

Optimasi Penyaluran Bantuan Gempa Jalur Darat di Kota Bukittinggi dengan Penerapan Algoritma Dijkstra

Robby Syaifullah - 13515013
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
13515013@std.stei.itb.ac.id

Abstrak-Dalam problema praktis, efisiensi merupakan faktor penting yang dapat meminimalisasi pengorbanan yang dibutuhkan untuk hasil yang maksimal. Dalam makalah ini, penulis bermaksud untuk memetakan jalur antara pos kesehatan yang ada di Kota Bukittinggi, sehingga para relawan dan petugas kesehatan dapat mengefisienkan pengorbanan waktu yang dibutuhkan untuk penyelamatan dan penyaluran bantuan ketika terjadi bencana alam.

Kata kunci : graf, algoritma Dijkstra, jalur. lintasan.

I. PENDAHULUAN

Indonesia termasuk dalam kawasan *Ring Of Fire* atau Cincin Api Pasifik, yaitu kawasan yang sering mengalami gempa tektonik dan vulkanik serta akibat setelahnya, seperti tsunami dan letusan gunung. Hal ini diperparah dengan posisi Indonesia yang terletak antara 3 lempengan bumi, yakni lempeng Pasifik, lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia. Yang dapat mengakibatkan gempa tektonik ketika terjadi tumbukan, pergeseran antar lempeng, atau lempeng tersebut patah^[1]. Sehingga mayoritas daerah di Indonesia berpotensi mengalami kerusakan ketika terjadi bencana alam di atas, termasuk Kota Bukittinggi.

Penulis memilih Kota Bukittinggi karena kota ini adalah salah satu kota terpadat di Sumatera Barat, daerah asal penulis, hal ini disebabkan oleh Kota Bukittinggi merupakan destinasi wisata sehingga banyak wisatawan yang berkunjung ke kota ini. Selain itu, banyak penduduk dari daerah sekitar Kota Bukittinggi yang setiap harinya bekerja di Kota Bukittinggi karena animo masyarakat bahwa peruntungan ekonomi di kota ini lebih menjanjikan serta Bukittinggi merupakan pusat perekonomian terbesar kedua di provinsi Sumatera Barat setelah Kota Padang.

Dengan padatnya populasi manusia di Kota Bukittinggi, akan sangat sulit untuk menyalurkan bantuan medis dan pangan apabila terjadi bencana alam seperti gempa vulkanik, gempa tektonik, atau gempa apabila Goa Jepang runtuh,-goa yang berada di bawah permukaan tanah di Kota Bukittinggi.

Tanggal	Pusat Wilayah	Magnitude
07-12-2017	Mentawai	4.6 SR
21-10-2017	Mentawai	4.5 SR
27-09-2017	Bukittinggi	4.0 SR ^[2]
10-07-2017	Bukittinggi	5.1 SR
21-06-2017	Mentawai	5.3 SR

Tabel 1.1 Gempa yang terjadi semenjak bulan Juni 2017 yang terjadi di Kota Bukittinggi dan sekitarnya.

Sumber : <http://earthquaketrack.com/id-24-padang/recent>, diakses pada 18 Mei 2017 pukul 08.15. Telah diolah penulis menjadi dalam bentuk tabel.

Berdasarkan tabel di atas, terbukti bahwa Kota Bukittinggi merupakan daerah yang rawan gempa. Dan masyarakat Bukittinggi dan kabupaten/kota sekitarnya akan berobat ke Kota Bukittinggi apabila terjadi gempa bumi mengingat kelengkapan fasilitas medis di Kota Bukittinggi.

Oleh karena itu, penulis akan membuat jalur penyaluran bantuan gempa melalui jalur darat yang menghubungkan setiap pos kesehatan yang ada di Kota Bukittinggi dengan menerapkan Algoritma Dijkstra, sehingga setiap pos kesehatan dapat menerima bantuan medis dan kebutuhan pokok dengan waktu dan jarak yang lebih efisien.

