

Penentuan Jalur Evakuasi Terbaik Bencana Gunung Tangkuban Perahu Menggunakan Algoritma Dijkstra

Joko Irawan^{*1}, Sri Nuryani², Rainly Mogot Pandin³

^{1,2,3}Program Studi Sistem Informasi Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer
STMIK LIKMI Bandung Indonesia

E-mail: ^{*1}gonzalesokko@gmail.com, ²Nuri27satria@gmail.com, ³rainraf@gmail.com

Abstrak

Gunung Tangkuban Perahu adalah salah satu gunung berapi aktif yang berada di Kecamatan Lembang, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat, Indonesia. Dalam menghadapi bahaya ketika terjadi bencana gunung berapi, pemerintah menerapkan sistem peringatan dini sebagai mekanisme kesiapsiagaan masyarakat. Untuk meminimalisir waktu tempuh agar penduduk dengan cepat terevakuasi menuju ke titik kumpul, diperlukan penentuan jalur terdekat dari banyak jalur alternatif yang ada. Pada penelitian ini diterapkan algoritma Dijkstra sering dikenal dengan nama pencarian jalur terpendek (*shortest path problem*) berdasarkan bobot terkecil dari satu titik ke titik lainnya. Penelitian ini menghasilkan suatu sistem penentuan jalur evakuasi gunung Tangkuban Perahu yang memberikan informasi jalur-jalur evakuasi terbaik dari sekian jalur alternatif yang ada sebagai salah satu tahap kesiapsiagaan yang memudahkan penduduk sampai dengan cepat menuju titik kumpul sebelum terjadi bencana erupsi Gunung Tangkuban Perahu. Sistem yang dihasilkan dari penelitian ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan algoritma Dijkstra dapat diperoleh jalur evakuasi terbaik dengan jarak yang lebih pendek yaitu sebesar 1.237,60 dibandingkan dengan perhitungan jarak tanpa menggunakan algoritma Dijkstra yaitu sebesar 1.877.05.

Kata Kunci—Tangkuban Perahu; Evakuasi; Jalur Terpendek; Dijkstra

Abstract

Mount Tangkuban Perahu is an active volcano located in Lembang District, West Bandung Regency, West Java Province, Indonesia. In facing the danger when a volcanic disaster occurs, the government implements an early warning system as a community preparedness mechanism. To minimize travel time so that residents can quickly be evacuated to the gathering point, it is necessary to determine the closest route from the many alternative routes available. In this study Dijkstra's algorithm is applied, often known as the shortest path problem based on the smallest weight from one point to another. This research resulted in a system for determining the evacuation route for Mount Tangkuban Perahu which provides information on the best evacuation routes from all the alternative routes available as one of the preparedness stages that makes it easier for residents to quickly get to the gathering point before the eruption of Mount Tangkuban Perahu. The system resulting from this study shows that by using Dijkstra's algorithm the best evacuation route can be obtained with a shorter distance, which is 1,237.60 compared to calculating the distance without using Dijkstra's algorithm, which is 1,877.05.

Keywords—Tangkuban Perahu; Evacuation; Shortest Path; Dijkstra

1. PENDAHULUAN

Gunung Tangkuban Perahu yakni sebuah gunung di provinsi Jawa Barat, tingginya 2.084 meter di atas permukaan laut, kurang lebih 20 km sebelah utara kota Bandung. Gunung Tangkuban Perahu terletak di perbatasan Bandung Barat dengan Subang, bersebelahan dengan Cikole Lembang. Puncak Gunung Tangkuban Perahu berada di koordinat 107.633 BT; 6.773 LS[1]. Gunung Tangkuban Perahu merupakan gunung berapi aktif, terlihat dari banyaknya kawah yang terus menerus memuntahkan gas belerang dan sumber air panas di kaki gunung. Sumber air panas itu diantaranya ialah pemandian air panas daerah Ciater, Subang.

