



PENENTUAN RUTE EVAKUASI TERCEPAT BENCANA ALAM GEMPA BUMI DI DAERAH PADAT PENDUDUK BARENG KOTA MALANG MENGGUNAKAN ALGORITMA DJIKSTRA

Kartika Sari 1^{*}, Febriana Putri Arafa 2², Andi Daniah Pahrany³

S1 Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, kartika.sari2003126@students.um.ac.id¹

S1 Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, febriana.putri.2003126@students.um.ac.id²

S1 Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, andi.daniah.fmipa@um.ac.id³

*Email : kartika.sari2003126@students.um.ac.id

Abstrak

Matematika ialah ilmu perhitungan yang digunakan untuk memecahkan masalah pada kehidupan sehari-hari. Salah satu topik dari cabang ilmu matematika ini telah dibahas yakni mengenai masalah penentuan rute. penentuan rute digunakan untuk menyelesaikan masalah dengan penyelesaian yaitu menentukan rute tercepat / terpendek dalam bentuk Graf dengan bantuan algoritma. Adapun metode yang digunakan dalam masalah ini adalah menggunakan metode penelitian kualitatif dengan mencari data langsung ke lapangan. Tujuan dibuat artikel ini untuk menentukan jalur evakuasi bencana dengan waktu yang efisien. Hasil dari bahasan artikel ini adalah penentuan rute evakuasi tercepat bencana alam gempa bumi di daerah padat penduduk Bareng Kota Malang dengan bantuan algoritma Dijkstra.

Kata kunci: Graf, jalur, rute evakuasi, algoritma djikstra, bencana

PENDAHULUAN

Bencana alam dapat terjadi secara tiba-tiba maupun melalui proses yang berlangsung secara perlahan. Beberapa jenis bencana seperti gempa bumi, hampir tidak mungkin diperkirakan secara akurat kapan, dimana akan terjadi dan besaran kekuatannya (Munandar, 2019). Bencana gempa bumi adalah salah satu bencana mengalami proses alami dan menyebabkan hilangnya nyawa, harta benda dan mengakibatkan ketidakseimbangan kehidupan manusia. Gempa bumi dapat diakibatkan oleh peristiwa letusan gunung api, tanah longsor, ledakan bom, dan banyak lagi penyebab lainnya. Namun umumnya mereka disebabkan oleh gerakan mendadak kerak bumi di sepanjang bidang patahan (Husein, 2016). Ketika terjadi gempa bumi, informasi berupa intensitas getaran harus segera dicatat dan sampikan kepada generasi penurus, sebagai data yang berharga agar mereka lebih siap dalam menghadapi bencana gempa bumi yang senantiasa berulang ini (Husein, 2016).

Menurut Permen PU No. 20 tahun 2011, dalam pengembangan BWP, suatu wilayah yang dikategorikan sebagai kawasan rawan bencana wajib menyediakan jalur evakuasi bencana meliputi jalur evakuasi sementara yang terintegrasi baik untuk skala kabupaten/kota, kawasan, maupun lingkungan. Dalam regulasi tersebut menyatakan bahwa jalur dan ruang evakuasi bencana digunakan untuk tempat keselamatan dan tempat berlindung jika terjadi bencana yang ditetapkan dalam skala kabupaten/kota, skala kawasan, dan skala lingkungan berupa jalur evakuasi bencana (*escape way*) dan ruang evakuasi bencana (*meeting point*).

Dengan adanya jalur evakuasi di daerah padat penduduk, daerah yang cenderung memiliki jalan cukup sempit sehingga sulit untuk masyarakat berlari menghindari runtuhnya bangunan. Berdasarkan permasalahan yang dipaparkan, Kelurahan Bareng dipilih menjadi wilayah studi kasus dalam penelitian ini. Selain karena data juga karena kurangnya penelitian terkait bencana alam gempa bumi dan upaya penanggulangan bencana yang bersifat mendetail.