II. DASAR TEORI

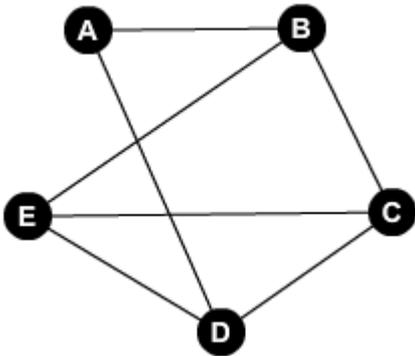
2.1 Graf (*Graph*)

2.1.1 Definisi Graf

Graf G dapat dibentuk apabila ada pasangan himpunan (V,E) dengan notasi $G = (V,E)^{[4]}$, dengan V adalah himpunan dari simpul(*vertices*), dan E adalah himpunan dari sisi (*edges* atau *arcs*) yang menghubungkan dua buah simpul. Himpunan V tidak boleh kosong sedangkan E boleh kosong, artinya syarat minimum graf adalah memiliki 1 buah simpul. Pada makalah ini, penulis menetapkan simpul sebagai pos kesehatan di Kota Bukittinggi, dan sisi sebagai jalur yang menghubungkan antara dua pos kesehatan.

Jika e adalah sisi yang menghubungkan v dan w , notasinya adalah $e = vw$. Dan notasi tersebut ekuivalen dengan pernyataan berikut :

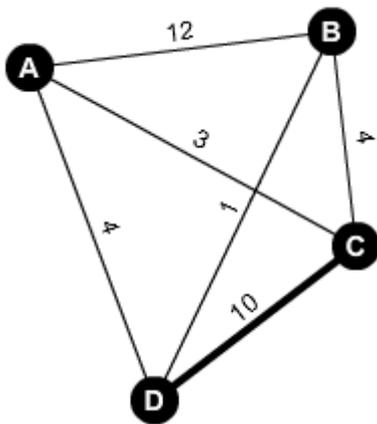
- v dan w bertetangga (adjacent) di G
- sisi e menggabungkan (joining) simpul v dan w di G
- v dan w adalah simpul dengan posisi di kedua ujung sisi e
- v dan w bersisian dengan sisi e ^[5]



Gambar 2.1 contoh graf dengan 5 simpul dan 7 sisi
Sumber : Penulis

2.1.2 Graf Berbobot

Graf berbobot adalah salah satu jenis graf, yaitu graf yang setiap sisinya memiliki nilai (bobot), biasanya dinotasikan dengan w_{ij} yang berarti sisi ij memiliki bobot sebesar w , bobot dapat menyatakan relasi antara dua simpul, seperti jarak, waktu, atau biaya produksi. Pada makalah ini, penulis menetapkan bobot graf adalah jarak antara dua pos kesehatan dalam satuan kilometer (Km).



Gambar 2.2 contoh graf berbobot
Sumber : Penulis

2.2 Lintasan (Path)

2.2.1. Definisi Lintasan

Dalam teori graf, lintasan dari sebuah graf adalah kumpulan

sisi yang berurutan (sekuensial). Kumpulan sisi ini bisa berhingga atau tak berhingga.^[6] Misalkan V_0 dan V_n adalah simpul-simpul dari graf. Sebuah lintasan dari V_0 ke V_n dengan panjang n adalah sebuah barisan berselang-seling dari $n+1$ buah simpul dan n buah sisi yang berawal dari simpul V_0 dan berakhir di simpul V_n .

Pada graf berarah, nama lintasanya adalah lintasan berarah atau disebut dwilintasan (*dipath*).

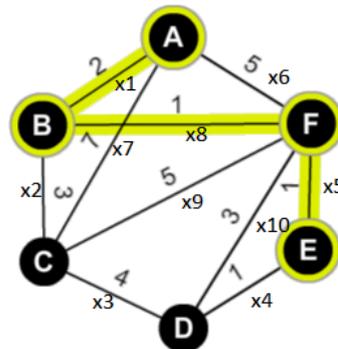
2.2.2. Lintasan Terpendek

Persoalan mencari lintasan merupakan persoalan optimasi. Lintasan terpendek didapatkan berdasarkan dari total bobot minimal dari graf berbobot. Dalam permasalahan yang penulis angkat pada makalah ini, penulis menggunakan asumsi semua bobot pada graf berbobot positif karena tidak mungkin dalam dunia nyata memiliki jarak antar-posisi negative dikarenakan prasyarat dari Algoritma Dijkstra. Dan graf tidak berarah karena jalur-jalur graf tersebut pada dunia nyata adalah jalur dua arah.