Indonesia menggunakan sistem peringatan untuk keadaan gunung berapi. Ada empat tingkatan status letusan gunung api yang menunjukkan keadaan dan aktivitas gunung api, yaitu peringatan awas, peringatan siaga, peringatan waspada, dan peringatan normal[1]. Peringatan awas berarti menunjukkan gunung api akan segera ataupun sedang meletus yang menggambarkan kondisi berbahaya dan terjadi bencana. Peringatan waspada berarti menunjukkan ada aktivitas dalam bentuk apapun dengan peningkatan aktivitas di atas peringatan normal. Peringatan terakhir yaitu peringatan normal yang berarti menunjukkan gunung api dalam keadaan yang sangat normal, tidak ada tanda-tanda aktivitas tekanan magma. Tingkat kerawanan suatu wilayah jika terdapat kejadian letusan gunung berapi dapat dilihat pada peta Kawasan Rawan Bencana (KRB), peta ini mendeskripsikan tentang jenis dan karakteristik bahaya vulkanik, wilayah rawan bencana, jalur evakuasi, daerah evakuasi dan pos pengendalian bencana. Berdasarkan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Kawasan Rawan Bencana (KRB) Gunung Tangkuban Perahu terbagi jadi 3 tingkatan mulai dari rendah hingga tinggi yakni KRB I, KRB II, dan KRB III. KRB I merupakan jalur yang berpotensi terhadap aliran lahar, KRB II merupakan wilayah yang berpotensi terhadap lontaran batu dan hujan abu lebat, dengan radius maksimal 5 kilometer dari pusat erupsi, KRB II juga berpotensi terlanda aliran lava, gas beracun, awan panas dan lahar, sedangkan KRB III selalu terkena hujan abu lebat atau lumpur panas, lontaran batu dalam radius maksimal 1 kilometer dari pusat erupsi, KRB III juga selalu terlanda aliran lava, gas beracun, awan panas dan lahar.

Sebagai perencanaan dini bencana terjadi, penyelamatan mesti segera dilakukan ke titik evakuasi terdekat. Jalur evakuasi merupakan jalan atau jalur yang telah dirancang dan disetujui sebagai jalur evakuasi teraman yang tersedia. Terdapat 2 jenis evakuasi atau penyelamatan yang dapat dibedakan, yakni evakuasi skala kecil dan evakuasi skala besar[2]. Evakuasi skala kecil merupakan bencana atau kejadian yang menyangkut pada satu tempat, misalnya gedung, sedangkan evakuasi skala besar merupakan kejadian atau bencana yang mengharuskan masyarakat sekitar harus berlindung di tempat yang sudah ditetapkan, misalnya bencana alam berskala besar, dan peperangan. Penelitian ini termasuk dalam evakuasi skala besar karena penyelamatan sebuah daerah karena bencana alam. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana (PVMBG) memiliki 9 titik pengumpulan jalur evakuasi di kawasan Desa Cikole, namun lima jalur tidak berfungsi dengan baik, yakni di Kecamatan Ciater, Jalan Cagak, Serangpanjang, Sagalaherang dan Cijambe[1]. karena tanah di Kabupaten Lembang merupakan daerah vulkanik, sehingga mengakibatkan dibuatnya jalur evakuasi yang sering berpindah jalur untuk mencapai lokasi titik kumpul atau tempat pengungsian. Kemudian, untuk meminimalisir waktu tempuh agar warga dapat segera terevakuasi menuju ke titik kumpul dengan jalur yang aman, diperlukannya penentuan jalur terdekat dari sekian jalur alternatif yang ada. Penentuan jalur ini berkaitan dengan *shortest path problem*, sehingga pada penelitian ini kami berfokus pada penentuan jalur evakuasi terhadap bencana alam erupsi gunung tangkuban perahu.

Beberapa penelitian terdahulu yang mengkaji tentang *shortest path problem* yaitu, penelitian dengan studi kasus: Kelurahan Sanur Bali menggunakan algoritma Dijkstra guna menentukan jalur penyelamatan tsunami, dan menghasilkan keselarasan yang baik dengan manual referensi metode Dijkstra dan panduan solusi. Kemudian, penelitian menerapkan algoritma Dijkstra guna menentukan jalur terpendek untuk evakuasi darurat yang ditujukan bagi penyandang disabilitas, sehingga menghasilkan jalur terpendek yang selaras dengan nilai jarak

yang berbeda. Lalu, penelitian dengan kasus menentukan waktu proses pencarian jalur terdekat dari satu objek wisata ke objek wisata lainnya dengan membandingkan algoritma Dijkstra, A-Star dan Floyd Warshall, hasilnya rata-rata waktu proses program berbeda dari ketiga algoritma tersebut, pada kasus ini algoritma Dijkstra mendominasi proses pencarian rute dibandingkan dua algoritma lainnya.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Algoritma Dijkstra

