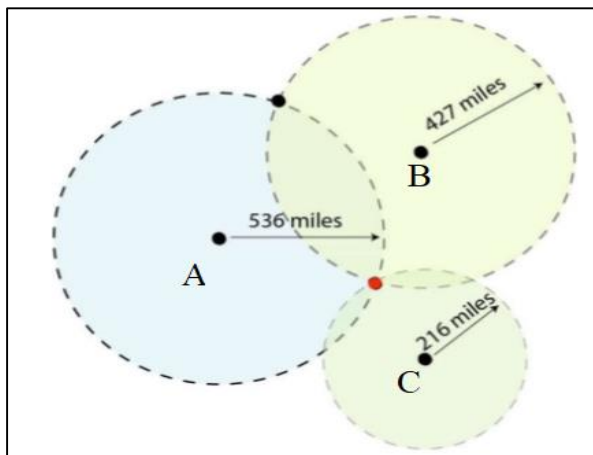
Gambar 3.1 Trilateration dengan satu petunjuk

Lalu anda mendapatkan petunjuk baru dari orang sekitar bahwa toko tersebut juga terletak 427 miles dari toko B sehingga dapat digambarkan seperti dibawah ini :



Gambar 3.2 Trilateration dengan dua petunjuk

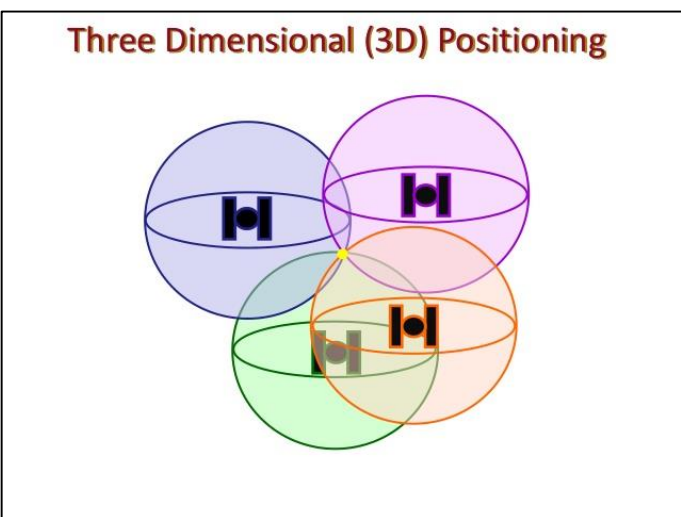
Dari kedua informasi tersebut kemungkinan letak toko dapat anda mempersempit menjadi dua buah kemungkinan yang ditandai dengan titik berwarna jingga. Jika apabila anda mendapatkan petunjuk lagi bahwa toko tersebut berjarak 216 miles dari toko C maka kita dapat menghapus salah satu kemungkinan yang ada dan menemukan letak toko yang ingin kita cari. Dan contoh penggambaran adalah sebagai berikut :



Gambar 3.3 Trilateration dengan tiga petunjuk

Konsep seperti inilah yang digunakan dalam alat navigasi untuk menentukan lokasi yang ingin kita cari atau pun lokasi kita secara real-time.

Penerapan konsep Trilateration pada alat navigasi seperti GPS pada umumnya diterapkan pada bidang 3 dimensi. Trilateration 3 dimensi tidak berbeda jauh dengan konsep 2 dimensi seperti diatas hanya saja lingkaran pada contoh diatas digantikan menjadi bola.



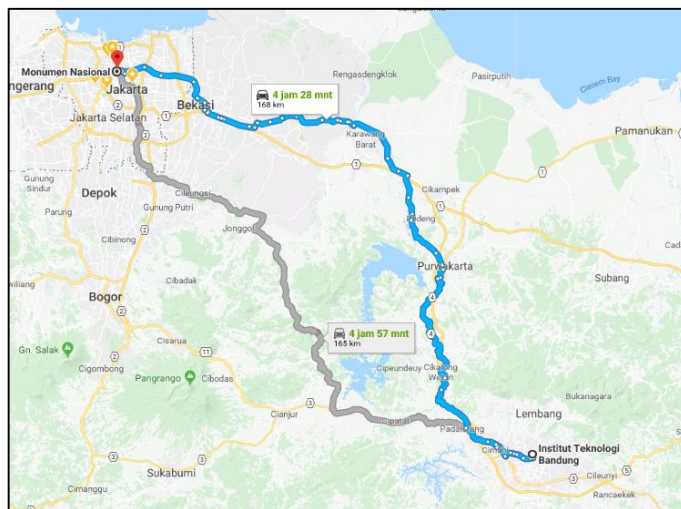
Gambar 3.4 Trilateration dalam gambaran 3dimensi

Petunjuk-petunjuk tersebut dapat digambarkan sebagai satelit yang dapat mengukur keakuratan suatu lokasi. Semakin banyak satelit yang digunakan dapat membuat perhitungan akan suatu lokasi menjadi lebih akurat. Oleh karena itu seperti contoh diatas sebuah alat navigasi perlu terhubung paling sedikit dengan 3

satelit sehingga dapat melakukan perhitungan yang akurat pada suatu posisi yang terletak dipermukaan bumi ini.