Lintasan terpendek dapat dibagi dalam beberapa kategori :

- Lintasan terpendek antara dua buah simpul.
- Lintasan terpendek antara semua simpul.
- Lintasan terpendek antara suatu simpul ke simpul lainnya.
- Lintasan terpendek antara dua buah simpul melalui simpul tertentu.

Pada gambar dibawah, contoh lintasan terpendek jenis (i) yang menghubungkan simpul A ke simpul E melewati A,x1,B,x8,F,x5,E; lintasan = {x1,x8,x5} dengan total bobot 2+1+1=4.



Gambar 2.3. Lintasan terpendek dari simpul A ke E (dan sebaliknya)

Sumber : Penulis

2.3. Algoritma Dijkstra

Algoritma Dijkstra adalah algoritma yang digunakan untuk menentukan lintasan terpendek dari sebuah graf berdasarkan bobot dari graf tersebut. Algoritma Dijkstra merupakan *graph search algorithm* yang menyelesaikan *singlesource path problem* sehingga didapatkan jalur terpendek antara dua *nodes*. Algoritma Dijkstra dapat dimodifikasi sehingga dapat digunakan untuk mencari lintasan terpendek dari satu simpul awal (*initial node*) ke semua simpul dengan cara membandingkan setiap jalur.^[8]

Langkah-langkah dalam menentukan lintasan terpendek pada graf berbobot tersambung menggunakan Algoritma Dijkstra adalah :

1. Pilih simpul awal, simpul yang sudah dikunjungi diinisialisasi dengan '1' dan yang belum diinisialisasi dengan '0' dan jarak dari simpul I adalah '∞'.
2. Bentuk tabel yang terdiri dari simpul, status, bobot, dan predecessor. Lengkapi kolom bobot yang diperoleh dari jarak simpul sumber ke semua simpul yang langsung terhubung dengan node tersebut. Pilih sisi yang berbobot minimum.
3. Jika simpul sumber ditemukan maka tetapkan sebagai simpul terpilih.
4. Tetapkan simpul terpilih dengan label permanen dan *update* simpul yang langsung terhubung.
5. Tentukan simpul sementara yang terhubung pada simpul yang sudah terpilih sebelumnya dan merupakan bobot terkecil dilihat dari tabel dan tentukan simpul yang akan dikunjungi berikutnya.
6. Cek Apakah simpul yang terpilih merupakan simpul akhir(goal) dari pencarian, jika ya, maka kumpulan simpul yang dikunjungi sebelum simpul terpilih merupakan lintasan terpendek.
7. Ulangi langkah sebelumnya sampai simpul tujuan ditemukan.

Berikut *Pseudo-code* dari algoritma Dijkstra [8]