Edsger Dijkstra merupakan seorang ilmuwan komputer berkebangsaan Belanda yang menemukan algoritma Dijkstra[3][4]. Algoritma ini terkenal guna menyelesaikan pencarian rute terpendek yang termasuk ke dalam materi teori graf[5]. Penggunaan Algoritma Dijkstra guna menemukan jalur terpendek dalam suatu graf pasti akan menemukan jalur terbaik. Dikarenakan bobot node yang tidak dipilih akan dianalisis ulang saat menentukan jalur yang dipilih. Kemudian dipilih node dengan bobot paling kecil, jika melewati node tertentu ternyata bobotnya kecil maka bobot sebelumnya bisa diubah. Algoritma ini berhenti ketika semua node telah dipilih dan algoritma Dijkstra sudah selesai mencari jarak terpendek dari node yang terpilih dengan bobot terkecil.

Algoritma Dijkstra merupakan algoritma guna menentukan jarak terpendek dari satu titik ke titik lainnya dalam suatu graf berbobot[6]. Jarak antar titik tersebut merupakan bobot dari masing-masing sisi pada graf tersebut[7]. Misalnya, titik mewakili bangunan dan garis mewakili jalan, kemudian algoritma Dijkstra menghitung semua kemungkinan bobot minimum untuk setiap titik. Algoritma Dijkstra menghasilkan pohon jalur terpendek. Algoritma ini akan menemukan jalurnya dengan node dan node lainnya.

Adapun keunggulan dari algoritma Dijkstra diuraikan dengan mencari perbandingan algoritma Dijkstra dengan algoritma lainnya dan dengan kasus yang berbeda, seperti pada beberapa penelitian berikut[5]. Pada penelitian untuk menentukan waktu proses pencarian rute terdekat dari objek wisata ke objek wisata lain dengan membandingkan tiga algoritma yaitu algoritma Dijkstra, algoritma A-Star, dan algoritma Floyd Warshall, hasil yang didapat pada penelitian ini yaitu algoritma Dijkstra lebih mendominasi berdasarkan pengujian rata-rata waktu proses program dalam pencarian rute. Kemudian, penelitian untuk menentukan jarak terpendek pada persoalan, persoalan dari penelitian ini adalah mencari jarak terpendek menuju SPBU[8], dalam penelitian ini menyelesaikan persoalan dengan membandingkan algoritma Dijkstra dan algoritma Bellman-Ford dengan hasil yang diperoleh berdasarkan kompleksitas waktu. Pada analisis tersebut, hasil algoritma Dijkstra lebih kecil daripada algoritma Bellman-Ford, sehingga dapat disimpulkan bahwa algoritma Dijkstra lebih baik dalam hal ini. Lalu, penelitian untuk menentukan jalur terpendek jaringan Openflow[9], pemecahan persoalan pada penelitian ini dengan membandingkan algoritma Floyd Warshall dan algoritma Dijkstra, perolehan hasil penelitian ini didasarkan pada hasil uji konvergensi pemanfaatan waktu dan sumber daya. Kesimpulan yang didapat algoritma Dijkstra lebih baik karena memiliki waktu yang lebih cepat dan mengkonsumsi daya CPU kurang dari algoritma Floyd Warshall.

Berdasarkan uraian sebelumnya, dapat disimpulkan algoritma Dijkstra memiliki keunggulan dalam kasus yang berbeda karena sesungguhnya setiap algoritma memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, sehingga pada penelitian ini memilih algoritma Dijkstra untuk menentukan jalur evakuasi terbaik bencana Gunung Tangkuban Perahu.

