

PENENTUAN JALUR EVAKUASI BENCANA TSUNAMI DI KELURAHAN KETEWEL, KABUPATEN GIANYAR MENGGUNAKAN ALGORTIMA DJIKSTRA MATLAB

Ketut Queena Fredlina¹⁾, Putri Anugrah Cahya Dewi²⁾

Program Studi Teknik Informatika¹⁾

Program Studi Sistem Informasi Akuntansi²⁾

STMIK Primakara ^{1) 2)}

queena@primakara.ac.id¹⁾ cahya@primakara.ac.id²⁾

ABSTRACT

Ketewel is one of the tourist attractions in Bali which is famous for the beauty of its calm and comfortable beaches, unlike other beaches in Bali such as Kuta, Legian or Tanjung Benoa. Behind its beauty, Ketewel has the potential to be hit by a Tsunami disaster because Ketewel is located near the Subduction zone. Based on this, it is very important to know the tsunami evacuation route in Ketewel. In this study, it was attempted to provide an alternative tsunami evacuation route in Ketewel using the Dijkstra algorithm. The Dijkstra algorithm analyzes paths with a certain point as the starting point and leads to every other node (single source shortest path). The steps taken are to collect data directly in the field to find out the safe point and measure the real distance of each location. Based on the location map, a graph is formed and weighted. The graph that has been formed is transformed into a neighboring matrix, then processed using Dijkstra using the MATLAB program. The result of this research is the shortest path for tsunami evacuation in Ketewel.

Keyword: *shortest path, tsunami evacuation, dijkstra algorithm, graph*

ABSTRAK

Ketewel merupakan salah satu objek wisata di Bali yang terkenal akan keindahan pantainya yang tenang dan nyaman, tidak seperti pantai lainnya di Bali seperti Kuta, Legian atau Tanjung Benoa. Dibalik keindahannya, Ketewel berpotensi untuk dilanda oleh bencana Tsunami karena Ketewel terletak didekat zona Subduksi. Berdasarkan hal tersebut sangatlah penting untuk mengetahui jalur evakuasi tsunami di Ketewel.

Dalam penelitian ini dicoba untuk memberikan alternatif jalur evakuasi tsunami di Ketewel dengan menggunakan algoritma Dijkstra. Algoritma *Dijkstra* menganalisis jalur-jalur dengan simpul tertentu sebagai titik awal dan menuju ke setiap simpul lainnya (*single source shortest path*).

Tahapan yang dilakukan adalah dengan pendataan langsung ke lapangan untuk mengetahui titik aman serta mengukur jarak riil setiap lokasi. Berdasarkan peta lokasi, dibentuk graf dan diberi bobot. Graf yang telah terbentuk di transformasikan menjadi matriks ketetanggaan, lalu diolah dengan menggunakan Dijkstra menggunakan program MATLAB. Hasil dari penelitian ini adalah jalur terpendek evakuasi Tsunami di Ketewel.

Kata kunci: jalur terpendek, evakuasi tsunami, algoritma dijkstra, graf

PENDAHULUAN

Negara Indonesia beberapa tahun belakangan ini telah mengalami sederetan fenomena alam yang mengakibatkan bencana alam. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) merilis jumlah bencana alam yang terjadi di Indonesia sepanjang tahun 2011 mencapai 1.589 kejadian. Bila ditinjau dengan seksama kejadian yang terjadi di Indonesia tidak lepas dari letak geografis Negara Indonesia.