3.2 PENERAPAN KONSEP GRAF PADA GPS

Saat menggunakan GPS, setelah kita melakukan pemilihan tempat tujuan maka GPS akan memberikan jalur perjalanan kita. GPS akan memunculkan beberapa jalur pilihan untuk melakukan suatu perjalanan.



Gambar 3.5 Graf Pada GPS

source: <https://maps.google.com>

Pada gambar ini jalur digambarkan dengan garis berwarna biru. Disana terdapat titik yang dapat kita gambarkan menjadi simpul dari sebuah graf dan garis biru penghubung satu titik ketitik lainnya kita gambarkan sebagai sisi dari graf. Pada setiap sisinya memiliki bobot masing-masing seperti contoh Digambar perhitungan bobot adalah untuk mencari jarak terpendek sehingga GPS dapat menampilkan beberapa rute dengan perhitungan bobot terkecil atau dengan jarak yang pendek sehingga waktu yang dibutuhkan semakin sedikit untuk mencapai lokasi tujuan.

3.3 PENCARIAN JALUR TERPENDEK

Pencarian jarak terpendek sama saja seperti mencari sebuah jalur pada graf berbobot yaitu bertujuan untuk membentuk suatu jalur dari sebuah simpul kesimpul lainnya dengan meminimalkan jumlah bobot pembentuk jalur tersebut. Sehingga Jarak terpendek merupakan bagian dari teori graf.

Masalah dari mencari jarak terpendek antara dua persimpangan dari peta jalan (simpul graf yang berhubungan ke persimpangan dan ujung yang berhubungan ke segmen jalan, yang tiap-tiap nya diberi bobot oleh panjang dari segmen jalan) dapat dimodelkan dari kasus spesial dari masalah jarak terpendek dalam graf.

Terdapat 3 algoritma pencarian jalur terpendek yaitu Algoritma Bellman-Ford, Algoritma Dijkstra dan Algoritma Floyd-Warshall

3.3.1 Algoritma Bellman-Ford

Algoritme Bellman-Ford' menghitung jarak terpendek (dari

satu sumber) pada sebuah digraf berbobot. Maksudnya dari satu sumber ialah bahwa ia menghitung semua jarak terpendek yang berawal dari satu titik node. Algoritme Dijkstra dapat lebih cepat mencari hal yang sama dengan syarat tidak ada sisi (edge) yang berbobot negatif. Maka Algoritma Bellman-Ford hanya digunakan jika ada sisi berbobot negatif.

Algoritme Bellman-Ford menggunakan waktu sebesar $O(V.E)$, di mana V dan E adalah banyaknya sisi dan titik.

Dalam konteks ini, bobot ekivalen dengan jarak dalam sebuah sisi.

3.3.2 Algoritma Dijkstra

Penemu algoritma Dijkstra adalah seorang ilmuwan komputer bernama Edsger Dijkstra. Sebuah algoritma rakus ini digunakan untuk memecahkan permasalahan jarak terpendek pada sebuah graf berarah dengan bobot-bobot sisi yang bernilai tak-negatif.

Apabila simpul dari sebuah graf melambangkan kota-kota dan bobot sisi melambangkan jarak antara kota-kota tersebut, maka algoritme Dijkstra dapat digunakan untuk menemukan jarak terpendek antara dua kota.

Masukan pada algoritma ini adalah sebuah graf berarah yang berbobot G , sebuah S adalah sisi pada G dan V adalah himpunan semua simpul dalam graph G .

Setiap sisi dari graf ini adalah pasangan simpul (u,v) yang melambangkan hubungan dari simpul u ke simpul v . Himpunan semua tepi disebut E .

Bobot (weights) dari semua sisi dihitung dengan fungsi

$$w: E \rightarrow [0, \infty)$$

jadi $w(u,v)$ adalah jarak tak-negatif dari simpul u ke simpul v .

Harga dari sebuah sisi dapat dianggap sebagai jarak antara dua simpul, yaitu jumlah jarak semua sisi dalam jalur tersebut. Untuk sepasang sisi s dan t dalam V , algoritme ini menghitung jarak terpendek dari s ke t .

3.3.3 Algoritma Floyd-Wardhall

Algoritme Floyd-Warshall memiliki masukan graf berarah dan berbobot (V,E) , yang berupa daftar simpul V dan daftar sisi E . Jumlah bobot sisi-sisi pada sebuah jalur adalah bobot jalur tersebut. Sisi pada E diperbolehkan memiliki bobot negatif, akan tetapi tidak diperbolehkan memiliki sirkuit dengan bobot negatif. Algoritme ini menghitung bobot terkecil dari semua jalur yang menghubungkan sebuah pasangan titik, dan melakukannya sekaligus untuk semua pasangan titik. Algoritme ini berjalan dengan waktu $\Theta(|V|^3)$.

