

ANALISIS OPTIMALISASI RUTE PEMADAM KEBAKARAN BERDASARKAN AREA CAKUPAN PIPA HIDRAN DI KOTA SEMARANG

Dewi Shinta S., Arief Laila N., M. Awaluddin*)

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : dewishinta1995@gmail.com

ABSTRAK

Kebakaran adalah salah satu musibah yang disebabkan oleh manusia yang disengaja ataupun yang tidak sengaja. Kebakaran yang besar dapat melahap benda yang ada disekitarnya dengan cepat sehingga mengalami kerugian yang besar pula bagi yang mengalaminya. Disini akan dibutuhkan jasa pemadam kebakaran untuk mengurangi risiko kebakaran yang akan berkelanjutan jika tidak langsung ditanggapi. Untuk menuju ke lokasi kebakaran, pemadam kebakaran harus dengan cepat agar situasi tidak semakin parah. Dalam penelitian ini akan diberikan estimasi antara 5-10 menit untuk menuju ke lokasi kejadian dari pos pemadam kebakaran dan disesuaikan dengan posisi letak pipa hidran yang ada di Kota Semarang. Dalam masalah ini dibutuhkan rute optimasi untuk pemadam kebakaran menuju lokasi tersebut.

Aplikasi yang digunakan untuk membuat jalur pemadam kebakaran ini menggunakan Sistem Informasi Geospasial. Yaitu dengan menggunakan sistem basis data PostgreSQL, di dalamnya terdapat sintaks SQL yang berfungsi sebagai *routing* (*static source* dan *destination*) yaitu pgRouting. Dalam pgRouting terdapat algoritma yang dapat mencari rute terpendek. Penelitian ini menggunakan algoritma *Dijkstra* dan algoritma *A-star*. Untuk mengaktifkan fungsi *routing* pada PostgreSQL, diperlukan instalasi *spatial extension* PostGIS. Selanjutnya mengaktifkan fields yang diperlukan dalam operasi routing diantaranya *source*, *target*, *length*, *topology*, dan *index*. Setelah semua berhasil diaktifkan, kemudian memasukkan fungsi SQL *query* dalam SQL *editor* untuk mengimplementasikan fungsi *shortest path* dengan memperhatikan *node source* dan *node target* untuk kemudian di *execute*.

Hasil penelitian didapatkan bahwa terdapat daerah yang tidak masuk kedalam radius penanganan kantor pemadam kebakaran di Kota Semarang karena lokasi pemadam yang kurang menyebar dan jumlah yang kurang. Untuk area yang diluar jangkauan pemadam kebakaran, memerlukan waktu untuk sampai di lokasi bencana lebih dari 10 menit yang mana waktu tersebut terlalu lama untuk penanganan kebakaran. Dari hasil pencarian rute optimalisasi menggunakan PostgreSQL, rute tersebut dapat digunakan sebagai gambaran jalur yang akan dilewati nantinya.

Kata Kunci : Algoritma *Dijkstra*, Algoritma *A- star*, Jalur Optimasi, Pemadam Kebakaran, pgRouting.

ABSTRACT

Fire is one of the calamities caused by intentional or unintentional human. Large fires can devour the objects around them quickly so as to suffer huge losses for those who experience it. This situation will be required fire fighters to reduce the risk of fire that will be sustainable if not directly addressed. To get to the location of the fire, the firefighters should be quick to prevent the situation from getting worse. In this research will be given an estimation between 5-10 minutes to go to the location of the incident from the fire station and adjusted to the position of the location of hydrant pipes in Semarang City. In this case it takes an optimization route for firefighters to that location.

Applications used to create this fire route using Geospatial Information Systems. That is by using PostgreSQL database system, in which there is SQL syntax that serves as routing (static source and destination) is pgRouting. In pgRouting there is an algorithm that can find the shortest route. This research using Dijkstra algorithm and A-star algorithm. To enable routing functions in PostgreSQL, requires the installation of PostGIS spatial extensions. Furthermore, enable the required fields in the routing operations such as source, target, length, topology, and index. After those required fields succesfully activated, insert the SQL query in the SQL editor to implement the function of the shortest path by taking notice into the node source and the node target to be executed later on.

The result of the research shows that there is an area that does not enter into the radius of fire station handling in Semarang City because the location of fire station extinguisher is less spread and the number less. For areas that are outside the range of firefighters, it may take up to 10 minutes to reach the location where it takes too long to handle the fire. From the search results optimization route using PostgreSQL, the route can be used as an overview of the path that will be passed later.

Keywords: *Dijkstra Algorithm*, *A-star Algorithm*, *Optimization Routes*, *Firefighters*, *pgRouting*.

)Penulis, Penanggung Jawab)

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Masyarakat Indonesia sering dikejutkan dengan berita di media masa maupun elektronik tentang kejadian kebakaran terutama di kawasan perkotaan. Penyebab terjadinya kebakaran umumnya disebabkan karena kelalaian pemakaian barang-barang keseharian antara lain konsleting peralatan listrik atau kompor meledak. Pada bangunan rumah, kebakaran akan cepat menjalar ke rumah-rumah disekitarnya karena peralatan rumah tangga yang mudah terbakar seperti mebel, kasur, dan jarak antarbangunan rumah yang sangat kecil bahkan nyaris tanpa jarak serta tiupan angin mengakibatkan tingginya kecepatan perambatan api.

Beberapa kejadian kebakaran di perkotaan seperti Jakarta, Surabaya, Semarang, Medan dan lainnya banyak menelan korban jiwa karena korban tidak mampu keluar dari bangunan tempat kebakaran akibat keterbatasan fisik, umumnya pada kaum difabel seperti anak-anak, manula, dan penyandang cacat. Kejadian tersebut menyebabkan korban jiwa sudah tidak dapat dikenali karena terdapat luka bakar di sekujur tubuh (Febby, 2009).

