

Research Article

Pencarian Rute Terpendek Menggunakan Algoritma Dijkstra dan Astar (A*) pada SIG Berbasis Web untuk Pemetaan Pariwisata Kota SawahluntoDiana Okta Pugas¹, Maman Somantri², Kodrat Iman Satoto²

1. Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

2. Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

Abstract

Geographic information systems related to the position of objects in the earth's surface such as the position of the attractions that are connected with roads. Streets that are interconnected to form a complex network. Usually people use our manual to find the shortest route of an object toward a particular object but it is less than optimal because it requires precision and a long time. The shortest route search problem has been solved by several algorithms such as Dijkstra's algorithm, Astar, Floyd Warshall, Ant Colony and others. Based on this final task is to discuss the implementation of the shortest route to the geographic information system of tourism in a city using the distance parameter. City to be addressed is Sawahlunto has 12 attractions that are connected with road network. Shortest path search algorithm used is Dijkstra's and Astar algorithm. Geographic information system of tourism is displayed in a web form, with the programming language PHP, database PostgreSQL and support PostGIS and pgRouting. Based on the testing of these applications can provide the shortest route along the travel distance to and from 12 tourist sites in Sawahlunto. Astar algorithm is faster in the process of finding the shortest route instead of Dijkstra's algorithm with an average gap of 40 ms. Application also provides information supporting the tourism profile information, attractions, culture, and contacts.

Keyword : *shortest path, Dijkstra algorithm, Astar algorithm, geographic information system***I. PENDAHULUAN****1.1 Latar Belakang**

Teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) telah berkembang pesat. SIG dibuat dengan menggunakan informasi yang berasal dari pengolahan sejumlah data, yaitu data geografis atau data yang berkaitan dengan posisi objek di permukaan bumi.

Teknologi SIG mengintegrasikan operasi pengolahan data berbasis *database* yang biasa digunakan saat ini, seperti pengambilan data berdasarkan kebutuhan, analisis statistik dengan menggunakan visualisasi yang khas serta berbagai keuntungan yang mampu ditawarkan analisis geografis melalui gambar-gambar petanya. SIG juga dapat memberikan penjelasan tentang suatu peristiwa, membuat peramalan kejadian, dan perencanaan strategis lainnya serta dapat membantu menganalisis permasalahan umum seperti masalah ekonomi, penduduk, sosial pemerintahan, pertahanan serta bidang pariwisata.

Sektor wisata yang beragam dengan keunikannya dan didukung dengan fasilitas serta sarana transportasi yang tersedia di kawasan wisata dapat memberikan *income* pemerintah yang sangat besar. Pemerintah Kota Sawahlunto telah melakukan promosi melalui media masa seperti surat kabar dan pamflet. Namun metode tersebut belum cukup untuk menginformasikan kepariwisataan secara meluas kepada wisatawan di luar daerah. Oleh karena itu melalui perancangan dan pembuatan SIG pariwisata diharapkan dapat menampilkan gambaran peta wisata Kota Sawahlunto sehingga lebih menarik dan dapat dinikmati oleh masyarakat luas.

Fokus penelitian ini adalah mengembangkan fasilitas web pariwisata Kota Sawahlunto dengan menambahkan

informasi rute terpendek wisatawan menuju objek wisata tertentu yang ada di Kota Sawahlunto.

1.2 Tujuan Penelitian

Pembuatan aplikasi pencarian rute terpendek pada SIG berbasis *web* ini bertujuan untuk mengembangkan SIG dengan visualisasi data spasial yang berisi informasi letak objek-objek wisata, fasilitas penunjang wisata, budaya serta fasilitas pencarian rute terpendek dengan menggunakan algoritma Dijkstra dan Astar yang disajikan secara jelas kepada masyarakat sebagai promosi wisata Kota Sawahlunto.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini menekankan pada pengembangan sistem informasi pariwisata Kota Sawahlunto berbasis web yang mencakup beberapa hal, sebagai berikut:

1. Perancangan sistem dilakukan dengan menggunakan MS4W (*MapServer for Windows*), bahasa pemrograman PHP serta basisdata PostgreSQL dengan bantuan PostGIS dan pgRouting.
2. Menggunakan algoritma Dijkstra dan A star untuk pencarian rute terpendek.
3. Visualisasi peta dilengkapi dengan fasilitas *zooming* (perbesaran gambar) dan *zoomout* (memperkecil gambar).
4. Terdapat fasilitas yang dapat menangani penambahan, pengurangan, dan perubahan pada objek pemetaan serta pada fasilitas lain yang ada pada web.
5. Sistem menyediakan informasi jarak antar objek dan pencarian objek pemetaan melalui *form* pemilihan objek.
6. Peta geografis jalan yang digunakan adalah jalan-jalan utama, tidak termasuk jalan-jalan kecil atau gang.

7. Sistem ini belum memperhatikan kondisi riil jalan di Kota Sawahlunto, semua jalan dianggap jalan dua arah dan tidak memperhatikan aturan jalan.
8. Jika terjadi pemekaran wilayah, sistem tidak dapat menangani permasalahan tersebut.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Informasi Geografis

Sistem informasi geografis adalah bentuk sistem informasi yang menyajikan informasi dalam bentuk grafis dengan menggunakan peta sebagai antar muka. SIG tersusun atas konsep beberapa lapisan (*layer*) dan relasi^[1].

Dengan SIG kita akan dimudahkan dalam melihat fenomena kebumihantian dengan perspektif yang lebih baik. SIG mampu mengakomodasi penyimpanan, pemrosesan, dan penayangan data spasial digital bahkan integrasi data yang beragam, mulai dari citra satelit, foto udara, peta analog bahkan data statistik.

2.2 Algoritma Dijkstra

Algoritma Dijkstra dinamai sesuai dengan nama penemunya yaitu Edsger Dijkstra. Algoritma Dijkstra menggunakan prinsip *greedy*, dimana pada setiap langkah dipilih sisi dengan bobot minimum yang menghubungkan sebuah simpul yang sudah terpilih dengan simpul lain yang belum terpilih^[8].

Input algoritma ini adalah sebuah graf berarah dan berbobot, G dan sebuah *source* vertex s dalam G . V adalah himpunan semua simpul dalam *graph* G . Setiap sisi dari *graph* ini adalah pasangan *vertices* (u,v) yang melambangkan hubungan dari *vertex* u ke *vertex* v . Himpunan semua *edge* disebut E . *Weights* dari *edges* dihitung dengan fungsi $w: E \rightarrow [0, \infty]$; jadi $w(u,v)$ adalah jarak non-negatif dari *vertex* u ke *vertex* v . *Cost* dari sebuah *edge* dapat dianggap sebagai jarak antara dua *vertex*, yaitu jumlah jarak semua *edge* dalam *path* tersebut. Untuk sepasang *vertex* s dan t dalam V , algoritma ini menghitung jarak terpendek dari s ke t .

2.3 Algoritma A Star

A* diperkenalkan oleh Peter Hart, Nils Nilsson dan Bertram Raphael pertama kali pada tahun 1968 dengan menggunakan *heuristic*^[3]. Algoritma A* merupakan format pencarian heuristik untuk menghitung efisiensi solusi optimal.

Algoritma A* adalah algoritma *best-first search* dimana *cost* yang terkait dengan *node* adalah $f(n) = g(n) + h(n)$, dan $g(n)$ adalah *cost of the path* dari keadaan awal ke *node* n dan $h(n)$ adalah perkiraan heuristik atau *cost* atau *path* dari *node* n ke tujuan. Jadi, $f(n)$ adalah perkiraan total *cost* terendah dari setiap *path* yang akan dilalui *node* n ke *node* tujuan^[13]. Dengan kata lain, *cost* adalah jarak yang telah ditempuh, dan panjang garis lurus antara *node* n dengan *node* akhir adalah perkiraan heuristiknya. Semakin rendah nilai $f(n)$, semakin tinggi prioritasnya.