3.4. PSEUDOCODE

Impelmentasi dari beberapa penjelasan algoritma diatas adalah sebagai berikut :

3.4.1 Algoritma Bellman-Ford

```
// Definisi tipe data dalam graf
record titik {
  List sisi2
  real jarak
  titik sebelum
}
record sisi {
  titik dari
  titik ke
  real bobot
}

function BellmanFord(List semuaTitik, List semuaSisi, titik dari)
  // Argumennya ialah graf, dengan bentuk daftar titik
  // and sisi. Algoritme ini mengubah titik-titik dalam
  // semuaTitik sehingga atribut jarak dan sebelum
  // menyimpan jarak terpendek.

  // Persiapan
  for each titik v in semuaTitik:
    if v is dari then v.jarak = 0
    else v.jarak := tak-hingga
    v.sebelum := null

  // Perulangan relaksasi sisi
  for i from 1 to size(semuaTitik):
    for each sisi uv in semuaSisi:
      u := uv.dari
      v := uv.ke // uv adalah sisi dari u ke v
      if v.jarak > u.jarak + uv.bobot
        v.jarak := u.jarak + uv.bobot
        v.sebelum := u

  // Cari sirkuit berbobot(jarak) negatif
  for each sisi uv in semuaSisi:
    u := uv.dari
    v := uv.ke
    if v.jarak > u.jarak + uv.bobot
      error "Graph mengandung siklus berbobot total negatif"
```

Gambar 3.6 Pseudocode Algoritma Bellman-Ford

3.4.2 Algoritma Dijkstra

```
function Dijkstra(Graph, source):
  for each vertex v in Graph: // Initializations
    dist[v] := infinity; // Unknown distance function from
                          // source to v
    previous[v] := undefined; // Previous node in optimal path
  end for // from source

  dist[source] := 0; // Distance from source to source
  Q := the set of all nodes in Graph; // ALL nodes in the graph are
  // unoptimized - thus are in Q
  while Q is not empty: // The main loop
    u := vertex in Q with smallest distance in dist[]; // Start node in first case
    remove u from Q;
    if dist[u] = infinity:
      break; // all remaining vertices are
            // inaccessible from source
    end if

    for each neighbor v of u: // where v has not yet been
                              // removed from Q.
      alt := dist[u] + dist_between(u, v);
      if alt < dist[v]: // Relax (u,v,a)
        dist[v] := alt;
        previous[v] := u;
        decrease-key v in Q; // Reorder v in the Queue
      end if
    end for
  end while
  return dist;
```

Gambar 3.7 Pseudocode Algoritma Dijkstra

3.3.3 Algoritma Floyd-Wardhall

```
function fw(int[1..n,1..n] graph) {
  // Inisialisasi
  var int[1..n,1..n] jarak := graph
  var int[1..n,1..n] sebelum
  for i from 1 to n
    for j from 1 to n
      if jarak[i,j] < Tak-hingga
        sebelum[i,j] := i
  // Perulangan utama pada algoritme
  for k from 1 to n
    for i from 1 to n
      for j from 1 to n
        if jarak[i,j] > jarak[i,k] + jarak[k,j]
          jarak[i,j] = jarak[i,k] + jarak[k,j]
          sebelum[i,j] = sebelum[k,j]
  return jarak
}
```

V. KESIMPULAN

Penggunaan Graf dapat menyelesaikan banyak permasalahan dibumi ini. Salah satunya adalah untuk membantu manusia dalam melakukan pemilihan jalur perjalanan dengan baik terlebih lagi terhadap lokasi-lokasi jauh yang belum pernah dikunjungi sebelumnya sehingga penerapan graf pada teknologi sistem satelit navigasi. Dan salah satu pemodelan graf yaitu graf-berbobot berarah dapat dimanfaatkan untuk menentukan jalur terpendek antara dua buah kota

REFERENCES

- [1] Munir, Rinaldi. 2006. Diktat Kuliah IF2120 Matematika Diskrit (Edisi Keempat). Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [2] <http://www.mandalamaya.com/pengertian-gps-cara-kerja-gps-dan-fungsi-gps/> diakses pada 30 November 2017
- [3] <https://electronics.howstuffworks.com/gadgets/travel/gps1.htm> diakses pada 30 November 2017
- [4] https://id.wikipedia.org/wiki/Jarak_terpendek diakses pada 30 November 2017
- [5] https://id.wikipedia.org/wiki/Algoritma_Bellman-Ford diakses pada 1 Desember 2017
- [6] https://id.wikipedia.org/wiki/Algoritma_Dijkstra diakses pada 1 Desember 2017
- [7] https://id.wikipedia.org/wiki/Algoritma_Floyd-Warshall diakses pada 1 Desember 2017

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 2017



Ricky Kennedy
13516105