Dari masalah diatas diharapkan meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi bencana sehingga tindakan cepat bagi masyarakat untuk menyelamatkan diri dan mengamankan harta benda saat adanya peringatan dini bencana alam gempa bumi.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Lokasi Penelitian
Penelitian akan dilakukan di kawasan padat penduduk, tepatnya di daerah Kelurahan Bareng Kota Malang
2. Sampel Data
 - a. Jarak antara titik lokasi ke titik kumpul
 - b. Waktu yang digunakan untuk warga menyelamatkan diri dari titik lokasi ke titik kumpul
 - c. Kecepatan yang dihasilkan dari perhitungan jarak dan waktu
3. Prosedur Penelitian
 - a. Mempelajari algoritma djikstra untuk menentukan rute tercepat evakuasi
 - b. Mengumpulkan data dari tempat penelitian
 - c. Memodelkan algoritma Djikstra
 - Menentukan jarak antara titik lokasi ke titik kumpul
 - Menentukan waktu warga menyelamatkan diri dari titik lokasi ke titik kumpul
 - Menentukan hasil kecepatan yang diperoleh dari perhitungan antara jarak dan waktu
 - Menerapkan algoritma Djikstra kedalam proses perhitungan dengan memasukkan hasil dari variabel yang telah ditentukan
 - Menentukan urutan titik yang diperoleh dari perhitungan algoritma Djikstra
 - Tahap pembentukan rute tercepat berdasarkan titik
4. Implementasi menggunakan Algoritma Djikstra
5. Pengujian digunakan untuk pembuktian bahwa algoritma Djikstra dapat digunakan dalam penentuan rute tercepat evakuasi di kawasan Bareng (Andayani Perwitasari, 2014)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Definisi Jarak

Jarak merupakan angka yang menunjukkan seberapa jauh benda berubah posisi melalui suatu lintasan tertentu. Dalam fisika atau dalam kehidupan sehari-hari, jarak dapat berupa estimasi jarak fisik dari dua posisi berdasarkan kriteria tertentu, misalnya jarak tempuh Jakarta-Bandung. Jarak berbeda dengan koordinat posisi, jarak tidak mungkin bernilai negatif. Jarak merupakan besaran skalar sedangkan perpindahan merupakan besaran vektor. Jarak yang ditempuh oleh kendaraan biasanya ditunjukkan dalam kilometer, orang atau objek, haruslah dibedakan dengan jarak antar titik satu dengan yang lainnya.

Definisi Lintasan

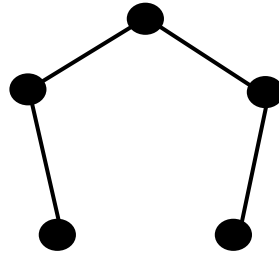
Lintasan adalah jalan yang dilalui suatu materi/benda yang bergerak, lintasan atau trayek adalah tempat posisi titik-titik oleh suatu benda yang bergerak. Lintasan gerak benda bisa berupa garis lurus, lingkaran atau parabola. Lintasan dapat lebih mudah dipahami dalam bentuk graf. Perhatikan pada Gambar 1 yang dimaksud dengan lintasan adalah penghubung atau jalur dari kota A ke kota B.



Gambar 1. Lintasan Graf

Definisi Graf

Graf adalah salah satu dari cabang ilmu matematika yang sudah banyak aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari, akan tetapi dalam teori graf masih banyak kajian di dalamnya. Graf G terdiri atas himpunan yang tidak kosong dari elemen – elemen yang disebut (*vertices* atau *node*) yang dalam penulisan ini disimbolkan dengan V , sedangkan himpunan sisi (*edges* atau *arcs*) disimbolkan dengan E dan seterusnya menggunakan istilah titik dan sisi. Contoh graf dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. Contoh Graf

Algoritma Dijkstra

Algoritma Dijkstra ditemukan oleh Edsger Dijkstra pada tahun 1959, algoritma ini merupakan algoritma pencarian graf yang memecahkan masalah jalur terpendek yang bersumber dari satu simpul untuk sebuah graf dengan bobot simpul tidak boleh negatif. Analisis dilakukan dengan cara memeriksa simpul dengan bobot terkecil dan memasukkannya ke dalam himpunan solusi dengan awal pencarian simpul asal membutuhkan pengetahuan tentang semua jalur dan bobotnya, sehingga dibutuhkan pertukaran informasi dengan semua simpul (Prabowo and Supratman, 2020).

Algoritma Dijkstra dapat menyelesaikan jalur terpendek dari sebuah titik asal dan titik tujuan dalam suatu graf berbobot $G = (V, E)$. Jarak terpendek diperoleh dari dua buah titik jika total bobot dari semua simpul dalam jaringan graf adalah yang paling minimal. Sebelum meneruskan lebih lanjut perlu diketahui beberapa notasi yang digunakan:

Tabel 1.1 Notasi pada Algoritma Dijkstra

No	Notasi	Ket
1	$l(i, j)$	panjang jarak diantara simpul i ke simpul j
2	a	titik awal pencarian
3	d_{ai}	jarak yang dikenal terpendek dan bersifat permanen dari titik awal ke titik (i) dalam suatu jaringan
4	q_i	titik terdahulu yang dikenal terpendek dari titik awal ke titik (i) dalam suatu jaringan
5	c	titik terakhir yang telah pindah ke keadaan permanen