2.4 PostgreSQL

PostgreSQL adalah sebuah *Object-Relational Database Management System* (ORDBMS) bersifat *open source* yang mendukung bahasa pemrograman C, C++, Java, Tcl, Perl, Python, PHP, dsb. Berdasarkan kutipan di situs resminya, PostgreSQL mampu menampung objek data *binary* yang sangat besar seperti gambar atau foto, suara atau lagu, bahkan video.

2.5 PostGIS

Secara *default*, PostgreSQL merupakan Sistem *Database* Teksual. [PostGIS](#) lah yang berfungsi untuk menambahkan fungsi objek geometri (Geo-Object) pada PostgreSQL sebagai Sistem *Database* Spasial. PostGIS juga merupakan produk dari hasil proyek *open source* yang gratis dan dapat digunakan dalam kegiatan non-profit maupun komersial.

2.6 pgRouting

[pgRouting](#) merupakan proyek *open source* dari PostLBS untuk menambahkan fungsi *routing* (penghitungan jarak terpendek dari data *polyline*) pada PostGIS berdasarkan bahasa prosedural PG/PLSQL. PostLBS memperkuat [pgRouting](#) ini dengan metoda Dijkstra, A* (A-star), Shooting Star, TSP (*Travelling Sales Person*) dan DDC (*Driving Distance Calculation*) untuk membedakan jalur yang dapat ditempuh oleh kendaraan ataupun jalan kaki, sama seperti opsi yang terdapat pada *routing* Google Maps/ Earth^[6].

2.7 Mapserver

MapServer (<http://mapserver.gis.umn.edu>) adalah aplikasi *freeware* dan *open source* yang memungkinkan kita menampilkan data spasial (peta) di web. Aplikasi ini pertama kali dikembangkan di Universitas Minnesota, Amerika Serikat untuk proyek ForNet (sebuah proyek untuk manajemen sumber daya alam) yang disponsori NASA (National Aeronautics and Space Administration).

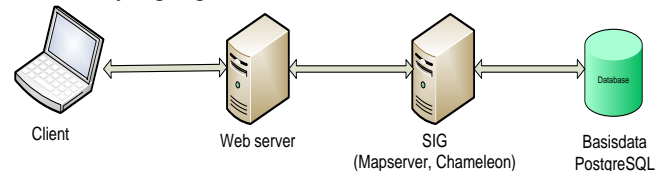
2.8 Chameleon

Chameleon merupakan salah satu *framework* atau *tool* yang dapat digunakan untuk membangun aplikasi pemetaan SIG yang berbasis layanan web^[11]. Teknologi Chameleon terbagi atas tiga komponen utama yaitu CWC (*chameleon web-mapping components*), Chameleon server dan MapServer. Ketiga komponen ini memungkinkan pengguna Chameleon bekerja dengan lebih mudah. Jika fungsionalitas yang dibutuhkan telah tersedia dalam CWC, maka aplikasi *web-mapping* dapat dengan cepat dibangun, didistribusikan dan kemudian dimodifikasi.

III. ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

3.1 Arsitektur Sistem

Perangkat lunak yang dirancang berbasis web dan arsitektur yang digunakan sistem ini adalah *client server*.



Gambar 1. Arsitektur sistem

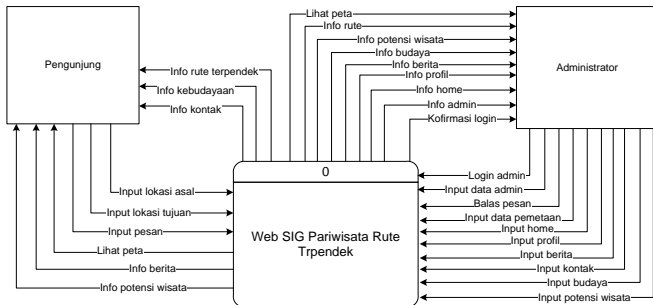
Sumber data spasial berupa peta analog yang di-digitasi menggunakan *software* ArcView 3.3 menghasilkan data dengan format *.shp* kemudian dikonversi ke bentuk SQL menggunakan aplikasi *shp2sql data loader* yang sudah terintegrasi pada aplikasi PostgreSQL/PostGIS. Hasil dari konversi tersebut disimpan dalam basisdata, selain data spasial juga dibutuhkan data non-spasial. Basisdata spasial dan non-spasial diolah menjadi sistem informasi geografis yang selanjutnya ditampilkan kepada pengunjung. Visualisasi peta dibangun dengan menggunakan paket Ms4w (*Mapserver for Windows*) dan menggunakan bantuan *framework* Chameleon.