Mengingat potensi kebakaran yang semakin lama semakin signifikan, bahaya bencana ini harus segera diantisipasi dan dihadapi dengan berbagai upaya penanggulangan yang komprehensif, sistematis, efektif dan berkelanjutan. Salah satu upaya pengendalian kebakaran adalah membuat jalur optimasi untuk mobil pemadam kebakaran dan dibantu dengan air pada pipa hidran yang tersebar. Semakin cepat atau tepat waktu tanggap pasukan pemadam kebakaran, semakin kecil penjaralan api meluas sehingga upaya pemadaman dapat dilakukan dengan meminimalkan dampak yang timbul (Bagir, M., 2012).

Untuk pembuatan permodelan jalur optimasi menggunakan aplikasi sistem informasi bereferensi keruangan, Sistem Informasi Geografis (SIG). Faktor yang digunakan untuk penelitian ini menyertakan kecepatan, waktu tempuh perjalanan dan posisi pipa hidran. Dalam hal ini, persoalan navigasi kendaraan-kendaraan di jaringan jalan darat bisa dipandang sebagai salah satu sisi yang memerlukan metode atau algoritma routing yang tidak sederhana. Selain algoritma, juga diperlukan ketersediaan informasi tambahan seperti halnya aspek-aspek hambatan relatif dan pemodelan situasi yang kondisional. pgRouting merupakan suatu reference yang dapat diperluas dan bersifat open-source yang telah menyediakan berbagai alat bantu untuk mendukung proses pencarian melalui jalur-jalur terdekat pgRouting sudah diimplementasikan sebagai extension pada perangkat lunak PostgreSQL dan PostGIS (Farah, N., 2013).

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana persebaran kantor pemadam kebakaran dan pipa hidran pada cakupan wilayah penelitian?

2. Bagaimana solusi penentuan rute optimum pemadam kebakaran dari perbandingan metode *Dijkstra* dan *A-star*?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan dan manfaat penelitian ini adalah:

1. Mengkaji persebaran lokasi kantor pemadam kebakaran dan pipa hidran terhadap kejadian kebakaran.
2. Mengetahui perbedaan rute yang paling akurat antara dua metode *Dijkstra* dan metode *A-star*.

I.4 Batasan Masalah

Agar penelitian tidak melebar dan tetap berada pada fokusnya perlu ditentukan acuan sebagai batasan masalah dalam penelitian. Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya dilakukan di wilayah Kota Semarang.
2. Objek pada penelitian ini pada jalan raya, yaitu jalan dengan kelas jalan arteri primer, arteri sekunder, kolektor primer, kolektor sekunder, dan lokal.
3. Data spasial yang digunakan adalah kapasitas jalan dilihat dari kecepatan rencana rata-rata dari masing-masing kelas jalan dan atribut yang ada pada data jalan lainnya, serta data koordinat letak kantor pemadam kebakaran dan pipa hidran (sumber air).
4. *Input* data berupa titik awal (titik nol) dan titik tujuan.
5. Sistem ini belum memperhatikan aturan, bobot, serta lalu lintas jalan.
6. *Output* yang dihasilkan berupa rute yang dilalui, dan jarak serta waktu tempuh dari titik awal (kantor pemadam kebakaran) ke titik tujuan yang diasumsikan dengan area pasar.
7. Parameter optimumnya dikaji melalui beberapa variabel untuk proses dan hasil rute terhadap kondisi rute di lapangan.

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Bencana Kebakaran di Kota Semarang

Dari data tahun 2015 Kota Semarang mengalami bencana kebakaran tercatat lebih dari 200 kasus kebakaran (Metro Semarang, 2015). Melihat dari beberapa kasus kebakaran yang pernah terjadi, bencana kebakaran selalu memakan banyak korban, baik materi hingga yang paling parah sampai merenggut korban. Untuk kasus kebakaran terakhir yang banyak menarik perhatian para warga adalah kebakaran pasar Johar, yang mana pasar Johar merupakan pasar terbesar yang ada di Kota Semarang.

II.2 Penanganan dan Penanggulangan Bencana Kebakaran

Kota Semarang memiliki empat kantor pemadam kebakaran yang siap melayani 24 jam per hari. Empat kantor tersebut terdiri dari satu kantor pusat dan tiga kantor sub pemadam kebakaran. Lokasi kantor pusat berada pada Jalan Madukoro Kecamatan Semarang Barat dan untuk tiga kantor sub pemadam kebakaran

berada pada lokasi yang tersebar yaitu di Kecamatan Ngaliyan, Kecamatan Pedurungan dan Kecamatan Ngesrep. Keempat kantor pemadam kebakaran diharapkan dapat menangani bencana kebakaran se-Kota Semarang yang memiliki 16 kecamatan.

Berdasarkan Permendagri nomor 62 tahun 2008 tentang standar pelayanan minimal bidang pemerintahan dalam negeri di kabupaten/ kota terdapat target dan panduan operasional SPM bidang pemerintahan dalam negeri di kabupaten/ kota pada lampirannya yang ditetapkan pada 19 Desember 2008. Ditetapkan bahwa daerah layanan dalam setiap WMK (Wilayah Manajemen Kebakaran) tidak boleh melebihi radius 7,5 km. Diluar daerah tersebut dikategorikan sebagai daerah tidak terlindungi (*unprotected area*). Daerah yang sudah terbangun harus mendapat perlindungan oleh mobil kebakaran yang pos terdekatnya berada dalam jarak 2,5 km dan berjarak 3,5 km dari sektor.

II.3 Klasifikasi dan Rencana Kecepatan Jalan Raya

Menurut Undang-undang Nomor 38 Tahun 2004 Pasal 8, pengelompokan jalan berdasarkan fungsinya yaitu Arteri, Kolektor, Lokal dan Lingkungan. Dari klasifikasi jalan yang ada pada UU No. 38 tahun 2004 Pasal 8, maka ditentukan kecepatan rencana berdasarkan pertimbangan permenhub No. 14 Tahun 2006. Pertimbangan yang digunakan dalam penetapan kecepatan rencana berdasarkan Permenhub Nomor 14 Tahun 2006 adalah sebagai berikut:

1. biaya pembangunan jalan
2. medan yang dilalui
3. klasifikasi jalan
4. besarnya perkiraan arus lalu lintas
5. keselamatan, semakin rendah batas kecepatan semakin tinggi keamanan pengguna jalan
6. penggunaan energi
7. kecepatan rencana ditetapkan berdasarkan klasifikasi jalan dan medan yang dilalui, di medan jalan yang datar akan lebih tinggi dari perbukitan ataupun pegunungan.