2.2. Moving Obstacle

Algoritma Dijkstra merupakan algoritma traversal guna menemukan jalur terpendek pada setiap komputasi, dan memiliki reliabilitas yang tinggi untuk tanggap darurat, penting dalam memilih algoritma dengan keandalan tinggi untuk perencanaan darurat rute penyelamatan

dan evakuasi. *Moving obstacle* dideskripsikan semacam lingkaran bidang dengan kecepatan dan lintasan stabil di sepanjang jalan, yang berarti bahwa arah pergerakannya sama dengan arah sumbu[4]. Guna mendapatkan jalur dua arah terpendek untuk evakuasi darurat. Proses ini terdiri dari tiga bagian pemodelan:

1. Model lingkungan grid dinamis untuk mensimulasikan interaksi antara jaringan jalan dan lokasi penyelamatan dan evakuasi yang berubah-ubah.
2. Model perencanaan rute dua arah untuk secara bersamaan mengoptimalkan rute penyelamatan darurat dan rute darurat pengungsian.
3. Model penghindaran rintangan yang cerdas untuk mencegah potensi konflik jalan. Jalur penyelamatan evakuasi dua arah dirancang secara seiring menggunakan komponen pemodelan, dan hasilnya dapat digunakan sebagai panduan untuk keputusan rute evakuasi.

2.3. Alur Algoritma Dijkstra

Penjelasan proses algoritma Dijkstra tersebut adalah sebagai berikut[3][5]:

1. Menentukan titik.
2. Menentukan jarak dengan titik.
3. Menentukan titik awal (s), titik tujuan (t) dan titik lainnya (V).
4. Memberi label permanen bernilai 0 pada titik awal (s) dan label sementara bernilai ∞ pada titik lainnya (V).
5. Titik V yang belum diberikan label permanen, maka ditandai menjadi label sementara. Maka, $\min \{\text{label lama } V, (\text{label lama } V+D)\}$.
6. Mencari nilai paling kecil dari semua titik berlabel sementara.
7. Menjadikan titik dengan nilai paling kecil pada label sementara menjadi titik dengan label permanen, apabila lebih dari satu titik pilih acak.
8. Mengulangi tahap 5 hingga 7 sampai dengan semua titik mendapat label permanen.
9. Menyimpan nilai yang diperoleh.
10. Menampilkan nilai yang diperoleh.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perancangan

Sistem penentuan jalur evakuasi terbaik merupakan sistem yang mampu memberikan petunjuk, rute mana yang harus dilalui sehingga langkah awal perlu mengenali titik awal dan titik tujuan juga jarak. Penerapan sistem penentuan jalur digunakan untuk membantu dalam memberikan informasi kemudahan pengguna mengenai arah untuk dapat sampai ke tempat yang ingin dituju, dalam kondisi ini dapat dimanfaatkan oleh petugas dalam menentukan rute evakuasi warga.

Algoritma Dijkstra merupakan sebuah proses untuk menghasilkan dan memberikan informasi jalur terdekat yang dapat dilalui pengguna untuk cepat sampai ke tempat yang akan dituju, dengan waktu tempuh yang singkat. Implementasi dalam penentuan jalur ini memberikan informasi jalur umum yang sering dilalui dan jalur alternatif yang dapat dilalui ke titik tujuan.

Penentuan jalur evakuasi terbaik bencana gunung tangkuban perahu berfokus pada masyarakat sekitar yang berada pada wilayah Kecamatan Lembang, sehingga titik awal penentuan jalur ialah ke-16 desa yang termasuk ke dalam wilayah Kecamatan Lembang dan titik tujuan yang dijadikan sebagai titik kumpul adalah Kecamatan Lembang. Penentuan jalur pada penelitian ini menggunakan metode algoritma Dijkstra, bertujuan untuk mengetahui jalur mana yang terdekat untuk sampai ke titik tujuan.

Perolehan data pada penelitian ini diawali dengan wawancara kepada beberapa petugas di kantor Kecamatan Lembang, hasil dari wawancara tersebut mengetahui informasi bahwa terdapat 16 desa yang termasuk ke dalam wilayah Kecamatan Lembang yaitu:

1. Desa Lembang
2. Desa Kayuambon
3. Desa Pagerwangi
4. Desa Mekarwangi
5. Desa Wangunsari
6. Desa Jayagiri
7. Desa Gudangkahuripan
8. Desa Sukajaya
9. Desa Cikahuripan
10. Desa Cikole
11. Desa Cibogo
12. Desa Cikidang
13. Desa Wangunharja
14. Desa Cibodas
15. Desa Suntenjaya
16. Desa Langensari

Berdasarkan dari informasi tersebut dapat memudahkan untuk menentukan titik awal dan titik tujuan. Data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah data jalur-jalur untuk menuju ke Kecamatan Lembang dan juga jarak nya. Pada penelitian ini diperoleh data jalur dan jarak berdasarkan dari peta online (google maps).

