

Penerapan *Dynamic Programming* pada sistem GPS (Global Positioning System)

Christy Gunawan Simarmata - 13515110

Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
13515110@std.stei.itb.ac.id

Abstract—GPS (Global Positioning System) merupakan sistem penentuan posisi menggunakan bantuan satelit. Sistem ini dapat menentukan posisi seseorang secara realtime. Salah satu yang menerapkan sistem ini adalah sistem navigasi penunjuk jalan. Akan ada beberapa simbol yaitu node yang melambangkan setiap perempatan jalan, juga garis antar node yang melambangkan jalan lalu lintas. Sistem ini akan dapat menentukan jarak terpendek antara dua lokasi. Selain menentukan jarak terpendek, sistem ini juga dapat menunjukkan jalan terbaik yang harus ditempuh dari suatu lokasi ke lokasi lainnya. Penentuan jalan terbaik ini dapat menggunakan algoritma salah satunya *Dynamic Programming*.

Kata kunci: GPS, *Dynamic Programming*, algoritma

I. PENDAHULUAN

GPS (Global Positioning System) adalah system penentuan lokasi secara realtime di permukaan bumi dengan bantuan penyeragaman sinyal satelit. Sistem ini menggunakan 24 satelit yang mengirimkan sinyal gelombang mikro ke bumi secara real time. Sinyal ini nantinya akan ditangkap di permukaan bumi untuk menentukan letak, kecepatan, dan waktu.

Ada beberapa manfaat dari GPS. Beberapa manfaat diantaranya adalah keperluan perang, alat navigasi seperti kompas, membantu pembuatan peta, mengukur jarak antar perbatasan, referensi pengukuran, pelacak kendaraan, dan GPS dalam ketelitian tinggi dapat digunakan untuk memantau pergerakan tanah. Dalam keperluan perang, GPS digunakan untuk memantau pergerakan bom, posisi musuh dan pasukan berada. Dalam alat navigasi, GPS dipasangkan pada banyak kendaraan untuk memandu pengendara memilih jalur mana yang akan dilalui.

Global Positioning System sekarang memiliki banyak fitur seperti laporan lalulintas secara real time, melakukan prediksi terhadap data yang ada sekarang untuk menentukan konsisi beberapa saat berikutnya. Fitur ini yang dimanfaatkan dan dikembangkan menjadi penunjuk arah atau rute yang ketersampainnya bahkan dapat disampaikan dengan bahasa manusia. Sistem ini yang banyak diterapkan pada kendaraan, mobile phone yang digunakan untuk menentukan jalur terbaik pada pengguna dalam mengambil rute dari lokasi asal ke lokasi tujuan.

II. DASAR TEORI

2.1 *Global Positioning System (GPS)*

Global Positioning System (GPS) adalah suatu sistem navigasi atau penentu posisi berbasis satelit yang dikembangkan oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat (US DoD = United States Department of Defense). Sistem ini didesain untuk memberikan posisi dan informasi mengenai waktu, secara kontinyu di seluruh dunia tanpa tergantung waktu dan cuaca. Penentuan posisi GPS digambarkan dengan menggunakan nilai koordinat X dan Y atau garis bujur dan garis lintang. System ini digunakan untuk menentukan posisi pada permukaan bumi dengan bantuan sinkronisasi sinyal satelit. System ini menggunakan 24 satelit yang mengirimkan sinyal gelombang mikro ke bumi. Sinyal ini diterima oleh alat penerima yang ada di bumi, dan digunakan untuk menentukan posisi, kecepatan, arah, dan waktu. Ketelitian dari GPS dapat mencapai beberapa mm untuk ketelitian posisinya, beberapa cm/s untuk ketelitian kecepatannya dan beberapa nano detik untuk ketelitian waktunya. Prinsip penentuan posisi dengan GPS adalah dengan menggunakan metode reseksi jarak, dimana pengukuran jarak dilakukan secara simultan ke beberapa satelit yang telah diketahui koordinatnya. Pada pengukuran GPS, sedikitnya ada empat parameter yang harus ditentukan: yaitu 3 parameter koordinat X,Y,Z dan satu parameter kesalahan akibat ketidaksinkronan jam osilator antar satelit dengan jam di receiver GPS. GPS ini sudah banyak diaplikasikan pada beberapa alat baik itu gadget, navigation guide pada kendaraan, kompas elektronik dan lainnya.