3.4 Perancangan

1. Perancangan Proses

Perancangan proses menggambarkan proses-proses yang ada pada sistem informasi geografis yang akan dibangun. Melalui observasi terdapat 3 entitas utama yang terkait pada system yaitu admin, user dan pengunjung.

Dari proses di atas dapat diketahui kesatuan luar sistem, data masukan, dan data keluaran, yang dapat dilihat pada DAD level konteks di bawah ini.



Gambar 2. DAD level konteks

2. Perancangan Basisdata

Basisdata adalah kumpulan file-file yang saling berelasi, yang merupakan media penyimpanan data yang digunakan untuk menghasilkan informasi. Pada sistem informasi ini ada beberapa tabel yang digunakan khususnya untuk pencarian rute terpendek yaitu tabel geometry_columns, tbjalan, tbobjek, obyekwisata, kecamatan, dijkstra_result dan astar_result.

3. Perancangan Antarmuka

Yang difokuskan disini adalah perancangan antar muka untuk keperluan pencarian rute terpendek. Rancangan yang ditampilkan yaitu form pilih objek wisata awal dan tujuan, hasil pencarian rute dan peta rute yang dicari.

The screenshot shows a web form titled 'Rute Perjalanan Wisata'. It includes:

- Dropdown menus for 'Lokasi awal' (selected 'Obyek wisata asal') and 'Lokasi tujuan' (selected 'Obyek wisata tujuan').
- Radio buttons for 'Pilih Agoritma' with 'Algoritma Dijkstra' selected.
- 'Lihat rute' and 'Batal' buttons.
- Navigation links: Home, Profil, Berita, Wisata, Budaya, Rute, Kontak.

Gambar 3. Rancangan form pilih objek wisata

The screenshot shows a web form titled 'Rute Perjalanan Wisata Anda'. It includes:

- Input fields for 'Obyek awal', 'Obyek tujuan', 'Rute Perjalanan Anda', and 'Jarak Tempuh'.
- Buttons for 'Lihat rute' and 'Batal'.
- Text: 'Link menuju peta wisata' and 'Link kembali ke halaman sebelumnya'.
- Navigation links: Home, Profil, Berita, Wisata, Budaya, Rute, Kontak.

Gambar 4. Rancangan hasil pencarian rute

The screenshot shows a web interface for 'Peta Wisata Kota Sawahlunto'. It features:

- A map area with a 'Skala Peta' input field.
- A 'Navigasi' sidebar with a 'Layer' list: 'Obyek wisata', 'Astar', 'Dijkstra', 'Jalan', 'Kecamatan' (all checked).
- 'Longitude' and 'Latitude' fields.
- Navigation links: Home, Profil, Berita, Wisata, Budaya, Rute, Kontak.

Gambar 5. Rancangan hasil pencarian rute.

IV. IMPLEMENTASI

4.1 Spesifikasi Komputer

Pada pengujian sistem informasi geografis pencarian rute terpendek ini menggunakan laptop dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Prosesor Intel Pentium Dual-Core 1.9 GHz
2. Harddisk 120 GB
3. RAM 1 GB

4.2 Perangkat Lunak yang Digunakan

Perangkat lunak yang digunakan untuk menjalankan sistem informasi geografis pencarian rute terpendek ini adalah:

1. MS4W dimana paket ini terdiri dari server Apache, PHP, MapServer CGI, PHP/Mapscript, pustaka GDAL & OGR, dan program utiliti Mapserver.
2. Basisdata PostgreSQL dengan dukungan PostGIS dan pgRouting.
3. Framework Chameleon