Langkah prosedural Algoritma Dijkstra sebagai berikut :

1. Proses dimulai dari titik awal (a), $d_{aa} = 0$. Maka titik yang satu-satunya permanen adalah titik a. Dan titik lain berlabel sementara yang diisi dengan inisial tak hingga (∞)
2. Memeriksa cabang titik yang keluar dari titik terakhir yang bersifat permanen dengan persamaan dengan persamaan

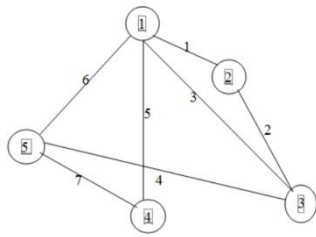
$$d_{ai} = [d_{ai} - l(c, l)] \dots (1)$$

3. Menentukan titik mana yang akan lulus dari label sementara menjadi label permanen. Dengan cara membandingkan nilai titik dari hasil langkah kedua dan diambil nilai titik yang paling minimum. Kemudian untuk mengetahui nilai titik permanen terdahulu, masukkan kedalam persamaan

$$[d_{ai} = l(i, j)] = \dots d_{ai} \dots (2)$$

4. Setelah mendapatkan titik dengan nilai minimum, maka titik yang bernilai minimum tersebut ditetapkan sebagai titik permanen berikutnya.
5. Jika masih terdapat titik yang belum berlabel permanen maka ulangi kembali dari langkah 2.

Pada Gambar 3 diberikan contoh sebuah graf tak berarah yang terdiri dari 5 buah titik dan 7 buah jalur yang menghubungkan antar dua buah titik. Algoritma Dijkstra digunakan untuk mencari jarak terpendek dari sebuah titik ke titik lainnya pada graf tak berarah tersebut.

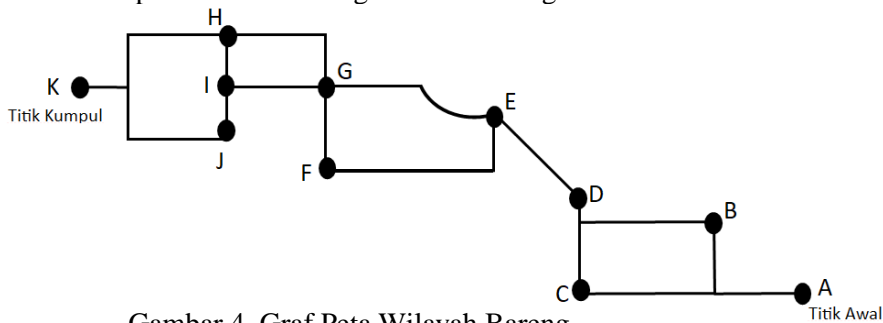


Gambar 3. Contoh graf tak berarah

Berdasarkan contoh graf tak berarah di atas ditentukan titik awal pencarian adalah titik 1 dengan tujuan yaitu titik 4 dan akan dicari jarak terpendek yang dapat ditempuh dari titik 1 untuk menuju titik 4 (Ratnasari et al., 2013).

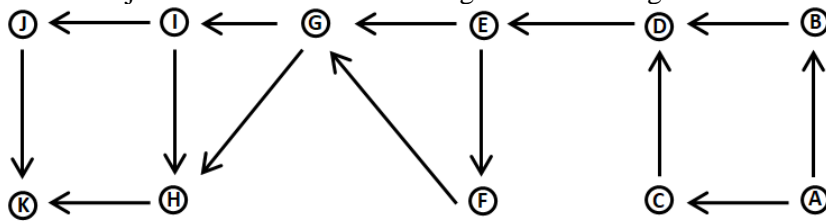
Dalam algoritma Dijkstra penentuan rute evakuasi tercepat bencana alam gempa bumi daerah Bareng, hal ini bersesuaian dengan cara kerja algoritma Dijkstra yang dapat menyelesaikan jalur terpendek dari sebuah titik asal dan titik tujuan dalam suatu graf. Jarak terpendek diperoleh dari dua buah titik jika total bobot dari semua simpul dalam jaringan graf adalah yang paling minimal. Titik titik pada himpunan diilustrasikan sebagai titik awal (titik lokasi / jalur evakuasi). Kemudian hasil perhitungan dari jarak, waktu, dan kecepatan yang akan dijadikan bobot dari sisi graf. Penyelesaian akan menggunakan Algoritma Dijkstra untuk mendapatkan hasil jalur evakuasi tercepat.