Susunan patahan dan jalur patahan geologi di Kepulauan Indonesia menunjukkan Indonesia adalah wilayah rawan bencana. Secara geologi Indonesia berada di jalur “cincin api” (*ring of fire*), yang merupakan jalur patahan dan gunung api yang melingkar di sepanjang Samudra Pasifik, membentang 40.000 km mulai dari Peru dan Chile (Amerika Selatan), Amerika Tengah, Kepulauan Aleutian, Kepulauan Kuril, Jepang, Filipina, Indonesia,

Tonga, hingga Selandia Baru. Wilayah Indonesia terletak pada tiga lempeng tektonik aktif utama dunia yaitu, lempeng Samudera Pasifik disebelah Timur, lempeng Indo-Australia disebelah selatan dan lempeng Eurasia (paparan Sunda). Ketiga lempeng tersebut selalu bergerak dan bertumbukkan satu dengan yang lainnya. Dua lempeng yang saling bertemu dan bertumbukkan salah satunya akan menyusup di bawah lempeng lainnya karena perbedaan berat jenis dari masa batuan. Saat lempeng bergerak secara tiba-tiba di daerah yang biasanya stabil, sebuah gempa bumi terjadi. Lentingan lempeng mengakibatkan terganggunya keseimbangan air laut sehingga terbentuk gelombang Tsunami. (BMKG, 2010:7).

Bali merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang terkenal dengan keindahan pantainya. Pantai Ketewel yang terletak di Provinsi Bali tepatnya berada di Kabupaten Gianyar merupakan salah satunya. Dibalik keindahan pantainya, hanya sedikit masyarakat yang mengetahui bahwa Ketewel juga merupakan daerah yang rawan terhadap bahaya Tsunami. Hal itu disebabkan karena Bali terletak sangat dekat dengan zona tumbukan antara Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia. Zona tumbukan kedua lempeng tersebut akan memengaruhi khususnya bagian selatan Pulau Bali salah satunya Ketewel. Diperkirakan bahwa, gelombang Tsunami hanya memerlukan 30 hingga 60 menit untuk mencapai pantai (GTZ, 2009:3).

Rentang waktu yang tersedia antara peringatan dan dampak gelombang Tsunami amat pendek. Karena pendeknya waktu peringatan Tsunami, persiapan untuk melindungi diri memainkan peranan yang sangat penting. Warga masyarakat perlu memulai evakuasi sendiri segera setelah mereka merasakan gempa bumi yang kuat (Spahn, 2010:4). Masyarakat tidak bisa berharap banyak untuk menerima arahan dan dukungan selama proses evakuasi dari lembaga pemerintah. Perencanaan Evakuasi Tsunami sebagai bagian dari kesiapsiagaan Tsunami memastikan bahwa peta dan prosedur evakuasi tersedia dan dipahami jauh sebelum Tsunami melanda sehingga sebanyak mungkin orang telah siap dan berkesempatan mengungsi secepat-cepatnya dalam keadaan darurat. Oleh karena itu disini penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai jalur terpendek evakuasi Tsunami bagi masyarakat yang berada di titik-titik evakuasi apabila bencana Tsunami melanda.

METODOLOGI PENELITIAN

Sumber Penelitian

Sumber data yang diperoleh penulis ialah data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari sumbernya, diamati, dicatat untuk pertama kalinya (Marzuki, 2005:60). Dalam penelitian ini data primer berasal dari pengukuran langsung jarak jalur-jalur yang mungkin dapat dilalui dari titik-titik evakuasi menuju zona aman (titik berkumpul). Data sekunder adalah data yang tidak diusahakan sendiri pengumpulannya oleh peneliti, misalnya diambil dari dokumen, Biro Statistik atau publikasi lainnya (Marzuki, 2005:60). Data sekunder dalam penelitian ini adalah peta evakuasi dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi Bali.

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada jalur-jalur yang memungkinkan untuk dilalui oleh korban Tsunami dari pantai-pantai yang berada di Kelurahan Ketewel yaitu Pantai Lembeng, Gemicik, Kubur, Catur Segara, Tan Sema, Manyar, Pabean, dan Rangkan untuk menuju zona aman evakuasi. Waktu yang diperlukan untuk melakukan penelitian ini adalah selama 7 (tujuh) bulan yaitu dari bulan November 2021 sampai Juni 2022.