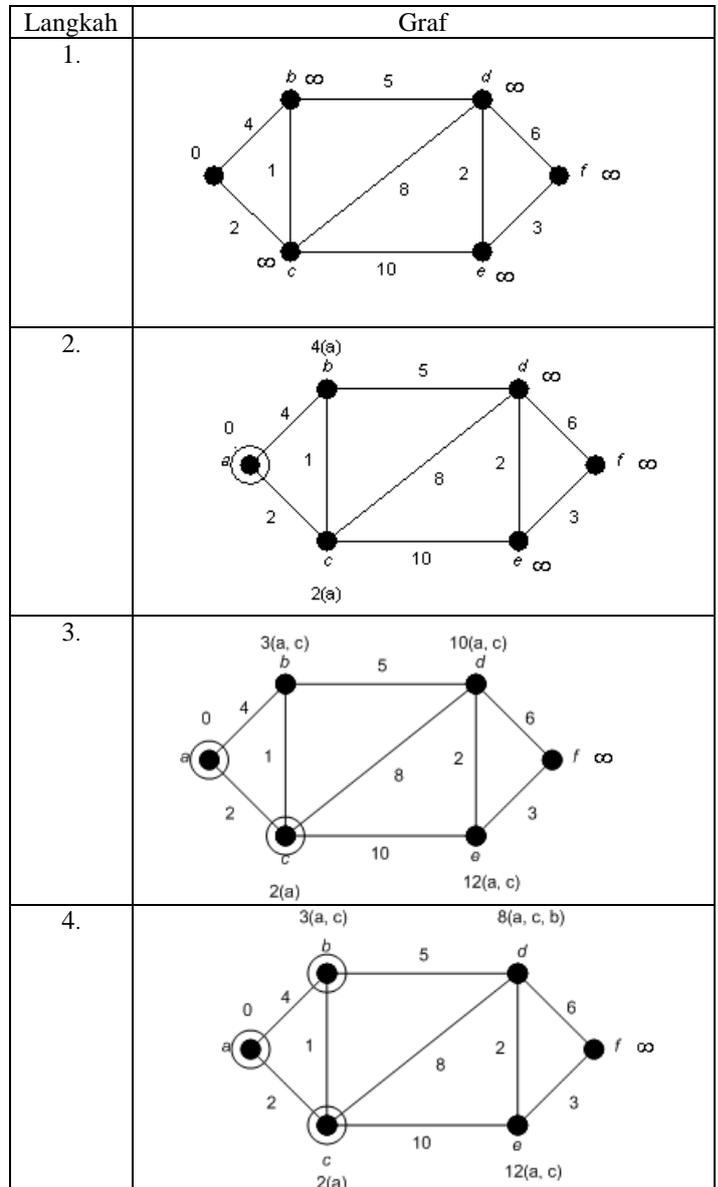
```

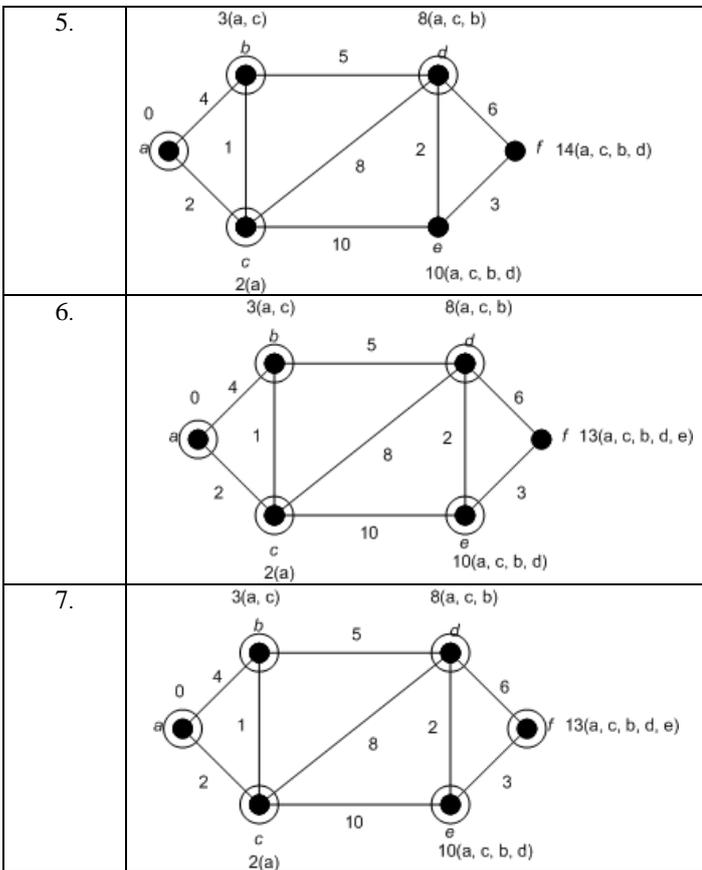
procedure Dijkstra (input G:
weighted_graph, input a:
initial_vertex)
Deklarasi:
  S : himpunan simpul solusi
  L : array[1..n] of real { L(z)
berisi panjang lintasan terpendek
dari a ke z}
Algoritma
for i ← 1 to n
    L(vi) ← ∞
end for
  L(a) ← 0; S ← { }
while z ∉ S do
  u ← simpul yang bukan di dalam S
dan memiliki L(u) minimum
  S ← S ∪ {u}
  for semua simpul v yang tidak
terdapat di dalam S
    if L(u) + G(u,v) <
L(v) then L(v) ← L(u) + G(u,v)
  end for
end while
  