Tabel 1. Daftar Persimpangan Antar Desa

Titik	Koordinat (x)	Koordinat (y)	Nama Persimpangan /Tempat
A	- 6.8174980345 56702	107.618485731 09395	Lembang
B	- 6.8172177978 94668	- 6.81721779789 4668	Jl. Mutiara Utama
C	- 6.8169161983 45015	107.617826440 89718	Jl. Mutiara Utama
D	- 6.8166492546 28989	107.617250088 26924	Jl. Grand Hotel
E	- 6.8163575756 45227	107.617391509 04924	Jl. Barujak
F	- 6.8149381647 68538	107.614269117 59804	Jl. Grand Hotel
G	- 6.8115992917 47544	107.616402839 1497	Jl. Sukamantri Lembang
H	- 6.8144693207 32257	107.622845813 68378	Jl. Grand Hotel

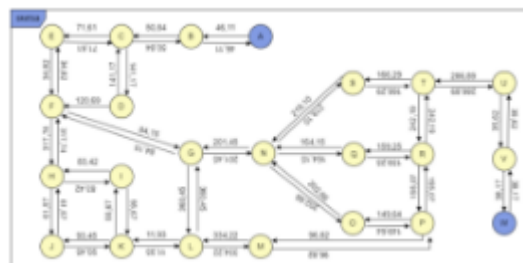
Titik	Koordinat (x)	Koordinat (y)	Nama Persimpangan /Tempat
I	- 6.8142456067 81362	107.623028203 8849	Borma Toserba Lembang
J	- 6.8151859397 7591	107.614777086 40442	Jl. Grand Hotel
K	- 6.8144922718 03038	107.615104303 3267	Borma Toserba Lembang
L	- 6.8141291086 19581	107.614764169 95914	Jl. Bhayangkara II
M	- 6.8156578614 01899	107.617636755 89414	Jl. Raya Lembang
N	- 6.8139421611 04139	107.618216565 03848	Jl. Pegadaian
O	- 6.8138078248 75672	107.617942482 31891	Jl. Minatu
P	- 6.8124949839 52602	107.618502657 29622	Jl. Minatu
Q	- 6.8119469433 72536	107.617196955 30932	Jl. Pegadaian
R	- 6.8131260342 76802	107.616615715 14688	Jl. Pegadaian
S	- 6.8147555874 18279	107.620024247 20161	Jl. Murhadi
T	- 6.8133610663 34098	107.620492394 33352	Jl. Murhadi
U	- 6.8157165390 4555	107.618255625 22151	Jl. Raya Lembang
V	- 6.8142410080 81177	107.623027059 54696	Jl. Raya Tangkuban Parahu
W	- 6.8145903816 47608	107.623049532 19973	Kecamatan Lembang

Setelah menentukan titik persimpangan pada tabel 1, selanjutnya menentukan jarak antar titik yang saling terhubung yang akan dideskripsikan pada tabel 2. daftar jarak antar titik.

Tabel 2. Daftar Jarak Antar Titik

Titik Awal	Titik Tujuan	Jarak	Nama Jalan
A	B	46.11	Jl. Mutiara Utama
B	C	50.84	Jl. Mutiara Utama
C	D	141.17	Jl. Mutiara Utama
C	E	71.61	Jl. Mutiara Utama
D	F	120.69	Jl. Grand Hotel
E	F	34.82	Jl. Barujak
F	G	84.15	Jl. Sukamantri Lembang
F	H	317.74	Jl. Grand Hotel
G	L	360.45	Jl. Pegadaian
G	N	201.45	Jl. Sukamantri Lembang
H	I	83.42	Borma Lembang
H	J	61.57	Jl. Grand Hotel
I	K	55.67	Borma Lembang
J	M	441.97	Jl. Raya Lembang
K	M	352.05	Jl. Raya Lembang
L	M	333.76	Jl. Raya Lembang
M	U	780.21	Jl. Raya Lembang
N	O	198.01	Jl. Minantu
O	P	149.64	Jl. Minantu
N	Q	33.82	Jl. Pegadaian
Q	R	159.25	Jl. Pegadaian
N	S	219.10	Jl. Pegadaian
S	T	166.29	Jl. Murhadi
P	U	685.07	Jl. Raya Lembang
R	U	525.80	Jl. Raya Lembang
T	U	286.89	Jl. Raya Lembang
U	V	35.62	Jl. Raya Tangkuban Parahu
V	W	38.17	Jl. Raya Tangkuban Parahu

Setelah menentukan jarak antar titik persimpangan, tahap selanjutnya adalah membuat sketsa graf berarah dan berbobot sederhana, yaitu contoh sketsa sederhana jalur penentuan jarak dari desa lembang ke kecamatan lembang. Node A merupakan inialisasi dari desa lembang dan node W inialisasi dari kecamatan Lembang. Sketsa sederhana ditunjukkan pada gambar 1 Sketsa sederhana.