Kecepatan rencana berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Kecepatan rencana pada kelas jalan (PP no.34/2006)

Kecepatan rencana (V_R) sesuai klasifikasi jalan di kawasan perkotaan fungsi jalan	Kecepatan rencana V_R (km/h)
1. arteri primer	60-100
2. kolektor primer	40-80
3. arteri primer	50-80
4. kolektor primer	30-50
5. lokal sekunder	30-50

II.4 PostgreSQL

PostgreSQL merupakan sebuah *Object Relational Database Management System* (ORDBMS) berdasarkan pada PostgreSQL versi 4.2 yang dikembangkan di Universitas California pada *Berkeley Computer Science Department*. PostgreSQL sebagai pelopor bagi banyak software DBMS lain yang kemudian menjadi komersial. PostgreSQL memiliki lisensi GPL (*General Public License*) dan oleh karena itu PostgreSQL dapat digunakan, dimodifikasi dan didistribusikan oleh setiap orang tanpa perlu membayar lisensi (*free of charge*) baik untuk keperluan pribadi, pendidikan maupun komersil (Zahroh, L., 2014).

II.5 PgRouting

PgRouting adalah sebuah *tools open source* yang menyediakan fungsionalitas routing pada DBMS PostgreSQL. PgRouting dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah pencarian jalur terpendek (*Shortest Path*) dan juga *Travelling Salesman Problem* (TSP). Saat ini fungsionalitas routing bawaan yang disediakan oleh modul pgRouting adalah fungsionalitas routing dengan menggunakan algoritma *Dijkstra* (*shortest_path_dijkstra*), algoritma *A-star* (*shortest_path_A-star*), algoritma *Shooting Star* dan fungsi untuk menangani masalah *Travelling Salesman Problem* (TSP) (Prahasta, E., 2012).

II.6 Dijkstra

Algoritma *Dijkstra* adalah salah satu metode yang digunakan untuk memecahkan permasalahan pencarian rute terpendek. Istilah yang sering digunakan adalah *Shortest Path Problem* (SPP) atau *Vehicle Routing Problem* (VRP). Algoritma ini termasuk dalam algoritma konvensional. Salah satu pemanfaatannya adalah pada sebuah aplikasi pencarian rute terdekat atau aplikasi navigator pada suatu daerah. Algoritma ini pertama kali dikemukakan oleh Edger W. Dijkstra (1959) dan telah secara luas digunakan dalam menentukan rute terpendek berdasarkan kriteria tertentu sebagai parameter. Parameter tersebut bisa jarak antara titik, waktu tempuh, dan biaya yang dibutuhkan untuk menempuh rute tersebut (Setiyadi, I., 2015).

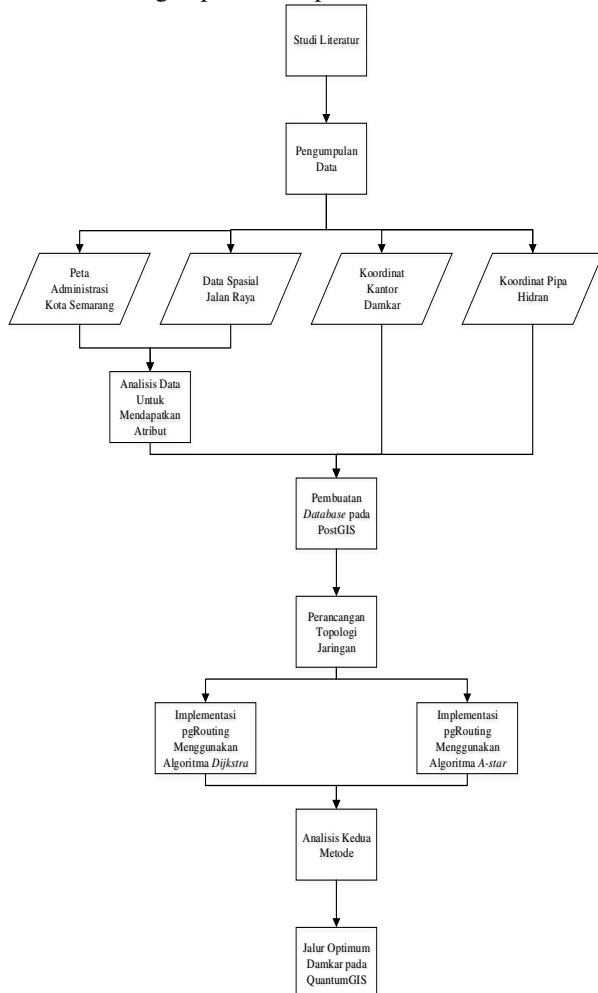
II.7 A-star

Algoritma A^* (*A-star*) dikenal sebagai salah satu algoritma yang paling sering digunakan untuk pencarian jalur (*path finding*) dan penerusan grafis (*graph traversal*), yaitu proses *plotting* jalur yang paling efisien antar titik, yang disebut dengan node. Metode A^* adalah metode yang merupakan hasil pengembangan dari metode dasar *Best First Search*. Prinsip algoritma ini adalah mencari jalur terpendek dari sebuah titik awal menuju titik akhir dengan memperhatikan harga terkecil. Algoritma ini memperhitungkan nilai dari *current state* ke tujuan dengan fungsi heuristik, dan juga mempertimbangkan nilai yang telah ditempuh selama ini dari *initial state* ke *current state*. Jadi jika ada jalan yang telah

ditempuh sudah terlalu panjang dan ada jalan lain yang nilainya lebih kecil tetapi memberikan posisi yang sama dilihat dari *goal*, jalan yang lebih pendek yang akan dipilih (Sukriyah, Y., 2016).

III. Metodologi Penelitian

Tahapan penelitian untuk kajian optimalisasi rute pemadam kebakaran berdasarkan cakupan pipa hidran Kota Semarang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

III.1 Alat dan Data Penelitian

III.1.1 Lokasi Penelitian

Area studi penelitian ini adalah Provinsi Jawa Tengah khususnya Kota Semarang dengan data *sample* lokasi kebakaran Pasar Tradisional yang ada di Kota Semarang.