2.2 Dynamic Programming

Program Dinamis (Dynamic Programming) adalah metode pemecahan masalah dengan cara menguraikan solusi dari persoalan menjadi sekumpulan langkah/tahap sedemikian sehingga solusi dari persoalan dapat dipandang dari sekumpulan keputusan yang saling berkaitan. Pada penyelesaian persoalan dengan metode ini terdapat beberapa kondisi:

1. Terdapat sejumlah berhingga pilihan yang mungkin
2. Solusi pada setiap tahap yang dibangun dari hasil solusi tahap sebelumnya.
3. Kita menggunakan persyaratan optimasi dan kendala untuk membatasi sejumlah pilihan yang harus dipertimbangkan pada suatu tahap.

Program dinamis harus memenuhi prinsip optimalitas, yaitu: jika solusi total optimal, maka bagian solusi sampai tahap ke- k juga optimal.

Beberapa elemen dari sebuah program dinamis adalah sebagai berikut:

1. Tahapan-tahapan (k) dengan $k \in \{1, 2, \dots, n\}$.
2. Variable keputusan x_1, x_2, \dots, x_n .
3. Fungsi ongkos untuk setiap tahap dengan definisi rekursif $f_n = c_n, n-1 + f_{n-1}$. Dengan f_i adalah ongkos dari pada tahap i dan c_a, b adalah dari tahap a ke tahap b .

Dalam penyelesaian persoalan, program dinamis memiliki dua jenis pendekatan:

1. Program dinamis maju, yaitu bergerak maju mulai dari tahap 1, terus maju ke tahap 2, 3, dan seterusnya sampai tahap n . Runtunan peubah keputusan adalah x_1, x_2, \dots, x_n . Jika solusi dari sebuah masalah dapat diformulasikan secara rekursif menggunakan solusi dari upa-masalah dan upa-masalah itu berulang maka kita dapat dengan mudah meletakkan setiap solusi kedalam sebuah table. Ketika kita mencoba menyelesaikan sebuah masalah baru, kita mencari ke table apakah solusi masalah tersebut sudah ada dalam table atau tidak. Jika belum ada, maka kita menyelesaikan upa-masalah tersebut dan meletakkan solusinya ke dalam table tersebut.
2. Program dinamis mundur, yaitu bergerak mundur mulai tahap n , terus mundur ke tahap $n-1$, $n-2$, dan seterusnya sampai tahap 1. Runtunan peubah keputusan adalah x_n, x_{n-1}, \dots, x_1 . Teknik ini mencoba menyelesaikan sebuah masalah dengan formulasi upa-masalahnya. Teknik ini memiliki konsep bahwa kita menyelesaikan upa-masalah terlebih dahulu dan menggunakan solusinya untuk menyelesaikan masalah yang lebih besar. ini juga digunakan untuk membangkitkan solusi masalah yang lebih besar lagi. Sebagai contoh, jika kita telah mengetahui solusi dari F41 dan F40 kita dapat menemukan dari nilai F42.

Pada praktiknya, terdapat dua jenis program dinamis ditinjau dari data pada persoalannya, yaitu:

1. Deterministic Dynamic Programming, yaitu program dinamis untuk menyelesaikan persoalan dengan fungsi ongkos yang terdefinisi dengan jelas dan pasti untuk setiap aksi yang dipilih untuk suatu variabel keputusan.

2. Stochastic Dynamic Programming, yaitu program dinamis untuk menyelesaikan persoalan dengan fungsi ongkos yang memiliki ketidakpastian nilai untuk setiap aksi yang dipilih untuk suatu variabel keputusan. Dalam hal ini, terdapat daftar kemungkinan nilai dan probabilitas untuk nilai tersebut.

Tahap penyelesaian masalah dengan dynamic programming ialah sebagai berikut :

1. Persoalan dapat dibagi menjadi beberapa tahap (stage), yang pada setiap tahap hanya diambil satu keputusan.
2. Masing-masing tahap terdiri dari sejumlah status (state) yang berhubungan dengan tahap tersebut. Secara umum, status merupakan bermacam kemungkinan masukan yang ada pada tahap tersebut.
3. Hasil dari keputusan yang diambil pada setiap tahap ditransformasikan dari status yang bersangkutan ke status berikutnya pada tahap berikutnya.
4. Ongkos (cost) pada suatu tahap meningkat secara teratur (steadily) dengan bertambahnya jumlah tahapan.
5. Ongkos pada suatu tahap bergantung pada ongkos tahap-tahap yang sudah berjalan dan ongkos pada tahap tersebut.
6. Keputusan terbaik pada suatu tahap bersifat independen terhadap keputusan yang dilakukan pada tahap sebelumnya.
7. Adanya hubungan rekursif yang mengidentifikasi keputusan terbaik untuk setiap status pada tahap k memberikan keputusan terbaik untuk setiap status pada tahap $k + 1$.
8. Prinsip optimalitas berlaku pada persoalan tersebut.