Gambar 1. Sketsa sederhana

Setelah melakukan pembuatan sketsa graf sederhana, selanjutnya penulis melakukan pembuatan logika algoritma dijkstra dalam bahasa pemrograman PHP. logika algoritma dijkstra dapat dilihat pada gambar 2 Penulisan algoritma dijkstra pada bahasa pemrograman PHP.

```
function run_method($nodes, $awal, $akhir) {
    $sver = array();
    $snext = array();
    foreach ($nodes as $node) {
        array_push($sver, $node['desa_awal'], $node['desa_tujuan']);
        $snext[$node['desa_awal']][] = array("tujuan" => $node['desa_tujuan'], "cost" => $node['jarak']);
        $snext[$node['desa_tujuan']][] = array("tujuan" => $node['desa_awal'], "cost" => $node['jarak']);
    }

    $sver = array_unique($sver);
    $stujuan = array();

    foreach ($sver as $sv) {
        $stcost[$sv] = INF;
        $stujuan[$sv] = NULL;
    }

    $stcost[$awal] = 0;
    $sv = $awal;
    $siterasi = 0;
    while (count($sv) > 0) {
        $smin = INF;
        foreach ($sv as $svke) {
            if ($stcost[$svke] < $smin) {
                $smin = $stcost[$svke];
                $su = $svke;
            }
        }

        $sv = array_diff($sv, array($su));
        if ($stcost[$su] == INF or $su == $akhir or $siterasi > 1000) {
            break;
        }

        if (isset($snext[$su])) {
            foreach ($snext[$su] as $skey => $sn) {
                $scost = $stcost[$su] + $sn['cost'];
                if ($scost < $stcost[$sn['tujuan']]) {
                    $stcost[$sn['tujuan']] = $scost;
                    $stujuan[$sn['tujuan']] = $su;
                }
            }
        }
        $siterasi++;
    }

    $spath = array();
    $sakh = $akhir;

    while (isset($stujuan[$sakh])) {
        array_unshift($spath, $sakh);
        $sakh = $stujuan[$sakh];
    }
    array_unshift($spath, $awal);

    $result['path'] = $spath;
    $result['cost'] = (int)$smin;

    return $result;
}
```

Gambar 2. Algoritma dijkstra

Berdasarkan data yang tersedia, penulis melakukan perbandingan dengan cara melakukan perhitungan manual (berdasarkan hasil wawancara terhadap petugas kantor Kecamatan Lembang, dan petugas pemadam kebakaran setempat) dan perhitungan menggunakan algoritma dijkstra.

3.2. Perhitungan Manual

Pada proses perhitungan manual, penulis melakukan perhitungan dengan menganalisis jalur terdekat berdasarkan hasil wawancara terhadap petugas di kantor Kecamatan Lembang dan petugas pemadam kebakaran setempat, dengan tahapan perhitungan seperti pada tabel III. tahapan perhitungan manual.

Tabel 3. Tahapan Perhitungan Manual

No	Lintasan	Jarak
1	A > B	46,11
2	A > B > C	96,95
3	A > B > C > E	168,56
4	A > B > C > E > F	203,38
5	A > B > C > E > F > H	521,12
6	A > B > C > E > F > H > J	582,69
7	A > B > C > E > F > H > J > K	676,14

8	A > B > C > E > F > H > J > K > L	588,07
9	A > B > C > E > F > H > J > K > L > M	1.022,29
10	A > B > C > E > F > H > J > K > L > M > P	1.119,11
11	A > B > C > E > F > H > J > K > L > M > P > R	1.274,18
12	A > B > C > E > F > H > J > K > L > M > P > R > T	1.516,37
13	A > B > C > E > F > H > J > K > L > M > P > R > T > U	1.803,26
14	A > B > C > E > F > H > J > K > L > M > P > R > T > U > V	1.838,88
15	A > B > C > E > F > H > J > K > L > M > P > R > T > U > V > W	1.877,05