III.1.2 Alat dan Data Penelitian

1. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak sebagai berikut:
 - a. Perangkat keras
 - 1) Laptop ACER Aspire 4736Z Intel® Pentium® CPU T4200@ 2.00GHz. RAM 2.00GB, OS Microsoft Windows 10 Pro).
 - 2) GPS Hand held
 - b. Perangkat Lunak

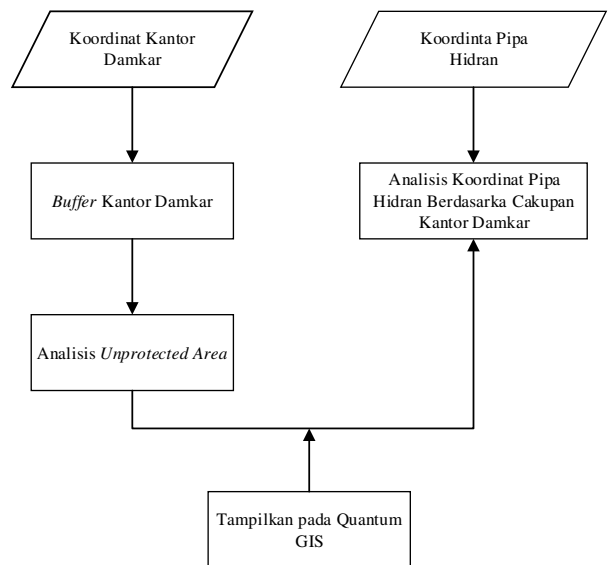
- 1) ArcMap 10.3
 - 2) Postgres 9.6
 - 3) Postgis 2.3 bundle for Postgres 9.6
 - 4) Quantum GIS 2.18.3
2. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah:
 - a. Data *shapefile* batas administrasi dan jalan Kota Semarang tahun 2014 dari BAPPEDA Kota Semarang.
 - b. Daftar pipa hidran yang aktif tahun 2016 dari PDAM Kota Semarang.
 - c. Data koordinat pasar Kota Semarang sebagai *sample* data kejadian kebakaran untuk penelitian ini.

III.2 Buffering Kantor Pemadam Kebakaran dan Pipa Hidran

Berdasarkan posisi kantor pemadam kebakaran harus menangani wilayah kebakaran tidak boleh melebihi radius 7,5 km dengan estimasi sampai di lokasi kebakaran tidak lebih 15 (lima belas) menit. Oleh karena itu, diperlukan proses *buffering* pada setiap kantor pemadam kebakaran untuk mengetahui area yang dapat ditangani oleh setiap pemadam kebakaran dengan menggunakan aplikasi ArcGIS.

Dari kantor pemadam kebakaran yang ada terdapat daerah yang apabila ditangani akan membutuhkan waktu yang lama untuk sampai ke lokasi kebakaran karena diluar radius yang ditentukan yaitu 7,5 km. Oleh karena itu, diperlukan proses *erase* dari hasil *buffer* semua kantor pemadam kebakaran untuk mengetahui daerah mana saja yang masuk kedalam *unprotected area*.

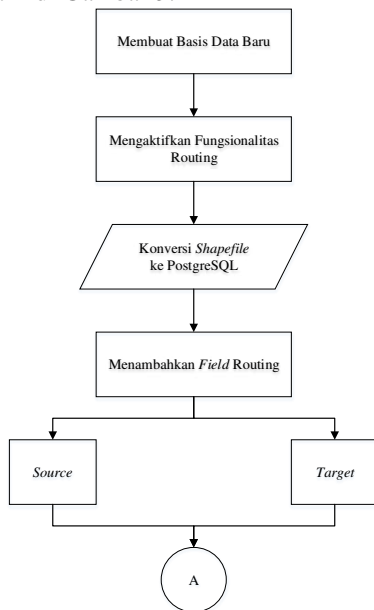
Untuk persebaran pipa hidran akan dikelompokkan berdasarkan luas area cakupan kantor pemadam kebakaran. Karena lokasi pipa hidran akan membantu jalannya penanggulangan penggunaan air.



Gambar 2 Diagram Alir Pelaksanaan Analisis Persebaran Kantor Damkar dan Pipa Hidran

III.3 Pencarian Route Optimum Pemadam Kebakaran dengan Metode *Dijkstra* dan *A-star*

Untuk mencari rute optimum pemadam kebakaran menggunakan aplikasi PostgreSQL terdapat beberapa tahapan yang harus dilalui. Dari data yang sudah terkumpul akan dilakukan proses pencarian rute tersebut dengan menggunakan beberapa aplikasi pembantu seperti *software* Quantum GIS sebagai *interface* hasil dari pencarian rute menggunakan PostgreSQL dengan dua metode yaitu metode *Dijkstra* dan metode *A-star*. Adapaun tahapan pencarian rute optimum pemadam kebakaran dapat dilihat pada diagram alir di Gambar 3.



Gambar 3 Diagram Alir Pencarian Route Optimum Pemadam Kebakaran

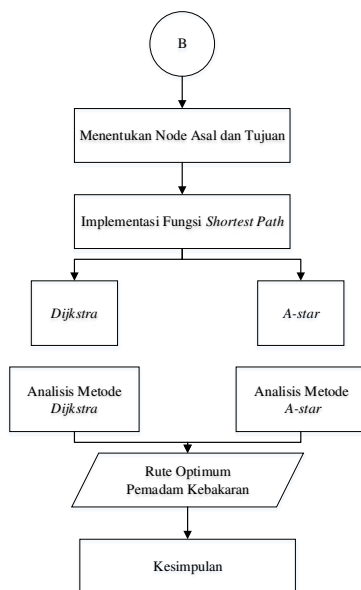
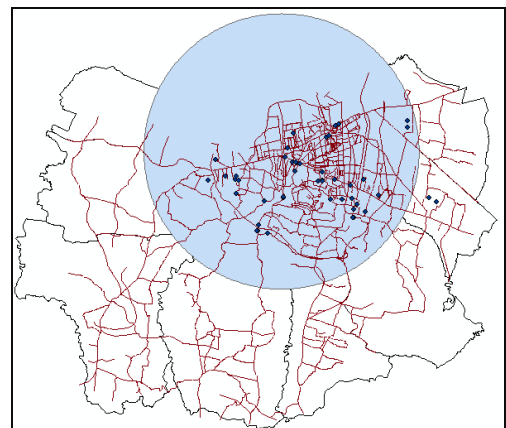