```

Pada kasus normal, Algoritma Dijkstra waktu yang dibutuhkan Algoritma Dijkstra adalah $O(V \cdot \log V + E)$ dimana

V adalah banyaknya simpul dan E adalah jumlah sisi^[9]. Kompleksitas algoritma Dijkstra adalah $O(n^2)$. Sehingga untuk mencari semua pasangan verteks terpendek, total waktu asimtotik komputasinya adalah $T(n) = n \cdot O(n^2) = O(n^3)$, algoritma Dijkstra lebih menguntungkan dari sisi running time.^[8]

Berikut contoh eksekusi Algoritma Dijkstra yang menentukan lintasan terpendek dengan simpul awal adalah simpul a.

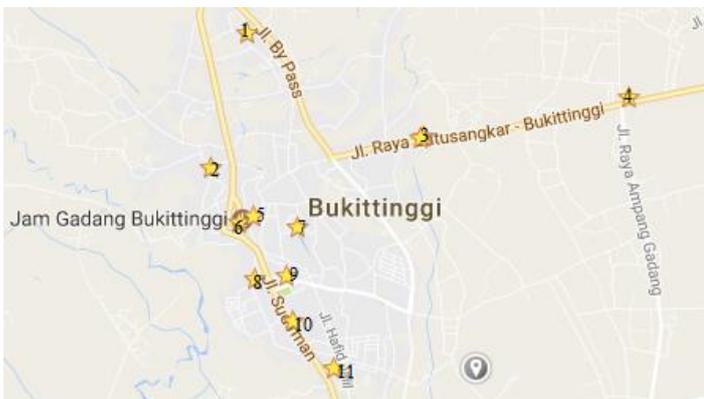




Tabel 2.1. Contoh eksekusi algoritma Dijkstra
 Sumber : Slide bahan kuliah IF2211 Strategi Algoritma, Rinaldi Munir.

III. Jalur Bantuan Gempa Antar Pos Kesehatan di Kota Bukittinggi

3.1 Peta Kota Bukittinggi



Gambar 3.1. Peta Kota Bukittinggi dengan bintang bernomor merupakan persebaran Pusat Kesehatan Masyarakat (Puskesmas) dan Rumah Sakit (RS) yang ada di Kota Bukittinggi.

Sumber : maps.google.com dan tambahan nomor dari penulis. Diakses 19 Mei 2017 pukul 09.00

Berikut adalah daftar Puskesmas dan RS yang ada di Kota Bukittinggi

No	Nama Institusi Kesehatan
1	Puskesmas Gulai Banchah (B)
2	R.S. Achmad Mochtar (A)
3	Puskesmas Mandiangin (C)
4	Puskesmas TigoBaleh (D)
5	Puskesmas Nilam Sari (E)
6	R.S. Angkatan Darat (F)
7	Puskesmas Perkotaan Rasimah Ahmad (G)
8	R.S. Islam Ibnu Sina (H)
9	R.S. Umum Madina (I)
10	R.S. Stroke Nasional (J)
11	R.S. Tumor (K)

Tabel 3.1. Legenda dari peta gambar 3.1

Sumber : <http://asgar.or.id/health/layanan-kesehatan/daftar-puskesmas/daftar-puskesmas-di-kota-bukittinggi-provinsi-sumatera-barat> dan <http://asgar.or.id/health/layanan-kesehatan/daftar-rumah-sakit/daftar-rumah-sakit-di-kota-bukittinggi-provinsi-sumatera-barat>

Diakses pada 19 Mei 2017 pukul 09.00

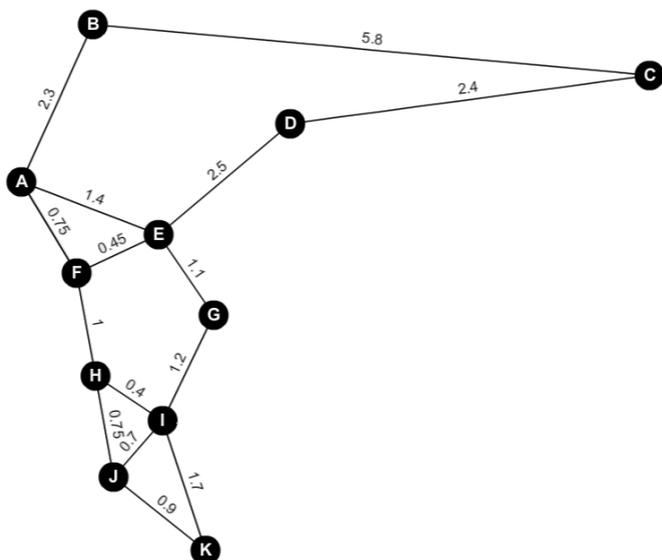
1.2 Analisis Permasalahan

Apabila terjadi bencana alam yakni gempa Bumi di Kota Bukittinggi, Puskesmas dan RS akan menjadi tempat pelarian pertama untuk para korban gempa, karena itu akan dibutuhkan stok medis dan bahan kebutuhan pokok pada setiap pos kesehatan. Karena itu, dibutuhkan jalur yang efisien, yakni jalur yang bisa menghubungkan setiap pos kesehatan dengan jarak semimumimum mungkin.

IV. PENERAPAN ALGORITMA DIJKSTRA UNTUK MENENTUKAN RUTE MINIMUM

Algoritma Dijkstra diterapkan untuk menemukan rute dengan jarak tempuh minimum dari rumah sakit utama di kota Bukittinggi, yakni R.S Achmad Mochtar ke Rumah Sakit dan Puskesmas lainnya

Berikut adalah graf yang menggambarkan jalur bantuan gempa, dengan simpul A,B sampai K adalah pos kesehatan yang ada dan sisi-sisinya adalah jalur yang bisa dilewati oleh relawan.



Penulis menggambar graf dengan mengasumsikan bahwa jarak yang tertera pada *Google Map* tidak jauh berbeda dengan realitanya, dan jarak antar simpul dalam kilometer.

Setelah itu, diterapkan Algoritma Dijkstra pada graf berbobot tersebut. Didapatkan hasil seperti pada tabel berikut

Gambar 4.1. Graf berbobot berdasarkan peta pada gambar 3.1
Sumber : Olahan penulis

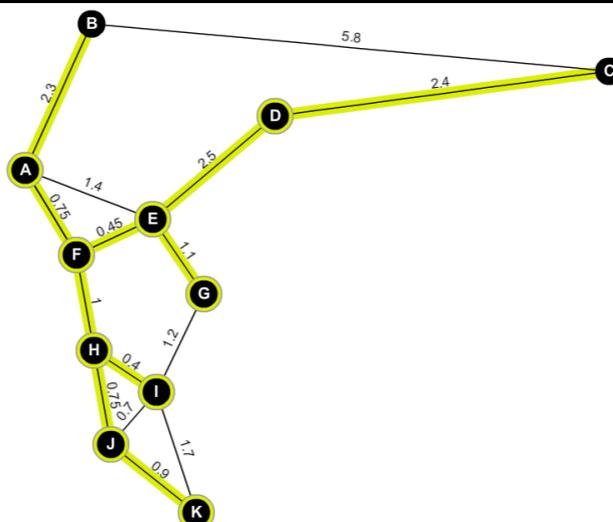
Lela-ran	Simpul	Lintasan	Simpul yang Dikunjungi											Jarak dari Simpul Awal										
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Initial	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
1	A	A	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.3	∞	∞	1.4	0.75	∞	∞	∞	∞	∞
2	F	A,F	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2.3	∞	∞	1.2	0.75	∞	1.75	∞	∞	∞
3	E	A,F,E	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2.3	∞	3.7	1.2	0.75	3.3	1.75	2.15	2.5	∞
4	H	A,F,H	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	2.3	∞	3.7	1.2	0.75	3.3	1.75	2.15	2.5	3.85
5	I	A,F,H,I	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	2.3	8.1	3.7	1.2	0.75	3.3	1.75	2.15	2.5	3.85
6	B	A,B	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	2.3	8.1	3.7	1.2	0.75	3.3	1.75	2.15	2.5	3.4
7	J	A,F,H,J	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	2.3	8.1	3.7	1.2	0.75	3.3	1.75	2.15	2.5	3.4
8	G	A,F,E,G	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	2.3	8.1	3.7	1.2	0.75	3.3	1.75	2.15	2.5	3.4
9	K	A,F,H,J,K	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	2.3	8.1	3.7	1.2	0.75	3.3	1.75	2.15	2.5	3.4
10	D	A,F,E,,D	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	2.3	6.1	3.7	1.2	0.75	3.3	1.75	2.15	2.5	3.4
11	C	A,F,E,D,C	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	2.3	6.1	3.7	1.2	0.75	3.3	1.75	2.15	2.5	3.4

Tabel 4.1 Solusi Penerapan Algoritma Dijkstra
Sumber : Penulis

Dari solusi di atas, didapatkan rute minimum yang dimulai dari R.S Achmad Mochtar(simpul 1) ke rumah sakit dan puskesmas lainnya di Kota Bukittinggi.

Sebagai contoh, untuk penyaluran bantuan gempa menuju R.S Stroke Nasional (simpul J) membutuhkan jarak tempuh minimum 2.5 km melalui :

1. R.S Achmad Mochtar (simpul awal)
2. R.S Angkatan Darat (simpul F)
3. R.S Ibnu Sina (simpul H)
4. R.S Stroke Nasional (simpul tujuan)



Gambar 4.2 Upagraf dari hasil penerapan Algoritma Dijkstra
Sumber : Penulis

Berikut adalah tabel penjabaran lintasan terpendek dari simpul awal ke semua simpul

Simpul Asal	Simpul Tujuan	Rute yang Dilalui	Jarak Tempuh (km)
(A) R.S Achmad Mochtar	(F) R.S. Angkatan Darat	(A) R.S Achmad Mochtar (F) R.S. Angkatan Darat	0.75
(A) R.S Achmad Mochtar	(H) R.S. Islam Ibnu Sina	(A) R.S Achmad Mochtar (F) R.S. Angkatan Darat (H) R.S. Islam Ibnu Sina	1.75
(A) R.S Achmad Mochtar	(I) R.S. Umum Madina	(A) R.S Achmad Mochtar (F) R.S. Angkatan Darat (H) R.S. Islam Ibnu Sina (I) R.S. Umum Madina	2.15
(A) R.S Achmad Mochtar	(B) Puskesmas Gulai Bancah	(A) R.S Achmad Mochtar (B) Puskesmas Gulai Bancah	2.3
(A) R.S Achmad Mochtar	(J) R.S. Stroke Nasional	(A) R.S Achmad Mochtar (F) R.S. Angkatan Darat (H) R.S. Islam Ibnu Sina (J) R.S. Stroke Nasional	2.5
(A) R.S Achmad Mochtar	(E) Puskesmas Nilam Sari	(A) R.S Achmad Mochtar (F) R.S. Angkatan Darat (E) Puskesmas Nilam Sari	3.3
(A) R.S Achmad Mochtar	(G) Puskesmas Perkotaan Rasimah Ahmad	(A) R.S Achmad Mochtar (F) R.S. Angkatan Darat (E) Puskesmas Nilam Sari (G) Puskesmas Perkotaan Rasimah Ahmad	3.3
(A) R.S Achmad Mochtar	(K) R.S. Tumor	(A) R.S Achmad Mochtar (F) R.S. Angkatan Darat (H) R.S. Islam Ibnu Sina (J) R.S. Stroke Nasional (K) R.S. Tumor	3.4
(A) R.S Achmad Mochtar	(D) Puskesmas TigoBaleh	(A) R.S Achmad Mochtar (F) R.S. Angkatan Darat (E) Puskesmas Nilam Sari (D) Puskesmas TigoBaleh	3.7
(A) R.S Achmad Mochtar	(C) Puskesmas Mandiangin	(A) R.S Achmad Mochtar (F) R.S. Angkatan Darat (E) Puskesmas Nilam Sari (D) Puskesmas TigoBaleh (C) Puskesmas Mandiangin	6.1