- ✓ Gambaran peta Daerah Bareng dalam bentuk graf



Gambar 4. Graf Peta Wilayah Bareng

- ✓ Gambaran jalur evakuasi Daerah Bareng dalam bentuk graf



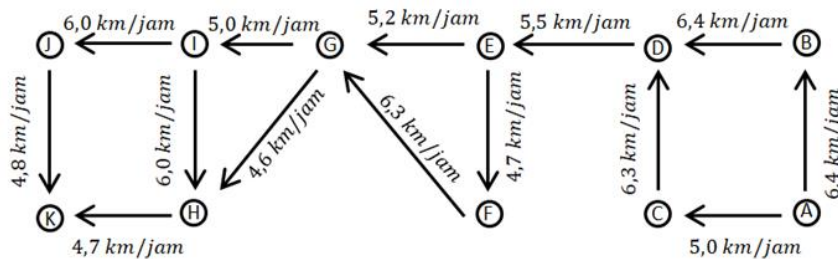
Gambar 5. Jalur Evaluasi Wilayah Bareng

- ✓ Perhitungan jarak, waktu, dan kecepatan

Tabel 1.2 Tabel Perhitungan Kecepatan

NO	Titik Awal	Titik Tujuan	Jarak (Km)	Waktu (Jam)	Kecepatan (Km/Jam)
1	A	B	0,09	0,014	6,4
2	B	D	0,07	0,011	6,4
3	A	C	0,05	0,010	5,0
4	C	D	0,10	0,016	6,3
5	D	E	0,11	0,020	5,5

NO	Titik Awal	Titik Tujuan	Jarak (Km)	Waktu (Jam)	Kecepatan (Km/Jam)
6	E	F	0,17	0,036	4,7
7	E	G	0,13	0,025	5,2
8	F	G	0,10	0,016	6,3
9	G	I	0,14	0,028	5,0
10	G	H	0,18	0,039	4,6
11	H	K	0,20	0,043	4,7
12	I	J	0,06	0,010	6,0
13	I	H	0,06	0,010	6,0
14	J	K	0,16	0,033	4,8



Gambar 6. Graf Jalur Evakuasi Wilayah Bareng

- ✓ Perhitungan dengan menggunakan Algoritma Dijkstra
Tabel 1.3 Tabel Perhitungan dengan Algoritma Dijkstra

V	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A	0 _A	6,4 _A	5 _A	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
C		6,4 _A	5 _A	11,3 _C	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
B		6,4 _A		12,8 _C	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
D				12,8 _C	18,3 _D	∞	∞	∞	∞	∞	∞
E					18,3 _D	23 _E	23,5 _E	∞	∞	∞	∞
F						23 _E	29,3 _F	∞	∞	∞	∞
G							29,3 _E	33,9 _G	34,3 _G	∞	∞
H								33,9 _G	34,3 _G	∞	38,6 _H
I									34,3 _G	40,3 _I	38,6 _H
K											38,6 _H

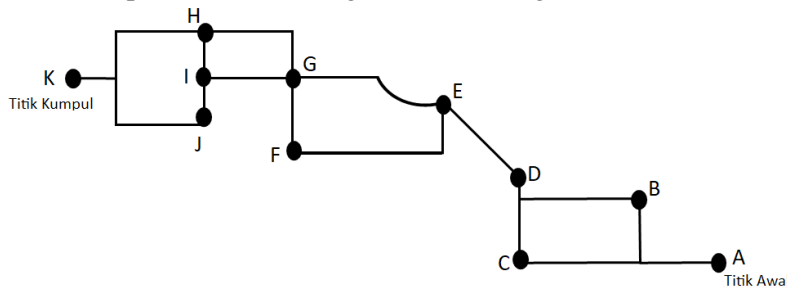
- ✓ Sehingga dalam penentuan jalur evakuasi dengan menggunakan perhitungan algoritma Dijkstra didapatkan nilai 38,6_H dimana H berada di kolom K. Kemudian didapatkan rute sementara H – K. Pada

kolom titik H menghasilkan nilai $33,9_G$ maka didapatkan rute sementara G – H – K. Pada kolom titik G menghasilkan nilai $29,3_F$ maka didapatkan rute sementara F – G – H – K. Pada kolom titik F menghasilkan nilai 23_E maka didapatkan rute sementara E – F – G – H – K. Pada kolom titik E menghasilkan nilai $18,3_D$ maka didapatkan rute sementara D – E – F – G – H – K. Pada kolom titik D menghasilkan nilai $12,8_C$ maka didapatkan rute sementara C – D – E – F – G – H – K. Pada kolom titik C menghasilkan nilai 5_A dimana titik A merupakan titik awal, sehingga didapatkan rute evakuasi dengan menggunakan algoritma Dijkstra adalah **A – C – D – E – F – G – H – K**.