Diagram Alir Pencarian Route Optimum Pemadam ...
(lanjutan Gambar 3)

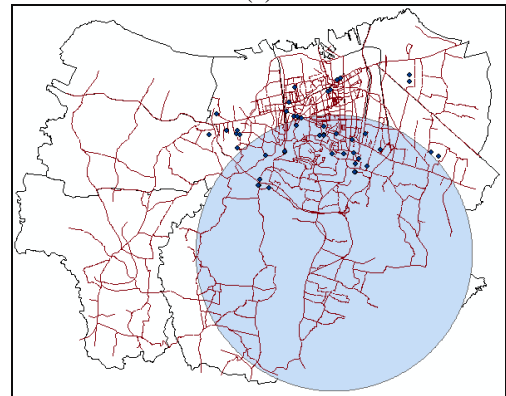
IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1 Hasil dan Pembahasan Persebaran Kantor Pemadam Kebakaran dan Pipa Hidran di Kota Semarang

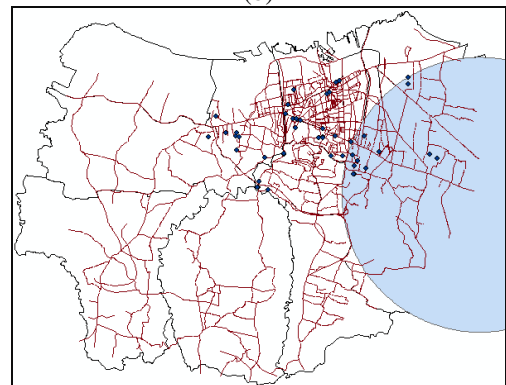
1. Persebaran Kantor Pemadam Kebakaran
Kota Semarang memiliki empat kantor pemadam kebakaran yang tersebar di empat kecamatan. Kantor pemadam kebakaran tersebut terdiri dari satu kantor pusat pemadam kebakaran yang berada pada jalan Madukoro Kecamatan Semarang Barat dan tiga kantor sub pemadam kebakaran di Kecamatan Banyumanik, Kecamatan Pedurungan dan Kecamatan Ngaliyan. Berikut adalah hasil *buffering* kantor pemadam kebakaran di Kota Semarang:



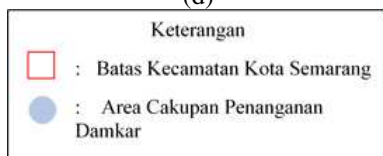
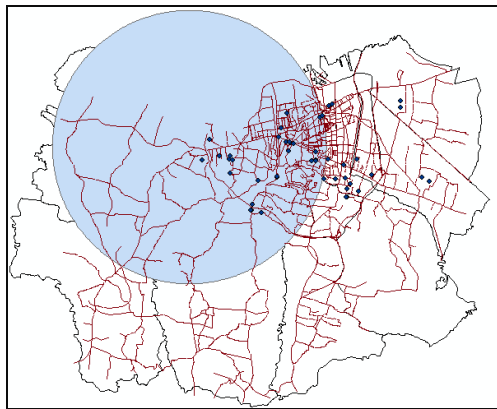
(a)



(b)

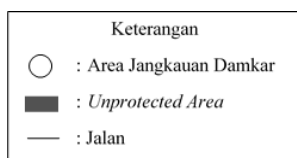
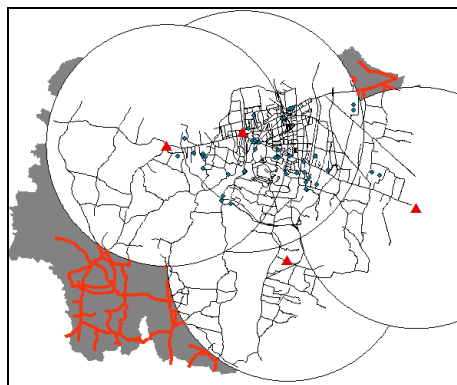


(c)



Gambar 4 Area Cakupan Penanganan Kantor Pemadam Kebakaran (a) Kec.Semarang Barat (b) Kec. Banyumanik (c) Kec. Pedurungan (d) Kec. Ngaliyan

Untuk daerah penanganan kebakaran di kota Semarang hampir semua dapat terjangkau oleh pemadam kebakaran. Namun ada juga daerah yang di luar jangkau dari jarak yang melebihi 7,5 km. Daerah tersebut dikategorikan sebagai daerah tidak terlindungi (*unprotected area*). Daerah yang tidak terjangkau oleh kantor pemadam kebakaran dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 5 *Unprotected Area*

2. Persebaran Pipa Hidran

Berdasarkan data yang didapat dari PDAM berkaitan dengan pipa hidran pada tahun 2016, terdapat 155 pipa hidran yang mana 65 pipa hidran yang masih aktif dan 90 pipa hidran yang rusak. Namun pada keadaan di lapangan hanya terdapat 56 pipa hidran yang aktif yang tersebar di kota Semarang. Dari posisi pipa hidran yang aktif, akan dibedakan empat lokasi yang sesuai

dengan letak lokasi yang masuk ke dalam radius cakupan penanganan kebakaran oleh kantor pemadam kebakaran. Untuk cakupan pipa hidran wilayah kantor pemadam kebakaran yang ada di Kecamatan Semarang Barat terdapat 54 pipa hidran yang masih aktif, Kecamatan Ngesrep terdapat 31 pipa hidran yang aktif, Kecamatan Ngaliyan terdapat 35 pipa hidran yang aktif, dan Kecamatan Pedurungan terdapat 13 pipa hidran yang aktif.