4.3 Konversi Peta Digital

Data yang berhubungan dengan pemetaan merupakan data yang telah dibuat di ArcView 3.3. Data dari ArcView tersebut terdiri dari tiga data peta yaitu .shp, .shx dan .dbf yang dikonversi menggunakan bantuan aplikasi shp2pgsql dari PostGIS. Proses konversi dilakukan melalui command prompt dengan perintah berikut.

```
C:\Program Files\PostgreSQL\8.4\bin>shp2pgsql.exe jalan tbjalan > jalan.sql
```

4.3 Hasil Penelitian

1. Pengujian Login

Sebelum masuk ke halaman administrator perlu dilakukan proses login terlebih dahulu. Administrator memasukkan username 'admin' dan password 'admin' melalui form login.

The screenshot shows a login form titled 'Administrator Login'. It has:

- Fields for 'Username' (filled with 'admin') and 'Password' (filled with '****').
- A 'LOGIN' button.
- Text at the bottom: 'Silahkan masukkan username dan password untuk mengakses portal admin'.

Gambar 6. Pengujian input username dan password

2. Pengujian Halaman Administrator

Data spasial dan non spasial objek wisata dimasukkan melalui halaman administrator. Berikut akan diperlihatkan bagaimana data objek wisata dimasukkan ke dalam *storage*. Peoses memasukkan dan mengubah data objek wisata melibatkan dua tabel yang berelasi yaitu tabel *obyekwisata* dan tabel *tboyyek*.



Gambar 7. Pengujian tambah dan ubah data objek wisata

3. Pengujian Halaman Pengunjung

Seperti halnya pengujian halaman administrator, di sini akan dijelaskan pengujian halaman pengunjung khususnya untuk proses pencarian rute terpendek. Pertama, pengunjung memilih objek wisata asal Museum Gudang Ransoem dan tujuan Masjid Agung Nurul Islam serta algoritma pencarian Dijkstra melalui *form*. Kemudian pengunjung melihat rute perjalanan wisata yang dihasilkan beserta jarak antar objek wisata tersebut. Untuk melihat peta, pengunjung meng-klik pada *link Peta*.

Langkah - langkah di atas juga dilakukan untuk pengujian dengan menggunakan algoritma A star. Tampilan pengujian dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 8. Pengujian pilih objek wisata awal dan tujuan



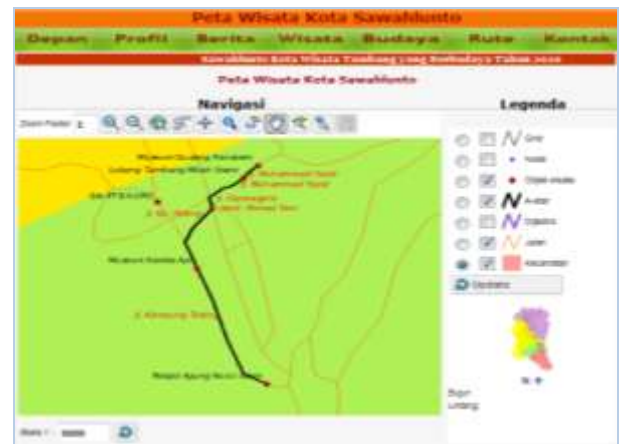
Gambar 9. Tampilan hasil pencarian rute terpendek Dijkstra



Gambar 10. Tampilan hasil pencarian rute terpendek A Star



Gambar 11. Tampilan peta rute terpendek Dijkstra



Gambar 12. Tampilan peta rute terpendek A star

Secara umum hasil pengujian pencarian rute terpendek antar objek wisata di Kota Sawahlunto dengan menggunakan algoritma Dijkstra dan A Star dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 1. Hasil pengujian pencarian rute terpendek Dijkstra