Berdasarkan hasil pada tabel 3 menghasilkan jarak tempuh 1.877,05 dengan lintasan yang dilalui, yaitu: A > B > C > E > F > H > J > K > L > M > P > R > T > U > V > W atau Lembang > Jl.Mutiara Utama > Jl. Mutiara Utama> Jl.Barujajak > Jl.Grand Hotel > Jl.Grand Hotel > Jl.Grand Hotel > Borma Toserba Lembang > Jl. Bhayangkara II > Jl. Raya Lembang > Jl. Minatu > Jl. Pegadaian > Jl.Murhadi > Jl. Raya Lembang > Jl.Raya Tangkuban Perahu > Kecamatan Lembang.

3.3. Perhitungan Dijkstra

Pada perhitungan algoritma dijkstra dilakukan penentuan titik dimana titik awal berada pada node A, titik akhir berada pada node W, dan semua jalur yang dilalui dalam posisi dapat digunakan. Sehingga proses perhitungan algoritma dijkstra dapat dilihat pada tabel IV. tahapan perhitungan dijkstra.

Tabel 4. Tahapan Perhitungan Dijkstra

Tahap	Proses	Ket
1	$d(vA) = \min (\infty, d(A) + d(A, B))$ $= \min (\infty, 0 + 46,11)$ $= 46,11$	A > B
2	$d(vB) = \min (\infty, d(B) + d(B, C))$ $= \min (\infty, 46,11 + 50,84)$ $= 96,95$	B > C
3	$d(VC)1 = \min (\infty, d(C) + d(C, E))$ $= \min (\infty, 96,95 + 71,61)$ $= 168,56$ $d(VC)2 = \min (\infty, d(C) + d(C, D))$ $= \min (\infty, 96,95 + 141,17)$ $= 238,12$	C > E
4	$d(vE) = \min (\infty, d(E) + d(E, F))$ $= \min (\infty, 168,56 + 34,82)$ $= 203,38$	E > F

5	$d(VF)1 = \min(\infty, d(F) + d(F, H))$ $= \min(\infty, 203,38 + 317,74)$ $= 521,12$ $d(VF)2 = \min(\infty, d(F) + d(F, G))$ $= \min(\infty, 203,38 + 84,51)$ $= 287,53$	F > G
6	$d(VG)1 = \min(\infty, d(G) + d(G, N))$ $= \min(\infty, 287,53 + 201,45)$ $= 488,98$ $d(VG)2 = \min(\infty, d(G) + d(G, L))$ $= \min(\infty, 287,53 + 360,45)$ $= 647,98$	G > N
7	$d(VN)1 = \min(\infty, d(N) + d(N, S))$ $= \min(\infty, 488,98 + 219,10)$ $= 708,08$ $d(VN)2 = \min(\infty, d(N) + d(N, Q))$ $= \min(\infty, 488,98 + 164,15)$ $= 653,13$ $d(VN)2 = \min(\infty, d(N) + d(N, 0))$ $= \min(\infty, 488,98 + 202,66)$ $= 691,64$	N > Q
8	$d(vS) = \min(\infty, d(S) + d(S, T))$ $= \min(\infty, 708,08 + 166,29)$ $= 874,37$	S > T
9	$d(vT) = \min(\infty, d(T) + d(T, U))$ $= \min(\infty, 874,37 + 286,89)$ $= 1.161,26$	T > U
10	$d(vU) = \min(\infty, d(U) + d(U, V))$ $= \min(\infty, 1161,26 + 35,62)$ $= 1.199,43$	U > V
11	$d(vV) = \min(\infty, d(V) + d(V, W))$ $= \min(\infty, 1199,43 + 38,17)$ $= 1.237,60$	V > W