IV.2 Hasil dan Pembahasan Implementasi Jalur Routing di Lapangan

Pencarian rute optimum dalam penelitian ini akan dibagi dua yaitu tabel rute kantor pemadam kebaran menuju pasar tradisional yang diasumsikan peneliti sebagai lokasi kebakaran dan rute pasar tradisional menuju pipa hidran. Alasan rute tersebut dibagi menjadi dua karena pencarian menggunakan *software* postgresQL hanya bisa mencari dari satu titik tujuan. Untuk informasi yang akan ditampilkan ditabel hanya akan berisi perbedaan waktu proses pencarian rute menggunakan PostgreSQL, karena dari kedua metode yang digunakan hasil rute yang didapat sama. Berikut merupakan perbandingan kedua metode yang terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Perbandingan Metode *Dijkstra* dan *A-star* Rute Damkar Menuju Pasar Tradisional

No	Asal-Tujuan	Dijkstra (msec)	A-star (msec)
1.	Madukoro-Johar Utara	299	292
2.	Madukoro-Johar Tengah	299	292
3.	Madukoro-Johar Selatan	300	326
4.	Madukoro-Yaik Permai	334	3280
5.	Madukoro- Yaik Baru	266	321
6.	Madukoro- Kanjengan	301	325
7.	Madukoro- Karimata	326	316
8.	Madukoro- Dargo	275	313
9.	Madukoro- Rejomulyo	328	322
10.	Madukoro-Langgar Indah	331	290
11.	Madukoro- Bulu	262	304
12.	Madukoro- Sampangan	285	227
13.	Madukoro- Randusari	343	324
14.	Madukoro- Tanah Mas	320	289
15.	Madukoro-Boom Lama	286	323
16.	Madukoro- Surtikanti	321	367
17.	Madukoro-Purwogondo	345	312
18.	Madukoro- Peterongan	387	325
19.	Ngesrep- Jatingaleh	298	329
20.	Madukoro- Wonodri	284	300
21.	Madukoro- Kagok	295	289
22.	Ngesrep- Sisingmangaraja	389	281
23.	Ngesrep- Jangli	280	287
24.	Ngesrep- Rasamala	310	285
25.	Ngesrep- Damar	306	285
25.	Ngesrep- Damar	306	285
26.	Ngesrep- Banyumanik	366	338

Perbandingan Metode *Dijkstra* ... (lanjutan Tabel 2)

No	Asal-Tujuan	Dijkstra (msec)	A-star (msec)
27.	Ngesrep- Sronдол	311	266
28.	Madukoro- Karangayu	329	332
29.	Ngaliyan- Mangkang	316	269
30.	Ngaliyan- Jrasah	342	324
31.	Ngaliyan- Ngaliyan	293	328
32.	Ngaliyan- Mijen	295	332
33.	Madukoro- Simongan	303	327
34.	Madukoro- Manyaran	301	276
35.	Ngaliyan- Gunung Pati	372	389
36.	Madukoro- Waru Indah	259	401
37.	Plamongan-Pedurungan	385	353
38.	Madukoro- Mrican	289	301
39.	Plamongan- Gayamsari	386	373
40.	Plamongan- Kedungmundu	261	297
41.	Plamongan- Tlogosari	377	285
42.	Madukoro-Satrio Wibowo	325	285
43.	Plamongan- Udan Riris	256	318
44.	Plamongan-Banget Ayu	316	311
45.	Madukoro- Bubakan	264	380
46.	Plamongan-Suryokusumo	304	291
47.	Plamongan-Genuk	288	288
48.	Plamongan-RPU Penggaron	372	415

Dari Tabel 2 rute kantor pemadam kebakaran menuju pasar tradisional yang di asumsikan sebagai lokasi kebakaran oleh peneliti, rute yang dihasilkan adalah sama. Dari data jarak tempuh dan waktu yang dibutuhkan untuk menuju lokasi. Namun, terdapat perbedaan saat waktu proses pencarian rute tersebut menggunakan *software* PostgreSQL. Untuk total rata-rata waktu proses pencarian rute menggunakan metode *Dijkstra* adalah 314,1667 msec. Sedangkan untuk total rata-rata waktu proses pencarian rute menggunakan metode *A-star* adalah 314,2292 msec. Jadi selisih dari kedua metode tersebut adalah 0,0625 msec. Dilihat dari hasil waktu proses kedua metode, metode yang paling cepat saat pencarian rute untuk rute kantor pemadam kebakaran menuju pasar tradisional adalah metode *Dijkstra*.

Rute selanjutnya yang akan dianalisis adalah rute lokasi kebakaran menuju pipa hidran yang digunakan untuk sumber air tambahan apabila saat terjadi kejadian, persediaan mobil pemadam kebakaran dapat mengisi air yang telah kosong. Perbandingan rute terpendek dari pasar tradisional ke pipa hidran metode *Dijkstra* dan *A-star* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Perbandingan Metode *Dijkstra* dan *A-star* Rute Pasar Tradisional Menuju Pipa Hidran

No	Asal-Tujuan	Dijkstra (msec)	A-star (msec)
1.	Johar Utara-PH42A	365	316
2.	Johar Tengah-PH42A	365	316
3.	Johar Selatan-PH42A	350	279
4.	Yaik Permai-PH42B	314	370
5.	Yaik Baru-PH42B	332	313
6.	Kanjengan-PH42B	350	355

Perbandingan Metode *Dijkstra* ... (lanjutan Tabel 3)

No	Asal-Tujuan	Dijkstra (msec)	A-star (msec)
7.	Karimata-PH98	332	285
8.	Dargo-PH42A	287	310
9.	Rejomulyo-PH40	290	263
10.	Langgar Indah-PH34	263	287
11.	Bulu-PH10C	314	309
12.	Sampang-PH121BB	307	304
13.	Randusari-PH6B	222	273
14.	Tanah Mas-PH64	251	370
15.	Boom Lama-PH41	291	314
16.	Surtikanti-PH64	282	270
17.	Purwogondo-PH64	305	497
18.	Peterongan-PH50	280	333
19.	Jatingaleh-023	267	320
20.	Wonodri-PH50	252	312
21.	Kagok-PH51	262	283
22.	Sisingmangaraja-PH66	328	288
23.	Jangli-PH66BB	377	358
24.	Rasamala-023	338	407
25.	Damar-023	284	381
26.	Banyumanik-023	274	372
27.	Sronдол-023	310	263
28.	Karangayu-PH9	330	327
29.	Mangkang-PH112	261	397
30.	Jrasah-PH112	276	323
31.	Ngaliyan-PH112	298	325
32.	Mijen-PH112	290	291
33.	Simongan-PH74	293	333
34.	Manyaran-PH31A	306	309
35.	Gunung Pati-023	280	272
36.	Waru Indah-PH112BB	333	265
37.	Pedurungan-PH106BB	284	328
38.	Mrican-PH73	285	269
39.	Gayamsari-PH99	268	268
40.	Kedungmundu-PH73	283	283
41.	Tlogosari-PH99	326	313
42.	Satrio Wibowo-PH109	296	340
43.	Udan Riris-PH103BB	238	319
44.	Banget Ayu-PH103BB	334	282
45.	Bubakan-PH40	299	323
46.	Suryokusumo-PH109	339	377
47.	Genuk-PH112BB	291	251
48.	RPU Penggaron-PH106BB	275	269
42.	Satrio Wibowo-PH109	296	340