Objek Asal	Objek tujuan	Rute perjalanan dengan algoritma Dijkstra	Waktu (detik)	Jarak (km)
Museum gudang ransoem	Masjid Nurul Islam	Jl. Abdulrahman Hakim - Jl. Muhammad Yazid - Jl. Diponegoro - Jl. Jend. Ahmad Yani - Jl. Kp. Teleng - Jl. Kampung Teleng	0.18	0.59
Museum gudang ransoem	Silo PT BA UPO	Jl. Abdulrahman Hakim - Jl. Muhammad Yazid - Jl. Diponegoro - Jl. Jend. Ahmad Yani - Jl. Kp. Teleng - Jl. Kampung Teleng	0.13	0.34
Museum gudang ransoem	Resort Kandi Santur	Jl. Abdulrahman Hakim - Jl. Raden Fatah - Jl. Simanjuntak - Jl. Kebun Jati - Jl. Soekarno Hatta - Jl. H. Adam Malik - Jl. Desa Sikalang - Jl. Raya Kolok-Santur	0.30	10.72
Museum gudang ransoem	Makam Prof. DR. M. Yamin	Jl. Abdulrahman Hakim - Jl. Raden Fatah - Jl. Simanjuntak - Jl. Kebun Jati - Jl. Soekarno Hatta - Jl. H. Adam Malik - Jl. Prof. Muhammad Yamin SH.	0.18	16.16
Museum gudang ransoem	Water-boom	Jl. Abdulrahman Hakim - Jl. Muhammad Yzid - Jl. Diponegoro - Jl. Jend. Ahmad Yani - Jl. Kampung Teleng, Jl. Proklamasi - Jl. Jend. Soedirman - Jl. H. Agus Salim	0.19	6.35

Tabel 2. Hasil pengujian pencarian rute terpendek A star

Objek Asal	Objek tujuan	Rute perjalanan dengan algoritma Astar	Waktu (detik)	Jarak (km)
Museum gudang ransoem	Masjid Nurul Islam	Jl. Abdulrahman Hakim - Jl. Muhammad Yazid - Jl. Diponegoro - Jl. Jend. Ahmad Yani - Jl. Kp. Teleng - Jl. Kampung Teleng	0.16	0.59
Museum gudang ransoem	Silo PT BA UPO	Jl. Abdulrahman Hakim - Jl. Muhammad Yazid - Jl. Diponegoro - Jl. Jend. Ahmad Yani - Jl. Kp. Teleng - Jl. Kampung Teleng	0.08	0.34
Museum gudang ransoem	Resort Kandi	Jl. Abdulrahman Hakim - Jl. Raden Fatah - Jl. Simanjuntak - Jl. Kebun Jati - Jl. Soekarno Hatta, Jl. H. Adam Malik - Jl. Desa Sikalang - Jl. Raya Kolok-Santur	0.16	10.72
Museum gudang ransoem	Makam Prof. DR. M. Yamin	Jl. Abdulrahman Hakim - Jl. Raden Fatah - Jl. Simanjuntak - Jl. Kebun Jati - Jl. Soekarno Hatta - Jl. H. Adam Malik - Jl. Prof. Muhammad Yamin SH.	0.15	16.16
Museum gudang ransoem	Water-boom	Jl. Abdulrahman Hakim - Jl. Muhammad Yzid - Jl. Diponegoro - Jl. Jend. Ahmad Yani - Jl. Kampung Teleng, Jl. Proklamasi - Jl. Jend. Soedirman - Jl. H. Agus Salim	0.16	6.35

Kedua algoritma tersebut menghasilkan rute yang sama pada 5 kali *sample* pengujian. Namun terdapat perbedaan waktu proses pencarian rute terpendek antara algoritma Dijkstra dan A star. Algoritma A star memperoleh rute terpendek dengan waktu pencarian yang relatif lebih cepat daripada algoritma Dijkstra.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melalui tahap implementasi dan pengujian sistem dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Sistem informasi geografis pariwisata ini dapat menampilkan visualisasi data spasial peta wisata Kota Sawahlunto.
2. Aplikasi ini berhasil menemukan rute terpendek antar objek wisata yang ada di Kota Sawahlunto yaitu sebanyak 12 objek wisata menggunakan algoritma Dijkstra dan Astar.
3. Informasi pariwisata yang ditampilkan pada menu Wisata tidak terintegrasi dengan peta wisata dan rute terpendek yang ada pada menu Rute.
4. Dari hasil pengujian melalui *host to host* dengan 5 kali percobaan titik awal dan tujuan, disimpulkan bahwa pencarian rute terpendek menggunakan algoritma Dijkstra dan Astar menghasilkan rute jalan yang sama.
5. Perhitungan jarak rute jalan terpendek menggunakan algoritma Dijkstra dan Astar menghasilkan jarak yang sama.
6. Perhitungan jarak rute jalan terpendek secara manual menggunakan peta analog berskala 1:40.000 sedikit berbeda dengan perhitungan menggunakan algoritma Dijkstra dan Astar yaitu memiliki selisih jarak rata-rata 0,016 km.
7. Kecepatan pencarian rute terpendek menggunakan algoritma Dijkstra berbeda dengan algoritma Astar dimana Astar lebih cepat untuk proses pencarian rute terpendek dengan selisih waktu rata-rata 40 ms.