Tabel 4.2. Tabel Panduan Jalur Minimum Penyaluran Bantuan Gempa ke Posko kesehatan tertentu
Sumber : Olahan Penulis

V. KESIMPULAN

Teori Graf dan Algoritma Dijkstra dapat diaplikasikan untuk menemukan solusi dari permasalahan kehidupan, pada kasus ini adalah jalur terpendek untuk penyaluran bantuan gempa di Kota Bukittinggi sebagai penanggulangan apabila terjadi bencana alam.

Terdapat kendala pada menentukan jarak realistik antara dua simpul(pos kesehatan) dalam dunia nyata dengan yang di graf, sehingga penulis mengasumsikan bahwa perhitungan yang ada di *Google Maps* mendekati jarak sebenarnya. Dari makalah ini, penulis dapat menyimpulkan bahwa Algoritma Dijkstra dapat memberikan solusi untuk menentukan jalur terpendek dalam penyaluran bantuan gempa ke pos-pos kesehatan.

VI. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan syukur kepada Allah, Tuhan Yang Maha Kuasa, yang memberikan penulis kesempatan untuk menyelesaikan makalah ini. Selanjutnya kepada keluarga penulis, khususnya orangtua, yang telah memberikan motivasi dan inspirasi sehingga penulis mendapatkan ide ini sebagai tugas makalah penulis. Penulis juga berterima kasih kepada Ibu Masayu Leylia Khodra, ST., MT. yang telah membimbing penulis selama satu semester ini untuk mata kuliah Strategi Algoritma. Dan terakhir, teman-teman Jurusan Informatika tahun angkatan 2015 yang telah memberikan informasi-informasi terkait dengan pembuatan makalah ini.

VII. DAFTAR REFERENSI

- [1] <http://www.plimbi.com/article/160501/mengapa-gempa-sering-terjadi-di-indonesia>, diakses pada 18 Mei 2017 pukul 08.15
- [2] <http://news.okezone.com/read/2017/09/27/340/1499643/gempa-guncang-bukittinggi-warga-panik-berhamburan>, Diakses pada 18 Mei 2017 pukul 08.15
- [3] <http://earthquaketrack.com/id-24-padang/recent>, diakses pada 18 Mei 2017 pukul 08.15.
- [4] Harju, Tero., "Lecture Notes on Graph Teory", cs.bme.hu/fcs/graphtheory.pdf, diakses pada 18 Mei 2017 pukul 08.30
- [5] Munir, Rinaldi. "Materi Kuliah IF 2120 Matdis –Graf(2015)", [http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2015-2017/Graf%20\(2015\).ppt](http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2015-2017/Graf%20(2015).ppt), diakses pada 18 Mei pukul 08.30, dengan pengubahan ukuran C. J. Kaufman, Rocky Mountain Research Lab., Boulder, CO, private communication, May 1995.
- [6] Bondy, J. A.; Murty, U. S. R. (1976). Graph Theory with Applications. North Holland. pp. 12–21. ISBN 0-444-19451-7.
- [7] Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., *Introduction to Algorithms, Second Edition*, Cambridge: MIT Press. 2001.
- [8] Munir, Rinaldi, "Diktat Kuliah IF 2211 Strategi Algoritma"
- [9] <https://cs.stackexchange.com/questions/60222/dijkstras-algorithm-runtime-for-dense-graphs>, diakses pada 18 Mei 2017 pukul 15.00

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, 19 Mei 2017



Robby Syaifullah – 135135013