Variabel penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah jarak dari setiap jalur-jalur yang mungkin dapat dilalui dari pantai-pantai yang berada di Kelurahan Ketewel yaitu Pantai Lembeng, Gemicik, Kubur, Catur Segara, Tan Sema, Manyar, Pabean, dan Rangkan.

Metode Analisis Data

Analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu:

1. Pengumpulan data dari instansi terkait seperti BPBD, GTZ, dan melakukan pengukuran jarak secara langsung jalur-jalur yang mungkin dapat dilalui dari titik-titik evakuasi menuju zona aman
2. Peta lokasi dibuat dalam bentuk graf berbobot sesuai dengan jarak hasil pengukuran dari satu titik ke titik lainnya
3. Graf yang dihasilkan ditransformasikan kedalam bentuk matriks ketetanggaan

4. Matriks ketetanggaan diproses dengan menggunakan Algoritma *Dijkstra* untuk memperoleh jalur dengan jarak evakuasi terpendek.
5. Hasil akhir pemrosesan dengan algoritma *Dijkstra* akan menghasilkan jalur terpendek dari titik-titik awal evakuasi menuju zona aman evakuasi Tsunami.

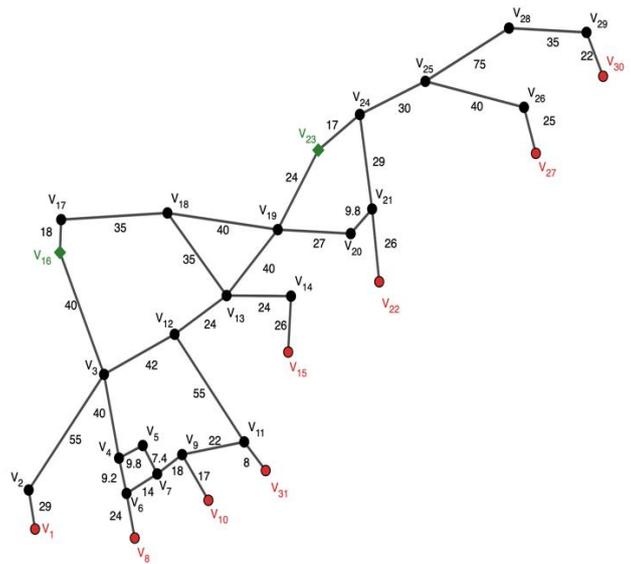
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan Transformasi Graf

Tahapan yang dilakukan dalam transformasi peta menjadi bentuk graf adalah sebagai berikut:

1. Penentuan titik awal (*starting point*) yang merupakan titik awal jalur evakuasi. Dalam hal ini terdapat 8 (delapan) titik yang menjadi titik awal, yaitu Pantai Lembeng, Gumicik, Kubur, Catur Segara, Tan Sema, Manyar, Pabean, dan Rangkan.
2. Penentuan titik akhir (*end point*) yang merupakan zona aman evakuasi. Terdapat 2 zona aman evakuasi yaitu Kantor Perbekel Desa Ketewel dan PT. Indofresh Bali.
3. Sisi (*edge*) melambangkan jalan raya atau jalur dari satu titik ke titik lain.
4. Titik/simpul (*vertex*) melambangkan setiap persimpangan jalan seperti pertigaan dan perempatan jalan.
5. Pemberian bobot di setiap sisi sesuai dengan jarak hasil pengukuran dari satu titik ke titik lainnya.

Hasil transformasi peta kedalam bentuk graf dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Graf Transformasi Peta Ketewel (dengan satuan dekameter)

Titik berwarna hijau merupakan zona aman yaitu Kantor Perbekel Desa Ketewel (V_{16}) dan PT. Indofresh Bali (V_{23}). Sedangkan titik berwarna merah merupakan titik awal evakuasi yaitu Pantai Lembeng (V_1), Pantai Gumicik (V_8), Pantai Kubur (V_{10}), Pantai Manyar (V_{31}), Pantai Catur Segara (V_{15}), Pantai Tan Sema (V_{22}), Pantai Pabean (V_{27}), dan Pantai Rangkan (V_{30}).

Algoritma Dijkstra

Pencarian jalur terpendek menggunakan algoritma *dijkstra* dijabarkan dalam proses berikut:

Procedure Dijkstra (input : matriks, a : simpul awal)

(Mencari lintasan terpendek dari simpul awal a ke semua simpul lainnya)

Masukan : matriks ketetanggaan (m) dari graf berbobot G dan simpul awal a

Keluaran : lintasan terpendek dari a ke semua simpul lainnya

Deklarasi

s_1, s_2, \dots, s_n : integer (tabel integer)

d_1, d_2, \dots, d_n : integer (tabel integer)

i, j, k : integer

Algoritma

Langkah 0 (inisialisasi :)

for $i \leftarrow 1$ to n do

$s_i \leftarrow 0$

$d_i \leftarrow m_{ai}$

```

endfor
{ langkah 1: }
 $s_a \leftarrow 1$  (karena simpul  $a$  adalah simpul asal lintasan terpendek, maka simpul  $a$  sudah pasti terpilih dalam lintasan terpendek)
 $d_a \leftarrow \infty$  (tidak ada lintasan terpendek dari simpul  $a$  ke  $a$ )
{ langkah 2,3, ...,  $n - 1$ : }
for  $k \leftarrow 2$  to  $n - 1$  do
 $j \leftarrow$  simpul dengan  $s_j = 0$  dan  $d_j$  minimal
 $s_j \leftarrow 1$  { simpul  $j$  sudah terpilih kedalam lintasan terpendek }
{ perbarui tabel  $D$  }
for semua simpul  $i$  dengan  $s_i = 0$  do
    if  $d_j + m_{ji} < d_i$  then
         $d_i \leftarrow d_j + m_{ji}$ 
    endif
endif
endfor
endfor
    
```

Untuk melakukan proses pencarian jalur terpendek dengan algoritma djikstra, digunakan program MATLAB untuk mendapatkan lintasan terpendek dari seluruh titik awal evakuasi (8 titik pantai), ke 2 titik yang menjadi zona aman. Adapun lintasan yang diperoleh menuju zona aman V_{16} dapat dilihat pada Table 1 dan lintasan menuju zona aman V_{23} dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Jalur Evakuasi menuju zona aman Kantor Prebekel Desa Ketewel (V_{16})

Titik Awal Evakuasi	Lintasan	Jarak/ Total Bobot
Pantai Lembeng (V_1)	V_1, V_2, V_3, V_{16}	124 dam = 1,24 km
Pantai Gemicik (V_8)	$V_8, V_3, V_4, V_6, V_{16}$	113,2 dam = 1,132 km
Pantai Kubur (V_{10})	$V_{10}, V_9, V_7, V_5, V_4, V_3, V_{16}$	132,2 = 1,322 km
Pantai Manyar (V_{31})	$V_{31}, V_{11}, V_{12}, V_3, V_{16}$	145 = 1,45 km
Pantai Catur Segara (V_{15})	$V_{15}, V_{14}, V_{18}, V_{17}, V_{16}$	138 dam = 1,38 km
Pantai Tan Sema (V_{22})	$V_{22}, V_{21}, V_{20}, V_{19}, V_{18}, V_{17}, V_{16}$	155,8 dam = 1,558 km
Pantai Pabean (V_{27})	$V_{27}, V_{26}, V_{25}, V_{24}, V_{23}, V_{19}, V_{18}, V_{17}, V_{16}$	229 dam = 2,29 km
Pantai Rangkan (V_{30})	$V_{30}, V_{29}, V_{28}, V_{25}, V_{24}, V_{23}, V_{19}, V_{18}, V_{17}, V_{16}$	296 dam = 2,96 km

Tabel 2. Jalur Evakuasi menuju zona aman PT. Indofresh Bali (V_{23})

Titik Awal Evakuasi	Lintasan	Jarak/ Total Bobot
Pantai Lembeng (V_1)	$V_1, V_2, V_3, V_{12}, V_{13}, V_{19}, V_{23}$	214 dam = 2,14 km
Pantai Gemicik (V_8)	$V_8, V_6, V_4, V_3, V_{12}, V_{13}, V_{19}, V_{23}$	203,2 dam = 2,032 km
Pantai Kubur (V_{10})	$V_{10}, V_9, V_{11}, V_{12}, V_{13}, V_{19}, V_{23}$	182 dam = 1,82 km
Pantai Manyar (V_{31})	$V_{31}, V_{11}, V_{12}, V_{13}, V_{19}, V_{23}$	151 dam = 1,51 km
Pantai Catur Segara (V_{15})	$V_{15}, V_{14}, V_{13}, V_{19}, V_{23}$	114 dam = 1,14 km
Pantai Tan Sema (V_{22})	$V_{22}, V_{21}, V_{20}, V_{19}, V_{23}$	86,8 dam = 0,868 km
Pantai Pabean (V_{27})	$V_{27}, V_{26}, V_{25}, V_{24}, V_{23}$	112 dam = 1,12 km
Pantai Rangkan (V_{30})	$V_{30}, V_{28}, V_{25}, V_{24}, V_{23}$	179 dam = 1,79 km

SIMPULAN

Pencarian jalur evakuasi dari titik pantai ke zona aman telah berhasil dilakukan menggunakan algoritma djikstra. Berdasarkan hasil pencarian jalur evakuasi terpendek, dapat disimpulkan bahwa jalur terdekan untuk evakuasi tsunami dari Pantai Lembeng (V_1), Pantai Gemicik (V_8), Pantai Kubur (V_{10}), dan Pantai Manyar (V_{31}) menuju zona aman Kantor Perbekel Desa Ketewel (V_{16}). Sedangkan, jalur terpendek untuk evakuasi tsunami dari Pantai Catur Segara (V_{15}), Pantai Tan Sema (V_{22}), Pantai Pabean (V_{27}), dan Pantai Rangkan (V_{30}) menuju zona aman PT. Indofresh Bali (V_{23}).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BMKG. 2010. *Buku Pedoman Pelayanan Peringatan Dini Tsunami INATEWS*. Jakarta: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dan GTZ-IS GITEWS.
- [2] Diestel, Reinhard. (2000). *Graph Theory Electronic Edition 2000*. New York: Springer-Verlag.
- [3] GTZ. 2009. *Dokumen Teknis Peta Bahaya Tsunami Bali*. Bali: Kelompok Kerja Bali untuk Pemetaan Bahaya Tsunami.
- [4] Iftandi, Irwan., Wakhid Ahmad Jauhari, dan Beny Nugroho. 2011. Perancangan Peta Evakuasi Menggunakan Algoritma Floyd Warshall untuk Penentuan Lintasan Terpendek: Studi Kasus. Dalam *Performa* Vol 10 No. 2: 95-104. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- [5] Munir, Renaldi. 2005. *Matematika Diskrit*. Edisi Ketiga. Bandung: Informatika.
- [6] Siang, Jong Jek. 2009. *Matematika Diskrit dan Aplikasinya pada Ilmu Komputer*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [7] Sani, Ajeng Fitrah, Ni Ketut Tari Tastrawati, and I. Made Eka Dwipayana. "Algoritma Floyd Warshall Untuk Menentukan Jalur Terpendek Evakuasi Tsunami di Kelurahan Sanur." *E - Jurnal Matematika* 2.1 (2013): 1 - 5
- [8] Spahn, Herald., Michael Hoppe, dan Benny Usdianto (GTZ IS-GITEWS). 2010. *Panduan Perencanaan untuk*

Evakuasi Tsunami. Jakarta: GTZ-
International Services.

- [9] Sunarto, dan Lies Rahayu WF. 2010.
Fenomena Bencana Alam di Indonesia.
Dalam *Jurnal Kebencanaan Indonesia*.
Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.