5.2 Saran

1. Sistem ini akan mengalami beban yang sangat berat karena Mapservet mampu menerima *query* setiap saat, untuk itu diperlukan kestabilan *server* ketika sistem ini diakses oleh banyak *client*.
2. Hasil pencarian rute terpendek atau tercepat yang lebih efektif dapat diperoleh dengan melakukan penambahan parameter selain jarak tempuh, misalnya dengan menghitung biaya perjalanan, alternatif angkutan umum, peraturan lalu lintas dan lain sebagainya.
3. Sebaiknya gunakan *webhosting* yang menyediakan aplikasi MapServer dan PostgreSQL/PostGIS jika ingin meng-*upload* aplikasi ini di internet, karena tidak semua *webhosting* mendukung aplikasi tersebut.
4. Masih ada beberapa algoritma pencarian rute terpendek lainnya jika pembaca ingin membandingkan.
5. Perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut untuk proses kecepatan akses peta dan penampilan visualisasi peta..

Daftar Pustaka

- [1] Aziz, M. dan Pujiono, S., *SIG Berbasis Desktop dan WEB*, Gava Media, Yogyakarta, 2006.
- [2] Gumelar, D, 2007, *Data Spasial*, <http://ilmukomputer.com/dhani-dataspasial.zip>, Maret 2011.
- [3] Hart, P. E., Nilsson, N. J. and Raphael, B., "A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths". *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics SSC4* 4 (2): 100–107, 1968.
- [4] Jogiyanto, *Analisis dan Desain Sistem Informasi: Pendekatan Terstruktur Teori dan Praktek Aplikasi Bisnis*, ANDI, Yogyakarta, 2004.
- [5] Kristanto, A., *Perancangan Sistem Informasi dan Aplikasinya*, Gava Media, Yogyakarta, 2003.
- [6] Lontong, Eric, *Kembali ke dasar: PostgreSQL, PostGIS, pgRouting, pgAdmin*, <http://www.lontongcorp.com/2010/07/05/kembali-ke-dasar-postgresql-postgis-pgrouting-pgadmin>, Februari 2011.
- [7] Murai, S, 2006, *Geografiana : Situs Geografi Populer Indonesia*, <http://www.geografiana.com>, April 2011.
- [8] Munir, R., *Matematika Diskrit*, 4, 413-414, Informatika, Bandung, 2010.
- [9] Nuryadin, R, *Panduan MapServer*. Informatika, Bandung, 2005.
- [10] Prahasta, E., *Sistem Informasi Geografis : Konsep-konsep Dasar*, Informatika, Bandung, 2005.
- [11] Prahasta, E., *Membangun Aplikasi Web-based GIS dengan MapServer*, Informatika, Bandung, 2007.
- [12] Riftadi, M., 2007. *Variasi Penggunaan Algoritma Heuristik dalam Pengaplikasian Algoritma A**. http://www.informatika.org/~rinaldi/Stmik/2006-2007/Makalah_2007_November 2011.
- [13] Robin, 2009, *A Star Algorithm*, <http://intelligence.worldofcomputing.net/ai-search/a-star-algorithm.html>, November, 2011.
- [14] Sidiq, B., *Pemrograman Web dengan PHP*, Informatika, Bandung, 2004.