Dari Tabel 3 rute pasar tradisional menuju pipa hidran, rute yang dihasilkan adalah sama. Dari data jarak tempuh dan waktu yang dibutuhkan untuk menuju lokasi. Namun, terdapat perbedaan saat waktu proses pencarian rute tersebut menggunakan *software* PostgreSQL. Untuk total rata-rata waktu proses pencarian rute menggunakan metode *Dijkstra* adalah 299,5208 msec. Sedangkan untuk total rata-rata waktu proses pencarian rute menggunakan metode *A-star* adalah 316,9792 msec. Jadi selisih dari kedua metode tersebut adalah 17,4543 msec. Dilihat dari hasil waktu proses kedua metode, metode yang paling cepat saat

pencarian rute untuk rute pasar tradisional menuju pipa hidran adalah metode *Dijkstra*.

Melihat hasil rute dan jarak yang sama dengan kedua metode *shortest path*, maka akan dilakukan uji T untuk mengetahui hasil tersebut memiliki perbedaan yang signifikan atau tidak. Uji T yang digunakan adalah yang jenis *t-test: paired two sample for means*, yaitu uji T yang digunakan untuk menguji perbedaan rata-rata (*mean*) dua variabel dari *sample* yang sama dengan menggunakan nilai kepercayaan 95%. Untuk uji statistika uji T memiliki hipotesis H0 adalah algoritma *Dijkstra* dan algoritma *A-star* tidak memiliki perbedaan yang signifikan sedangkan H1 adalah algoritma *Dijkstra* dan *A-star* memiliki perbedaan yang signifikan. Berikut merupakan hasil uji T metode *Dijkstra* dan *A-star* yang terlihat pada tabel 4.

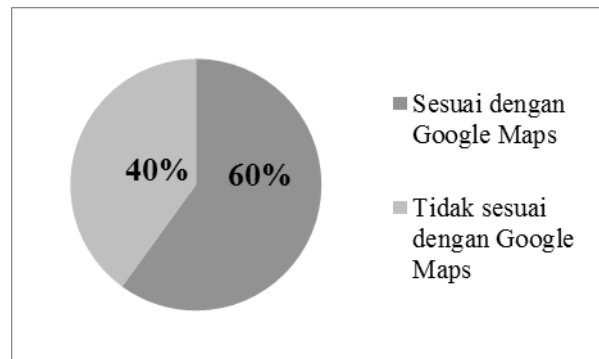
Tabel 4 *t-Test: Paired Two Sample for Means Dijkstra and A-star*

	<i>Dijkstra</i>	<i>A-Star</i>
<i>Mean</i>	314,313	314,083
<i>Variance</i>	1370,01	1339,99
<i>Observations</i>	48	48
<i>Pearson Correlation</i>	0,20327	
<i>Hypothesized Mean Difference</i>	0	
<i>df</i>	47	
<i>t Stat</i>	0,03417	
<i>P(T<=t) one-tail</i>	0,48644	
<i>t Critical one-tail</i>	1,67793	
<i>P(T<=t) two-tail</i>	0,97289	
<i>t Critical two-tail</i>	2,01174	

Dari Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa hasil pencarian rute dengan metode *Dijkstra* dan *A-star* adalah tidak signifikan. Karena *t* hitung (0,03417) < *t* tabel (0,97289) berarti menerima H0.

Penyebab perbedaan hasil pencarian rute pada waktu proses dengan metode *Dijkstra* dan *A-star* adalah perhitungan rumus oleh PostgreSQL. Karena untuk rumus algoritma *A-star* harus melibatkan data koordinat sedangkan rumus algoritma *Dijkstra* lebih sederhana dibandingkan *A-star*.

Dari 48 rute optimum yang dicari menggunakan software Postgres, terdapat perbedaan rute dengan pencarian rute menggunakan Google Maps. Google Maps diasumsikan oleh peneliti sebagai pencarian rute yang sesuai dengan keadaan di lapangan atau keadaan yang sebenarnya. Presentase perbedaan rute dengan pencarian menggunakan aplikasi yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Diagram Kesesuaian Rute Antara PostgreSQL Dengan Google Maps

Pencarian rute optimum untuk mobil pemadam kebakaran kurang sesuai dengan keadaan di lapangan. Ketidaksesuaian ini dikarenakan data yang digunakan oleh peneliti tidak sama persis dengan data yang ada di *Google Maps*. Jalan yang digunakan *Google Maps* memiliki arah dan terdapat data lalu lintas sehingga hasil pencarian rute tersebut untuk waktu tempuh lebih akurat dibandingkan dengan Postgres. Data yang digunakan Postgres hanya mengandalkan data *shapefile* jalan yang didigit tanpa memperhitungkan arah jalur kendaraan karena data tersebut memang tidak bisa di input saat digitasi maupun dimasukkan saat proses pencarian rute menggunakan Postgres. Untuk waktu tempuh yang didapat dari hasil pencarian rute menggunakan *Postgres* dengan metode *Dijkstra* dan *A-star* hanya menggunakan hasil perhitungan peneliti.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pencarian rute optimum pemadam kebakaran berdasarkan cakupan pipa hidran menggunakan ekstensi *pgrouting*, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat empat kantor pemadam kebakaran yang tersebar di Kota Semarang yaitu di Kecamatan Semarang Barat, Kecamatan Ngaliyan, Kecamatan Ngesrep dan Kecamatan Pedurungan. Untuk persebaran pipa hidran yang masih aktif sebanyak 65 pipa dari 155 pipa hidran yang terpasang di Kota Semarang. Sedangkan 90 pipa hidran yang tersisa adalah pipa yang hanya ditanam dan ada pula yang rusak. Berdasarkan Permendagri Nomer 62 Tahun 2008, daerah penanganan setiap kantor pemadam kebakaran dapat menangani bencana kebakaran dengan radius 7,5 km dari letak kantor dan area yang tidak terlindungi disebut dengan *unprotected area*. Kota Semarang terdapat kawasan *unprotected area* yaitu di Kecamatan Genuk, Kecamatan Gunung Pati dan Kecamatan Mijen dengan total luas area 7164Ha. Luas tersebut merupakan 18,5% dari luas Kota Semarang yaitu 38799Ha.