Berdasarkan hasil pada tabel IV menghasilkan jarak tempuh 1.237,60, dengan melalui lintasan yang dilalui, yaitu : A > B > C > E > F > G > N > S > T > U > V > W atau Lembang > Jl. Mutiara Utama > Jl. Mutiara Utama > Jl. Baruajak > Jl. Grand Hotel > Jl. Sukamantri Lembang > Jl. Pegadaian > Jl. Murhadi > Jl. Murhadi > Jl. Raya Lembang > Jl. Tangkuban Parahu > Kecamatan Lembang.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pada penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan algoritma Dijkstra dapat diperoleh jarak yang lebih pendek untuk menentukan jalur evakuasi dibandingkan dengan perhitungan jarak tanpa menggunakan algoritma Dijkstra (berdasarkan hasil wawancara terhadap petugas kantor Kecamatan Lembang, dan petugas pemadam kebakaran setempat), sehingga dapat dijadikan petunjuk dalam menentukan jalur-jalur evakuasi yang dipilih sebelum terjadi bencana, yang diharapkan dapat

memudahkan penduduk sekitar Gunung Tangkuban Perahu untuk sampai dengan cepat menuju titik kumpul evakuasi yang aman.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] “Peta Kawasan Rawan Bencana Tangkuban Parahu.” 2019. KOTASUBANG.com. <https://www.kotasubang.com/1805/peta-kawasa-rawan-bencana-tangkuban-parahu>.
- [2] BNPB. 2017. *BUKU PEDOMAN LATIHAN KESIAPSIAGAAN BENCANA : MEMBANGUN KESADARAN, KEWASPADAAN, DAN KESIAPSIAGAAN DALAM MENGHADAPI BENCANA*. Jakarta, Jakarta: BNPB. https://siaga.bnpb.go.id/hkb/po-content/uploads/documents/buku_panduan_latihan_kesiapsiagaan_bencana_revisi_april_2017.pdf.
- [3] Ismantohadi, Eka, and Iryanto. 2018. “Jurnal Teknologi Terapan.” *PENERAPAN ALGORITMA DIJKSTRA UNTUK PENENTUAN JALUR TERBAIK EVAKUASI TSUNAMI – STUDI KASUS: KELURAHAN SANUR BALI* 4 (2). <https://doi.org/10.31884/jtt.v4i2.79>.
- [4] Folaimam, Bahraen, Rosihan, and Abdul Mubarak. 2018. “JIKO (Jurnal Informatika dan Komputer).” *IMPLEMENTASI ALGORITMA DIJKSTRA UNTUK PENENTUAN JALUR TERPENDEK PADA APLIKASI EVAKUASI BENCANA UNTUK PENYANDANG DISABILITAS* 2, no. 2 (oktober). <http://dx.doi.org/10.33387/jiko.v1i2.770>.
- [5] Umar, Rusydi, Anton Yudhana, and Andi Prayudi. 2021. “Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK).” *ANALISIS PERBANDINGAN ALGORITMA DIJKSTRA, A-STAR, DAN FLOYD WARSHALL DALAM PENCARIAN RUTE TERDEKAT PADA OBJEK WISATA KABUPATEN DOMPU* 8, no. 2 (April): 227-234. DOI: 10.25126/jtiik.202182866.
- [6] Ahdan, Syaiful, and Setiawansyah. 2021. “International Journal of Applied Information Technology.” *Android-Based Geolocation Technology on a Blood Donation System (BDS) Using the Dijkstra Algorithm* 5, no. 1 (juli): 1-15. <https://doi.org/10.25124/ijait.v5i01.3317>.
- [7] Chen, Peizhu, Guohua Chen, Liangwang Wang, and Genserik Reniers. 2018. “journal of loss prevention in the process industries.” *Optimizing emergency rescue and evacuation planning with intelligent obstacle avoidance in a chemical industrial park* 56 (November): 119-127. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2018.08.006>.
- [8] Serdano, Akbar, Muhammad Zarlis,, and Dedy Hartama. 2019. “Seminar Nasional Sains & Teknologi Informasi (SENSASI).” *Perbandingan Algoritma Dijkstra dan Bellman-Ford Dalam Pencarian Jarak Terpendek Pada SPBU*, (Juli), 259-264. <http://prosiding.seminar-id.com/index.php/sensasi/issue/archive>.
- [9] Attamimi, Ibrahim, Widhi Yahya, and Mochammad H. Hanafi. 2017. “Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer.” *Analisis Perbandingan Algoritma Floyd-Warshall Dan Dijkstra Untuk Menentukan Jalur Terpendek Pada Jaringan Openflow* 1, no. 12 (Desember): 1842-1849.