III. PENYELESAIAN MASALAH

3.1 Analisis Masalah

Zaman sekarang penyampaian sebuah informasi maupun komunikasi itu sendiri merupakan salah satu aspek yang sangat penting untuk diperhatikan. Salah satu faktor adalah bagaimana akses mobilitas dari satu tempat ke tempat lain. Itulah sebabnya dilakukan pembangunan jalur transportasi dimana mana.

Namun pertumbuhan jalur transportasi dan jalan raya tersebut juga diimbangi dengan semakin banyaknya kendaraan yang melaju di jalanan. Bahkan sekarang banyaknya jalan raya yang tersedia tidak dapat mengimbangi banyaknya kendaraan. Kondisi seperti ini yang mengakibatkan padatnya lalu lintas, dan otomatis kemacetan lalu lintas tidak dapat di hindari. Dibawah ini merupakan kemacetan lalu lintas di kota Jakarta.



Gambar 3.1 Kemacetan kota Jakarta

Oleh sebab itu, masyarakat sekarang membutuhkan bantuan GPS (Global Positioning System). Dengan bantuan GPS, masyarakat bisa memantau traffic lalu lintas, mencari jalan terbaik ke tujuan sehingga berpotensi besar dapat mengurangi kemacetan lalu lintas.

Namun penggunaan dari Global Positioning System ini juga masih ada kekurangan dan kelemahan diantaranya adalah

1. Tidak semua trayek lalu lintas tercatat atau tersimpan pada database yang digunakan oleh GPS.
2. Terkadang ada perubahan pada lalu lintas yang tidak tersimpan pada database yang digunakan GPS sehingga rawan kesalahan saat penentuan jalur rute terbaik, dan juga salah penentuan lokasi saat ini.
3. Pengguna sulit memberikan perintah kepada GPS terutama saat sedang mengendarai kendaraan, karena hingga sekarang GPS belum dilengkapi dengan fitur Human Recognition System. Ini dapat membahayakan pengguna yang mengendarai kendaraan sambil menggunakan GPS.
4. GPS terkadang tidak memberikan rute terbaik untuk mencapai suatu lokasi, namun hanya memberikan rute yang dapat dilalui oleh si pengguna.
5. Pengguna terkadang kesulitan dalam mendapatkan signal. Akibatnya rute maupun lokasi yang diberikan oleh GPS tidak akurat, sehingga menyebabkan kesalahan pada navigasi dan informasi yang diterima oleh pengguna.



Gambar 3.2 Mengendarai sambil menggunakan GPS

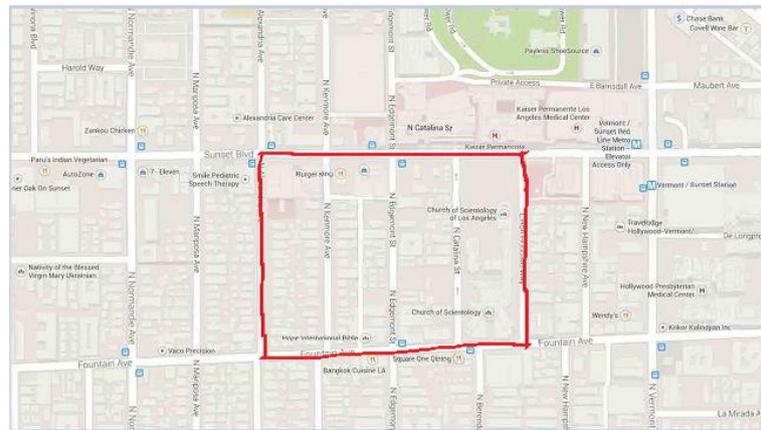
3.2 GPS dengan Dynamic Programming

Banyak aspek yang memengaruhi dan berimplikasi dalam GPS menentukan lokasi dan navigasi. Diantaranya adalah

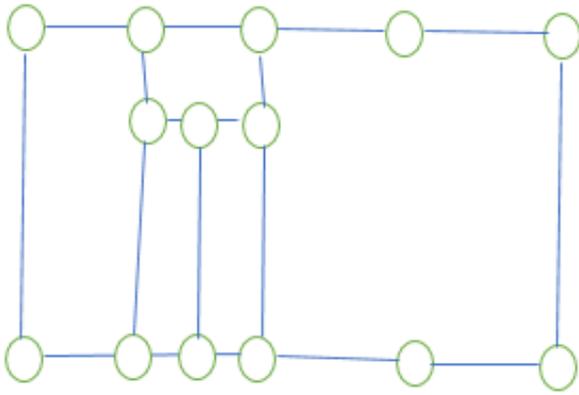
1. Jalur terpendek
2. Kondisi lalu lintas (lingkungan sekitar)
3. Kondisi jalan raya
4. Signal
5. dll.

Namun kali ini hanya akan dibahas mengenai rute terpendek, dikarenakan faktor lain dipengaruhi oleh faktor eksternal yang diluar cakupan dari pokok bahasan diawal. Dan akibat faktor lain tersebut juga tidak dapat kita prediksi dengan sebuah algoritma, berbeda halnya dengan jalur terpendek yang dapat kita analisis melalui sebuah algoritma.

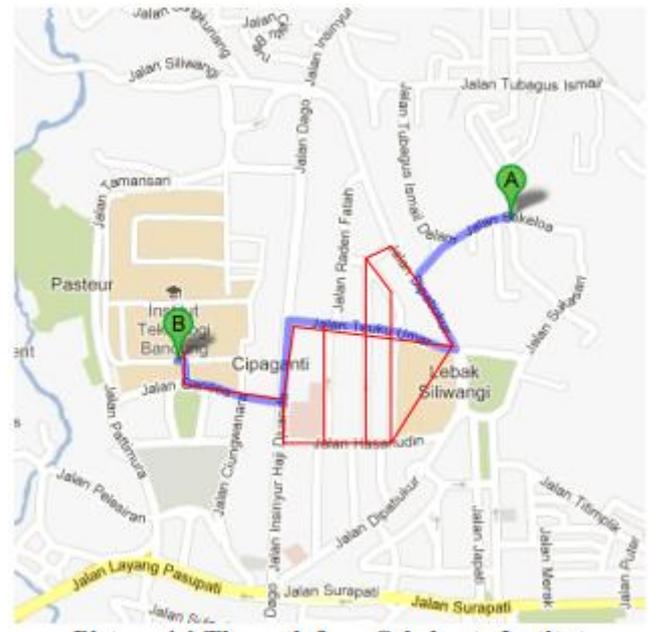
Masalah penunjukan rute terbaik pada sistem navigasi dapat kita analogikan menggunakan graf berarah yang memiliki bobot. Graf berarah disini dimaksudkan bahwa ada jalan yang memiliki lajur dua arah dan ada lajur yang memiliki satu arah. Bobot disini adalah jarak tempuh antar simpul serta beberapa variable tambahan seperti tingkat kemacetan dan variable-variable lain yang mempengaruhi kecepatan perjalanan. Bobot-bobot ini dapat berubah secara realtime tergantung pada keadaan jalanan saat itu. Misal pada suatu saat terjadi kemacetan panjang di suatu jalan maka bobot jalan tersebut akan bertambah. Atau misalkan terdapat kecelakaan sehingga jalan tersebut ditutup akan menyebabkan hilangnya jalur dari satu simpul ke simpul lainnya. Sangat dinamisnya perubahan bobot dan rangkaian antar node menyebabkan perubahan hubungan ketetangaan dan penentuan rute terbaik akan sangat sering berubah tergantung waktu dan keadaan yang ada di jalanan. Berikut ini merupakan contoh bagaimana sebuah peta dianalogikan menjadi sebuah graf



Gambar 3.3 Peta dari Google Maps



Gambar 3.4 Translasi Map ke Graph

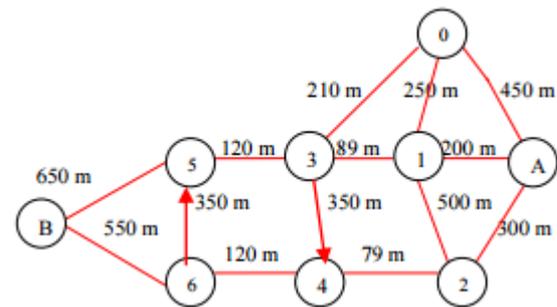


Gambar 3.5 Peta Lokasi sekitar ITB

3.3 Pemecahan Masalah dengan Dynamic Programming

Pada gambar diatas graph yang kita buat sebagai representasi dari jalur lalu lintas merupakan graph tidak berarah. Hal itu dikarenakan sampel peta yang kita ambil secara random merupakan jalan dua arah atau bolak-balik. Sedangkan jika peta yang kita mau representasikan merupakan jalan satu arah maka graph yang kita gunakan adalah graph berarah dan harus dilengkapi dengan bobotnya masing-masing

Seperti yang telah dibahas diatas bahwa perubahan pada tabel ketetanggaan serta perubahan bobot antara satu simpul dengan simpul yang lain akan sangat sering mengalami perubahan. Penentuan jalur terbaik dengan membangun matriks ketetanggaan kembali lalu mencari jalur terbaik seperti yang dilakukan pada algoritma Dijkstra akan sangat memakan waktu dan kurang optimal dalam penyelesaiannya. Oleh sebab itu penggunaan Dynamic Programming dalam pemecahan masalah ini merupakan solusi yang lumayan optimum. embantu penyelesaian masalah ini. Prinsip penyelesaian masalah dengan menggunakan dynamic programming adalah dengan menyelesaikan suatu masalah yang besar menjadi masalah-masalah yang kecil. Salah satu prinsip yang dapat kita gunakan adalah prinsip optimalitas yang menyatakan jika solusi total optimal maka bagian solusi sampai tahap ke-k juga optimal. Dengan prinsip ini dapat dijamin bahwa pengambilan keputusan pada suatu tahap adalah keputusan yang benar untuk tahap-tahap selanjutnya. Perhatikan kasus dibawah ini dimana kita akan mencari jalur terpendek dari Jalan Sekeloa menuju ITB.



Gambar 3.6 Graph berarah dari Gambar 3.5 (Data diambil dari Google maps)

Perhatikan pada bahwa pada gambar diatas graph yang kita gunakan adalah graph berarah dengan masing masing bobot pada sisi graphnya. Sisi yang tidak dilengkapi dengan arah tanda panah berarti bisa dilalui dengan kedua arah. Tujuan dari graph tersebut adalah mencari rute terpendek dari titik A ke titik B.

Berikutnya akan kita buat tabel yang berisi jarak untuk masing masing simpul.

	A	0	1	2	3	4	5	6	B
A	-	450	200	300	-	-	-	-	-
0	450	-	250	-	210	-	-	-	-
1	200	250	-	500	89	-	-	-	-
2	300	-	500	-	-	79	-	-	-
3	-	210	89	-	-	350	120	-	-
4	-	-	-	79	-	-	-	120	-
5	-	-	-	-	120	-	-	-	650
6	-	-	-	-	-	120	350	-	550
B	-	-	-	-	-	-	650	550	-

Tabel 3.1 Tabel jarak antar setiap simpul.

Perhatikan pada tabel diatas, angka tersebut berarti jarak antar dua simpul, sebagai contoh jarak antara simpul 6 dan 5 jika bergerak dari simpul 6 menuju simpul 5 adalah 350 m, sedangkan kita perhatikan jika bergerak dari arah sebaliknya tidak ada jalan yang dapat dilalui.

Sekarang kita akan menggunakan pendekatan program dinamis secara mundur. Pendekatan ini adalah menyelesaikan subproblemnya terlebih dahulu. Dengan menyelesaikan subproblem nya terlebih dahulu kita tidak perlu menyimpan rute pembagian dari masalah induk menjadi subproblem. Akibatnya adalah ketika subproblem terselesaikan, solusi optimum dikembalikan ke masalah induk sebelum subproblemnya. Sekarang kita bagi masalah tersebut dengan pendekatan mundur.

s	Optimum Solution	
	f1(s) (m)	x1
0	450	A
1	200	A
2	300	A

Tabel 3.2 Dynamic Programming Tahap 1

X1 merupakan node, f1(s) adalah jarak antara s dan A dalam satuan meter.

x2	f2(x2,s)			Optimal Solution	
s	0	1	2	f2(s)	x2
0	-	450	-	450	1
1	700	-	800	700	0
2	-	700	-	700	1
3	660	289	-	289	1
4	-	-	379	379	2

Tabel 3.3 Dynamic Programming Tahap 2

x2	f3(x3,s)					Optimal Solution	
s	0	1	2	3	4	f3(s)	x3
3	660	289	-	-	-	289	1
4	-	-	379	350	-	350	3
5	-	-	-	409	-	409	3
6	-	-	-	-	499	499	4

Tabel 3.4 Dynamic Programming Tahap 3

x4	f4(x4,s)		Optimal Solution	
s	5	6	f4(s)	x4
B	1059	1049	1049	6

Tabel 3.5 Dynamic Programming Tahap 4

Kita lihat bahwa persoalan dapat diselesaikan dengan membagi persoalan menjadi subproblem sebanyak 4 kali. 1049 meter adalah jarak terpendek optimum yang dapat kita peroleh sebagai solusinya. Adapun rute yang dilalui dengan jarak 1049 meter adalah sebagai berikut.



Gambar 3.7 Rute terbaik

Jika kita perhatikan kita bisa tempuh rute lain dengan jarak hanya terpaut 10 meter yaitu jarak total 1059 meter. Adapun rute yang dilaluinya adalah sebagai berikut



Gambar 3.8 Rute kedua terbaik

Dari opsi-opsi jalur yang ada, algoritma ini lalu memilih nilai yang paling minimum yang dapat diperoleh dari kumpulan opsi-opsi yang ada secara rekursif. Dengan kata lain algoritma ini memilih nilai minimum dari nilai-nilai minimum yang ada berdasarkan variable-variabel yang telah disebutkan sebelumnya. Oleh karena itu, dengan menggunakan dynamic programming diharapkan penunjukan jalur terbaik dapat diperoleh dengan waktu yang singkat dan ketepatan yang maksimal.

IV. IMPLEMENTASI

Untuk pengimplementasian di lapangan, algoritma pembentuk table dan algoritma pencarian jalur terbaik sebaiknya dilakukan oleh dua computer yang berbeda dan memiliki spesifikasi yang berbeda pula tentunya. Hal ini perlu dilakukan agar perhitungan pencarian jalur terbaik tidak akan dihambat oleh pembentukan table yang terupdate tiap waktu. Oleh karena itu diperlukan sinkronisasi yang baik antara computer yang mengerjakan algoritma pembentukan table dan algoritma penentuan jalur terbaik. Pada alat-alat yang

menerapkan sistem navigasi ini, terkadang alat yang terpasang pada kendaraan bermotor ini, juga sebagai alat untuk menjalankan algoritma penentuan jalur terbaik ini. Selain menjalankan algoritma, alat ini juga berfungsi menjalankan antar muka yang baik, menampilkan peta serta jalur-jalur yang harus diambil jika ingin menuju ke suatu tujuan.

V. KESIMPULAN

Penggunaan algoritma dynamic programming pada pengimplementasian GPS diharapkan dapat memberikan hasil yang cukup baik pada penunjukan jalur terbaik sesuai dengan harapan pengguna kendaraan. Dengan adanya algoritma ini, diharapkan para pengguna kendaraan dapat menghindari kemacetan serta tidak menghabiskan waktu untuk berlama-lama di jalan baik karena macet ataupun karena tersesat. Penggunaan algoritma ini harus didukung dengan sistem pengambilan data yang baik sehingga mampu memberikan informasi kepada alat pengambil keputusan penentuan jalur terbaik yang terbaru secara real time langsung dari lapangan.

VI. DAFTAR REFERENSI

- [1] Munir,Rinaldi, “Diktat Kuliah IF3051 Strategi Algoritma” Program Studi Teknik Informatika,Sekolah Tinggi Teknik Informatika,Institut Teknologi Bandung,2010

- [2] http://www.streetdirectory.com/travel_guide/12012/gps_vehicle_tracking/the_benefit_of_a_gps_system.html
- [3] http://maps.google.co.id/maps/myplaces?vpsrc=1&ctz=-420&abauth=1f794c4a:xt2wYbrY2t4IT1mePaOtwO4kQ_o&vps=1&ei=OFHhTp6CDc-s_Abr5e2LAW&num=10
- [4] http://www.me.utexas.edu/~jensen/ORMM/methods/unit/network/subunits/mst_spt/index.html

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, 18 Mei 2017



Christy Gunawan Simarmata - 13515110