2. Dari kedua metode pencarian rute optimum pemadam kebakaran yang digunakan, metode *Dijkstra* dan *A-star* tidak memiliki perbedaan yang signifikan berdasarkan uji statistik *t-test*. Sehingga salah satu dari metode tersebut dapat digunakan karena menghasilkan rute dan jarak yang sama walaupun saat proses pencarian di PostgreSQL memerlukan data yang berbeda. Untuk kesesuaian rute yang didapat dari proses *routing* menggunakan PostgreSQL, masih kurang akurat dibandingkan dengan rute yang dihasilkan oleh Google Maps. Disebabkan data *shapefile* jalan yang tidak komplit seperti yang dimiliki oleh Google Maps dan PostgreSQL tidak dilengkapi pembobotan untuk arah lalu lintas. Akibatnya terdapat rute yang tidak bisa digunakan karena pengambilan jalan yang kurang sesuai. Perbandingan kesesuaian data rute PostgreSQL dengan rute Google Maps adalah 60% : 40% dari 48 *sample* yang mana nilai 60% merupakan hasil yang sama antara rute PostgreSQL dan Google Maps.

V.2 Saran

Untuk pengembangan pengaplikasian fungsi *routing* yang merupakan salah satu ekstensi dalam PostgreSQL, sehingga dapat diaplikasikan dan bermanfaat. Maka diberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Perbanyak membaca studi kasus yang berkaitan tentang pencarian *shortest path* menggunakan aplikasi PostgreSQL agar mengurangi kesalahan saat proses pengerjaan penelitian.
2. Untuk metode selanjutnya yang akan digunakan, pastikan metode tersebut sesuai dengan aplikasi PostgreSQL versi yang sedang digunakan. Karena versi pembaharuan PostgreSQL, memiliki ketentuan yang berbeda untuk beberapa function yang digunakan.
3. Proses instalasi PostGIS pada server PostgreSQL harus secara tepat sehingga pengaksesannya mudah.
4. Persiapan data awal yang harus dilakukan lebih teliti. Seperti data *shapefile* jalan yang harus lebih komplit sesuai dengan klasifikasi jalan yang digunakan serta teknik digitasi yang menjadi salah satu penentu arah dari graf jalan.
5. Untuk data kecepatan agar waktu tempuh sesuai dengan keadaan di lapangan, sebaiknya lebih diperhitungkan. Sehingga tidak mengandalkan perhitungan dari kecepatan rencana jalan raya dari Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006.
6. Untuk penelitian selanjutnya dapat menambah metode lain dari fungsi *shortest path* pada PostgreSQL dan memberikan data *reverse cost* untuk data penentuan arah lalu lintas.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, Ilyas. 2015. Sepanjang 2015 Lebih Dari 200 Kasus Kebakaran di Semarang, dalam harian Metro Semarang. 2 September 2015.
- Bagir, M. 2012. Model Optimasi Lokasi Pos Pemadam Kebakaran.
- Dijkstra, Edger W., 1959. *Algoritma Dijkstra*.
- Farah, Nur Nasytha. 2013. *Aplikasi pgRouting Untuk Penentuan Jalur Optimum Pada Pembuatan Rute Pemadam Kebakaran (Studi Kasus: Kota Semarang)* : Jurnal Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
- Febby. 2009. *Kebakaran Kota-kota di Indonesia*, dalam harian Republika. Minggu, 8 Februari 2009. Jakarta.
- Kemenristek. 2013. *Modul Analisis Spasial*. Bandung. Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 62 Tahun 2008 tentang Standar Pelayanan Minimal Bidang Pemerintahan dalam Negeri di Kabupaten/ Kota.
- Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 14 Tahun 2006 tentang Pertimbangan Kecepatan Rencana Jalan Raya.
- Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Kecepatan Rencana pada Kelas Jalan.
- Prahasta, Eddy. 2012. *Tutorial PostgreSQL, PostGIS, dan pgRouting*. Bandung: Informatika.
- Republik Indonesia. 2008. *Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 62 tentang Standar Pelayanan Minimal Bidang Pemerintahan dalam Negeri di Kabupaten/ Kota*. Menteri dalam Negeri. Jakarta.
- Setiawan, Wira. 2015. *Tentang Algoritma Dijkstra*. <https://wirasetiawan29.wordpress.com/2015/04/02/tentang-algoritma-dijkstra>. Diakses pada 23 Agustus 2016.
- Setiyadi, Isnaeni, dkk. 2015. *Optimalisasi algoritma dijkstra dalam menghadapi perbedaan bobot jalur pada waktu yang berbeda*. Teknik Elektro dan Teknik Informasi UGM. 2015.
- Sukriyah, Y., dkk., 2016. *Penerapan Algoritma A* (star) untuk Mencari Rute Tercepat dengan Hambatan*. Seminar Nasional Telekomunikasi dan Informatika. Bandung. Teknik Informatika Universitas Widyatama.
- Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Klasifikasi Jalan Raya Berdasarkan Fungsi.
- Zahroh, Latifatul. *Laporan Pengenalan PostgreSQL*. https://www.academia.edu/9400234/Laporan_Pengenalan_PostgreSQL. Diakses pada 23 Agustus 2016.