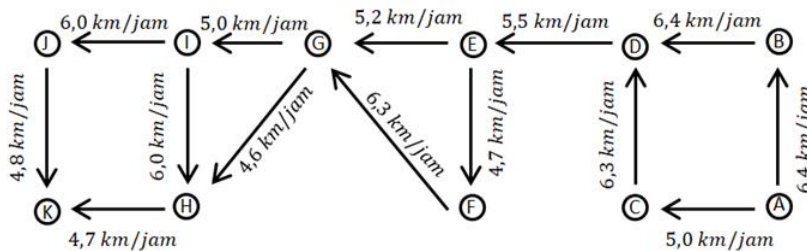
PENUTUP

Berdasarkan hasil pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa langkah-langkah untuk menentukan rute jalur evakuasi tercepat bencana alam gempa bumi di daerah Bareng yang padat penduduk dengan menggunakan *Algoritma Dijkstra* adalah sebagai berikut:

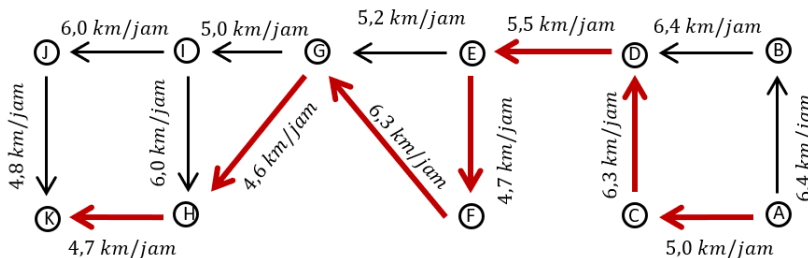
1. Membuat peta Daerah Bareng dalam bentuk graf.



2. Menentukan jarak antara titik lokasi ke titik kumpul.
3. Menentukan waktu saat warga menyelamatkan diri dari titik lokasi ke titik kumpul.
4. Menentukan kecepatan yang dihasilkan dari perhitungan jarak dan waktu.
5. Membuat graf serta lintasan dengan bobot menggunakan hasil dari kecepatan (km/jam).



6. Mengimplementasikan Algoritma Dijkstra ke dalam perhitungan.
7. Menentukan urutan titik yang diperoleh dari perhitungan Algoritma Dijkstra
Urutan titik yang diperoleh dari perhitungan Algoritma Dijkstra yakni **A – C – D – E – F – G – H – K**.
8. Menentukan pembentukan rute tercepat berdasarkan titik yang sudah terpilih.



Dari langkah – langkah diatas didapatkan bahwa perhitungan menggunakan Algoritma Dijkstra yakni dari titik **A – C – D – E – F – G – H – K**. Saran untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan penelitian dengan menggunakan solusi algoritma yang berbeda seperti menerapkan algoritma maksimum *cost flow*, algoritma minimum *cost flow*, algoritma *greedy* serta penerapan algoritma dan alat bantu yang lain.

DAFTAR RUJUKAN

- Wiyono, M. 2009. Profesionalisme Dosen Matematika dalam Program Penjaminan Mutu. *Jurnal Ilmu Pendidikan Matematika*, 16(1): 51-58
- Andayani, S., Perwitasari, E.W., 2014. Penentuan Rute Terpendek Pengambilan Sampah di Kota Merauke Menggunakan Algoritma Dijkstra.
- Husein, S., 2016. Bencana Gempabumi. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1112.6808>
- Munandar, A., Suhardjo, S., Lestariningsih, D.S., Hardi, O.S., 2019. Peningkatan Kesiapsiagaan Siswa Sekolah Dasar dalam Menghadapi Bahaya Gempa Bumi dan Tsunami. *JS* 8, 210. <https://doi.org/10.29405/solma.v8i2.2892>
- Prabowo, A., Supratman, J., 2020. USULAN PETA JALUR EVAKUASI MENGGUNAKAN ALGORITMA DIJKSTRA DI GEDUNG ALAWIYAH – UIA 02.
- Ratnasari, A., Ardiani, F., Nurvita, F., 2013. Prosiding. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang.