

**BAB III**  
**MODEL OPTIMISASI MASALAH EVAKUASI PENDUDUK DI**  
**KELURAHAN SANUR DENPASAR BALI DAN PENYELESAIANNYA**  
**MENGGUNAKAN PENDEKATAN *MAXIMUM DYNAMIC FLOW***  
***PROBLEM***

Bab ini berisi tentang model optimisasi dan penyelesaiannya dalam mencari jalur evakuasi dengan menggunakan pendekatan *Maximum Dynamic Flow Problem*.

**3.1. Data Penelitian**

Penelitian ini membahas tentang penentuan jalur evakuasi tsunami yang optimal di Kelurahan Sanur Denpasar Bali, yaitu jalur evakuasi yang memiliki waktu tempuh terkecil. Menurut Ida Bagus Joni, Kepala Pelaksana Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Denpasar Bali pada Tribun Bali Jumat (21/2/2020), Kelurahan Sanur Denpasar Bali merupakan kawasan yang rawan terkena dampak tsunami karena wilayahnya yang berbatasan langsung dengan pantai. Potensi gempa yang terjadi dapat mencapai skala hingga 9 magnitudo, yang kemudian berpotensi memunculkan gelombang tsunami dan menerjang wilayah pesisir pantai selatan Pulau Bali.

Saat ini, sebuah kelompok kerja di bawah koordinasi BPBD mengembangkan rencana evakuasi tsunami yang menyeluruh yang berisi peta evakuasi, strategi dan prosedur-prosedur untuk evakuasi tsunami di Sanur. Pada peta evakuasi yang ada terdapat beberapa titik berkumpul dan titik evakuasi. Akan tetapi jalur evakuasi belum ditentukan. Oleh karena itu, penulis mencoba melakukan penelitian untuk mencari jalur evakuasi yang optimal di Kelurahan Sanur Denpasar Bali.

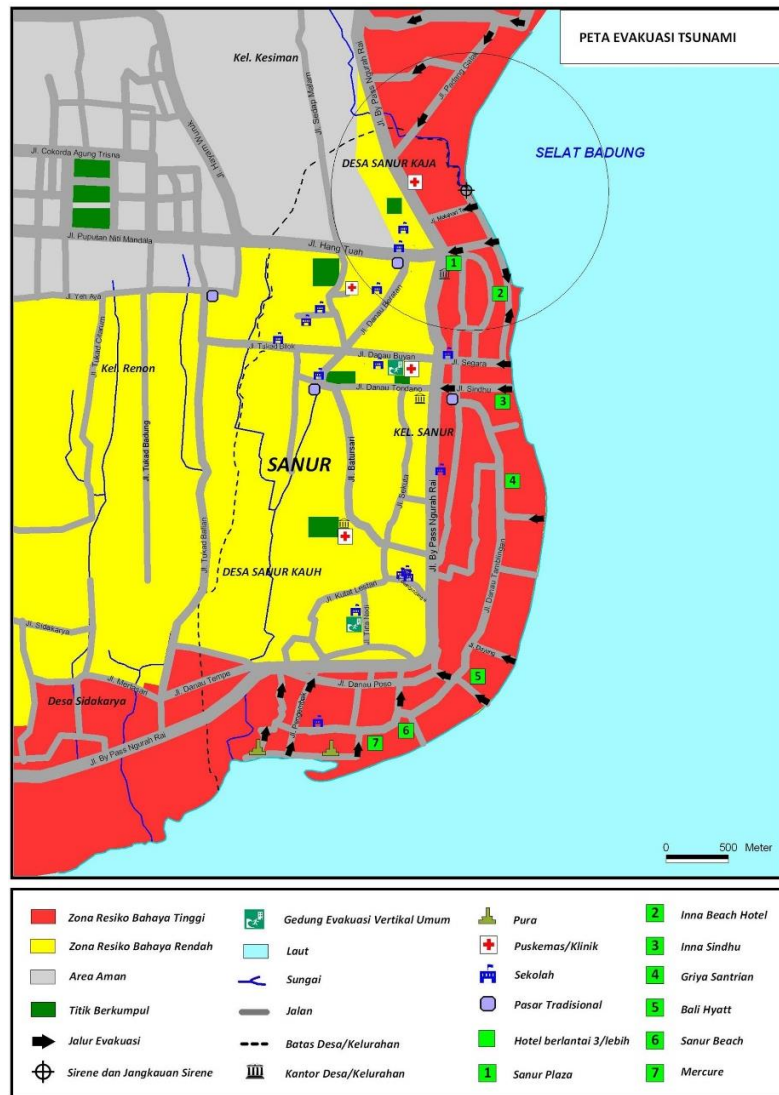
Jalur evakuasi menentukan rute dari titik evakuasi menuju titik berkumpul. Titik kumpul adalah titik yang ditunjuk sebagai kawasan yang aman terhadap dampak tsunami. Sedangkan titik evakuasi merupakan titik yang menggambarkan kawasan yang sangat besar terdampak tsunami, biasanya digambarkan sebagai

Yuda Alfrian Darmawan, 2021

***OPTIMASI JALUR EVAKUASI TSUNAMI DENGAN PENDEKATAN MAXIMUM DYNAMIC FLOW PROBLEM (STUDI KASUS : JALUR EVAKUASI TSUNAMI DI KELURAHAN SANUR DENPASAR BALI)***

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

kawasan pantai. BPBD telah membagi daerah rawan tsunami menjadi dua kategori, yaitu daerah zona resiko bahaya tinggi dan daerah zona resiko bahaya rendah. Dalam penelitian ini tempat- tempat pada kedua zona tersebut diambil sebagai titik evakuasi. Terdekat dua titik berkumpul, yaitu Puskesmas II Denpasar Selatan dan SMK Negeri III Denpasar. Sedangkan untuk titik evakuasi terdapat 6 titik, yaitu Segara, Shindu, Karang, Duyung, Semawang dan Cemara. Selengkapnya posisi masing-masing titik berkumpul dan titik evakuasi diilustrasikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Peta Evakuasi Tsunami Kelurahan Sanur Bali

Yuda Alfrian Darmawan, 2021

**OPTIMASI JALUR EVAKUASI TSUNAMI DENGAN PENDEKATAN MAXIMUM DYNAMIC FLOW PROBLEM (STUDI KASUS : JALUR EVAKUASI TSUNAMI DI KELURAHAN SANUR DENPASAR BALI)**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Salah satu cara untuk menentukan jalur evakuasi yang optimal adalah dengan menggunakan pendekatan *Maximum Dynamic Flow Problem* (MDFP). Cara kerja MDFP secara umum sama seperti memecahkan masalah *Maximum Flow Problem*, akan tetapi terdapat perbedaan dimana MDFP memiliki komponen waktu yang dinamis yang berperan memaksimalkan arus untuk mencapai tujuannya. Kelebihan yang dimiliki MDFP adalah dapat digunakan untuk membuat sebuah model dalam proses evakuasi yang tidak mempunyai informasi jelas mengenai jumlah *evacuess*. Beberapa penelitian menggunakan metode pendekatan MDFP telah dilakukan, salah satunya yaitu penelitian yang berjudul “Pemodelan Problem Evakuasi Bencana Tsunami Melalui Pendekatan *Maximum Dynamic Flow Problem* (MDFP) (Studi Kasus : Kelurahan Berkas Kota Bengkulu)”. Pada penelitian tersebut penulis berhasil menemukan model jaringan berupa jarak terdekat/ waktu minimum yang dapat ditempuh dari tiap-tiap simpul sumber menuju simpul tujuan, akan tetapi belum dapat menghitung secara pasti jumlah maksimum orang yang dapat dievakuasi melalui rute yang telah didapat karena kapasitas jalan dan jumlah orang yang dievakuasi tidak diketahui secara pasti.

Melihat dari data yang didapat, kasus tersebut dapat diselesaikan dengan menggunakan pendekatan MDFP untuk menentukan jalur evakuasi tsunami yang optimal. Selengkapnya cara kerja MDFP dalam menentukan jalur evakuasi akan dibahas di sub bab selanjutnya.

### **3.2. Representasi Graf**

Tahapan pertama dalam penyelesaian masalah evakuasi tsunami adalah merepresentasikan permasalahan dalam bentuk *static network*, yaitu memodelkan node sumber dan node tujuan, dan rute yang digunakan untuk evakuasi. Rute-rute ini mungkin memiliki beberapa titik persimpangan. Rute dimodifikasi dipilih oleh jalur graf. Jalur graf disusun oleh node-node, dimana busur menghubungkan dua node yang berdekatan. Seperti contoh dalam representasi bangunan menggunakan *static network*, node dapat mewakili ruangan, lobi, atau titik persimpangan, sedangkan busur dapat digunakan untuk memodelkan koridor, lorong, tangga, atau

Yuda Alfrian Darmawan, 2021

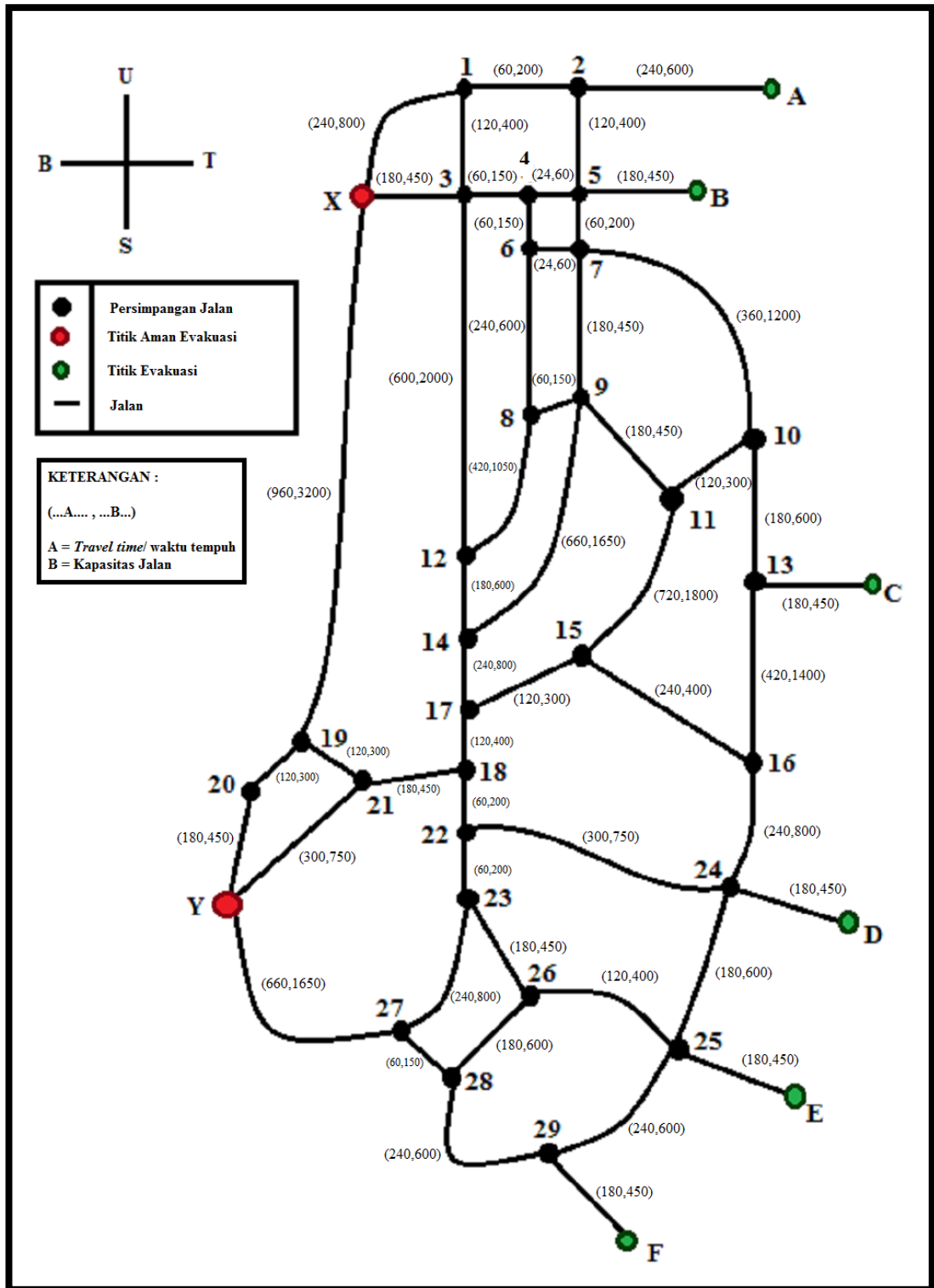
**OPTIMASI JALUR EVAKUASI TSUNAMI DENGAN PENDEKATAN MAXIMUM DYNAMIC FLOW PROBLEM (STUDI KASUS : JALUR EVAKUASI TSUNAMI DI KELURAHAN SANUR DENPASAR BALI)**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

koneksi antara dua simpul persimpangan. Beberapa lokasi di gedung yang menampung sejumlah besar pengungsi dianggap menjadi sumber node dalam jaringan. Kapasitas node sumber diberikan oleh estimasi jumlah pengungsi di lokasi yang diwakili node. Bangunan keluar atau lokasi keselamatan yang dianggap sebagai tujuan akhir pengungsi, dianggap sebagai simpul tujuan.

Representasikan masalah evakuasi penduduk di Kelurahan Sanur dalam bentuk *Static Network* dapat dilihat pada Gambar 3.2. Setiap simpul mewakili sebuah persimpangan jalan. Pada kasus ini, simpul yang menjadi sumber adalah titik evakuasi, sedangkan simpul yang menjadi tujuan adalah titik berkumpul. Busur mewakili jalan yang menghubungkan dua lokasi, dimana arah dari busur tersebut menunjukkan arah jalan seperti jalan satu arah atau jalan dua arah. Berdasarkan himbauan dari BNPB, evakuasi ditekankan hanya untuk pejalan kaki. Oleh karena itu arah busur dianggap menuju simpul tujuan. Kapasitas busur menyatakan kapasitas jalan. Berdasarkan hasil pengamatan, jalan pada data penelitian mempunyai lebar yang berbeda-beda. Oleh karena itu, kapasitas busur dibagi menjadi beberapa kriteria bobot jalan. Bobot 1 diberikan untuk jalan yang memiliki akses paling sulit yang meliputi jalan sempit, gang. Bobot 1.5 diberikan untuk jalan yang tidak terlalu lebar, dan bobot 2 diberikan untuk jalan yang cukup luas (jalan raya/jalan umum).

Selain kapasitas jalan, setiap busur (i,j) mempunyai waktu tempuh, yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menempuh perjalanan dari simpul i ke simpul j. Dalam penelitian ini, waktu tempuh dihitung dengan cara mengasumsikan bahwa kecepatan orang berjalan adalah 6km/jam.



Gambar 3.2. Static network Kelurahan Sanur Bali

Yuda Alfrian Darmawan, 2021

OPTIMASI JALUR EVAKUASI TSUNAMI DENGAN PENDEKATAN MAXIMUM DYNAMIC FLOW PROBLEM (STUDI KASUS : JALUR EVAKUASI TSUNAMI DI KELURAHAN SANUR DENPASAR BALI)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Keterangan :

- X : *Sink node*/ titik aman evakuasi (Puskesmas II Denpasar Selatan)
- Y : *Sink node*/ titik aman evakuasi (SMK Negeri III Denpasar)
- A : *Source node*/ titik evakuasi (Segara)
- B : *Source node*/ titik evakuasi (Shindu)
- C : *Source node*/ titik evakuasi (Karang)
- D : *Source node*/ titik evakuasi (Duyung)
- E : *Source node*/ titik evakuasi (Semawang)
- F : *Source node*/ titik evakuasi (Cemara)
- (1,X) : Jln. Danau Buyan III
- (1,2) : Jln. Danau Buyan
- (1,3) : Jln. By Pass Ngurah Rai
- (2,A) : Jln. Segara Ayu
- (2,5) : Jln. Danau Toba
- (3,4) : Jln. Pantai Sindhu
- (3,12) : Jln. By Pass Ngurah Rai
- (3,X) : Jln. Danau Tondano
- (4,5) : Jln. Pantai Sindhu
- (4,6) : Jln. Pasar
- (5,B) : Jln. Pantai Sindhu
- (5,7) : Jln. Danau Toba
- (6,7) : Jln. Tamblingan
- (6,8) : Jln. Pasar
- (7,9) : Jln. Pungutan
- (7,10) : Jln. Danau Tamblingan
- (8,9) : Jln. Pungutan
- (8,12) : Jln. Pasar
- (9,11) : Jln. Pungutan I
- (9,14) : Jln. Pungutan
- (10,11) : Jln. Bumi Ayu

Yuda Alfrian Darmawan, 2021

**OPTIMASI JALUR EVAKUASI TSUNAMI DENGAN PENDEKATAN MAXIMUM DYNAMIC FLOW  
PROBLEM (STUDI KASUS : JALUR EVAKUASI TSUNAMI DI KELURAHAN SANUR DENPASAR BALI)**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- (10,13) : Jln. Danau Tamblingan  
(11,15) : Jln. Pungutan  
(12,14) : Jln. By Pass Ngurah Rai  
(13,C) : Jln. Pantai Karang  
(13,16) : Jln. Danau Tamblingan  
(14,17) : Jln. By Pass Ngurah Rai  
(15,17) : Jln. Pungutan  
(15,16) : Jln. Penjor Agung  
(16,24) : Jln. Danau Tamblingan  
(17,18) : Jln. By Pass Ngurah Rai  
(18,21) : Jln. Betngandang I  
(18,22) : Jln. By Pass Ngurah Rai  
(19,X) : Jln. Sekuta  
(19,20) : Jln. Tunggak Bingin  
(19,21) : Jln. Batur Sari  
(20,Y) : Jln. Tirta Akasa  
(21,Y) : Jln. Kutat Lestari  
(22,23) : Jln. By Pass Ngurah Rai  
(22,24) : Jln. Karang Sari  
(23,27) : Jln. By Pass Ngurah Rai  
(23,26) : Jln. Betngandang II  
(24,D) : Jln. Duyung  
(24,25) : Jln. Danau Tamblingan  
(25,E) : Jln. Kusuma Sari  
(25,26) : Jln. Danau Poso  
(25,29) : Jln. Cemara  
(26,28) : Jln. Danau Poso  
(27,Y) : Jln. Tirtanadi  
(27,28) : Jln. Sudamala  
(28,29) : Jln. Sudamala

Yuda Alfrian Darmawan, 2021

*OPTIMASI JALUR EVAKUASI TSUNAMI DENGAN PENDEKATAN MAXIMUM DYNAMIC FLOW  
PROBLEM (STUDI KASUS : JALUR EVAKUASI TSUNAMI DI KELURAHAN SANUR DENPASAR BALI)*

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- (29,F) : Jln. Cemara
- 1 : Simpang Jln. Danau Buyan , Jln. By Pass Ngurah Rai, dan Jln. Danau Buyan
- 2 : Simpang Jln. Segara Ayu, Jln. Danau Toba, Jln. Danau Buyan
- 3 : Simpang Jln. By Pass Ngurah Rai, Jln. Danau Tondano, dan Jln, Pantai Sindhu
- 4 : Simpang Jln. Pantai Sindhu dan Jln. Pasar
- 5 : Simpang Jln. Danau Toba dan Jln. Pantai Sindhu
- 6 : Simpang Jln. Pasar, Jln Tamblingan, dan Jln. Danau Tamblingan
- 7 : Simpang Jln. Danau Toba, Jln. Tamblingan, dan Jln. Pungutan
- 8 : Simpang Jln. Pasar, dan Jln. Pungutan
- 9 : Simpang Jln. Pungutan I dan Jln. Pungutan
- 10 : Simpang Jln. Danau Tamblingan dan Jln. Bumi Ayu
- 11 : Simpang Jln. Pungutan I, Jln. Bumi Ayu, dan Jln. Pungutan
- 12 : Simpang Jln. Pasar dan Jln. By Pass Ngurah Rai
- 13 : Simpang Jln. Pantai Karang dan Jln. Danau Tamblingan
- 14 : Simpang Jln. Pungutan dan Jln. By Pass Ngurah Rai
- 15 : Simpang Jln. Pungutan dan Jln. Penjor Agung
- 16 : Simpang Jln. Danau Tamblingan dan Jln. Penjor Agung
- 17 : Simpang Jln. By Pass Ngurah Rai dan Jln. Pungutan
- 18 : Simpang Jln. By Pass Ngurah Rai dan Jln. Betngandang I
- 19 : Simpang Jln. Sekuta, Jln. Tunggak Bingin, dan Jln. Batur Sari
- 20 : Simpang Jln. Tunggak Bingin dan Jln. Tirta Akasa
- 21 : Simpang Jln. Batur Sari dan Jln. Kutat Lestari
- 22 : Simpang Jln. By Pass Ngurah Rai dan Jln. Karang Sari
- 23 : Simpang Jln. By Pass Ngurah Rai dan Jln. Betngandang II
- 24 : Simpang Jln. Karang Sari, Jln. Duyung, dan Jln. Danau Tamblingan
- 25 : Simpang Jln. Danau Tamblingan, Jln. Kusuma Sari, Jln. Danau Poso, dan Jln. Cemara
- 26 : Simpang Jln. Betngandang II dan Jln. Danau Poso

Yuda Alfrian Darmawan, 2021

*OPTIMASI JALUR EVAKUASI TSUNAMI DENGAN PENDEKATAN MAXIMUM DYNAMIC FLOW PROBLEM (STUDI KASUS : JALUR EVAKUASI TSUNAMI DI KELURAHAN SANUR DENPASAR BALI)*

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



- 27 : Simpang Jln. By Pass Ngurah Rai, Jln. Tirtanadi, dan Jln. Sudamala  
 28 : Simpang Jln. Danau Poso dan Jln. Sudamala  
 29 : Simpang Jln. Cemara dan Jln. Sudamala

### 3.3. Model *Maximum Dynamic Flow Problem*

Masalah penentuan jalur evakuasi tsunami dapat dianalogikan sebagai masalah penentuan rute dari titik evakuasi menuju titik berkumpul yang dapat meminimumkan waktu tempuh dan memaksimalkan jumlah penduduk yang dievakuasi. Dengan demikian masalah ini termasuk dalam kategori *Maximum Dynamic Flow Problem* (MDFP).

Selanjutnya, MDFP akan dimodelkan sebagai model optimisasi. Untuk kepentingan pemodelan tersebut didefinisikan parameter sebagai berikut.

$a_i$  = Kapasitas busur yang ditinggalkan  $a_i$  /kapasitas *holdover* ( $i(t), i(t + 1)$ )

$b_{ij}$  = Kapasitas busur ( $i,j$ )

$N$  = *Node*/simpul

$A$  = *Arc* / busur

$\lambda_{ij}$  = *Travel time* / waktu tempuh dari *node*  $i$  ke *node*  $j$

$S$  = Himpunan *source node* dari *static network*  $G_T$

$D$  = Himpunan *sink node* dari *static network*  $G_T$

$x,y$  = Nilai aliran

$T$  = Waktu tempuh maksimal

Variabel keputusan model optimisasi didefinisikan sebagai  $x_{id}$  yaitu jumlah orang yang dievakuasi pada waktu  $t$  dari *node*  $i$  ke *node*  $d$  pada waktu  $t - \lambda_{id}$ . Fungsi tujuan dari model MDFP digunakan untuk memaksimalkan jumlah orang yang dapat dievakuasi ke titik berkumpul. Fungsi tujuan ini dapat diekspresikan sebagai persamaan berikut:

Yuda Alfrian Darmawan, 2021

**OPTIMASI JALUR EVAKUASI TSUNAMI DENGAN PENDEKATAN MAXIMUM DYNAMIC FLOW PROBLEM (STUDI KASUS : JALUR EVAKUASI TSUNAMI DI KELURAHAN SANUR DENPASAR BALI)**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

**Memaksimumkan:**

$$\emptyset(X) := \sum_{t=0}^{t=T} \sum_{i \in D} x_{id}(t)$$

Dengan menggunakan fungsi tujuan ini, MDF dengan kapasitas busur konstan dan waktu tempuh non-negatif bisa diselesaikan dengan formula berikut.

$$Max = \sum_{t=0}^{t=T} \sum_{i \in D} x_{id}(t) \quad (1)$$

$$y_i(t+1) - y_i(t) = \sum_{k \in pred(i)} x_{ki}(t - \lambda_{ki}) - \sum_{j \in succ(i)} x_{ij}(t), \quad (2)$$

$$t = 0, 1, \dots, T \quad \forall i \in N$$

$$y_i(0) = 0 \quad \forall i \in N \quad (3)$$

$$y_i(t) = 0 \quad \forall i \in S \cup D; \quad t = 1, \dots, T \quad (4)$$

$$0 \leq y_i(t) \leq a_i, \quad t = 1, \dots, T \quad \forall i \in N - S \cup D \quad (5)$$

$$0 \leq x_{ij}(t) \leq b_{ij}, \quad t = 0, \dots, T - \lambda_{ij}; \quad \forall (i, j) \in A \quad (6)$$

Solusi MDFP (1) – (6) didapat dengan mengulang arus yang mungkin sepanjang rantai (*chain*) dari *static network* dari simpul sumber (*source node*) ke simpul tujuan (*sink node*). Karena itu penyelesaian MDFP (1) – (6) dapat dilakukan dengan pendekatan *Temporally Repeated Flow Technique*

### 3.4. Teknik Penyelesaian Model *Maximum Dynamix Flow Problem* (MDFP)

Penyelesaian dari model MDFP mengadaptasi teknik penyelesaian pada Ford, L.R., and Fulkerson, D.R., 1962. Tujuan dari penyelesaian model adalah untuk menentukan jarak terdekat dari setiap sumber ke tempat tujuan. Karena melibatkan waktu evakuasi maka masalah penentuan jarak terdekat ini dapat digambarkan sebagai *dynamic flow*.

Yuda Alfrian Darmawan, 2021

**OPTIMASI JALUR EVAKUASI TSUNAMI DENGAN PENDEKATAN MAXIMUM DYNAMIC FLOW PROBLEM (STUDI KASUS : JALUR EVAKUASI TSUNAMI DI KELURAHAN SANUR DENPASAR BALI)**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Solusi dari MDFP dapat diperoleh dengan mengulang aliran fisibel sepanjang rantai pada *static network* dari sumber ke tujuan. Aliran pada rantai statis diulang pada *dynamic network* pada setiap periode waktu sepanjang  $T$ . Pendekatan ini disebut teknik *Temporally Repeated Flow (TRF)*.

**Definisi 3.1.** (*Temporally Repeated Flow*) :

Misalkan  $\gamma = \langle |P|, P \rangle$  adalah aliran rantai. *Temporally repeated flow*  $\gamma^T$  adalah aliran dinamis yang didapat dengan menggunakan  $(T + 1 - \lambda(P))$  kali rantai yaitu dengan memindahkan  $|P|$  unit aliran setiap periode waktu dari waktu ke  $T + 1 - \lambda(P)$  sepanjang path yang sama (*static p*).

Berdasarkan Ahuja dkk (1993) ,suatu *network flow* dapat didekomposisi menjadi beberapa *chain flow*. Teorema berikut menunjukkan bahwa masalah MDFP dapat diselesaikan sebagai *minimum cost flow problem (MCFP)* di *static network*.

**Proposisi 3.1.** (Ford, L.R., and Fulkerson, D.R., 1962) *Menyelesaikan maximum dynamic flow ekuivalen dengan mencari solusi MCFP. Khususnya, temporally repeated flow yang diperoleh dari dekomposisi rantai pada suatu minimum cost flow adalah sebuah maximum dynamic flow.*

Pembuktian Proposisi 3.1 dapat dilihat pada Ahuja dkk. (1993). Berdasar Proposisi 3.1, maka untuk menyelesaikan MDFP perlu dilakukan pencarian lintasan terpendek pada *static network* dari sumber ke tujuan.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mencari lintasan terpendek adalah algoritma Djiksra. Algoritma Djiksra merupakan suatu algoritma yang digunakan dalam menentukan jalur terpendek dari simpul sumber menuju simpul tujuan berdasarkan bobot pada sisi. Bobot pada sisi pada penelitian ini berupa jarak, waktu, dan bobot jalan. Algoritma Djiksra bekerja dengan cara mengunjungi semua simpul-simpul yang terdapat pada graf dengan dimulai pada simpul sumber. Secara

Yuda Alfrian Darmawan, 2021

**OPTIMASI JALUR EVAKUASI TSUNAMI DENGAN PENDEKATAN MAXIMUM DYNAMIC FLOW PROBLEM (STUDI KASUS : JALUR EVAKUASI TSUNAMI DI KELURAHAN SANUR DENPASAR BALI)**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

langsung algoritma ini akan memilih simpul-simpul terdekat dan menghitung total bobot semua sisi yang dilewati untuk mencapai simpul tujuan. Secara singkat algoritma Djikstra dapat dijelaskan sebagai berikut (Deng dkk, 2012) dan (Cormen dkk, 209) :

1. Tetapkan jarak pada semua simpul dengan cara memberi jarak simpul sumber (awal) dengan nol dan jarak simpul lainnya diberikan nilai yang cukup besar (tak hingga).
2. Labeli semua simpul dengan label belum dikunjungi. Simpul-simpul ini dikelompokkan menjadi satu. Simpul awal (sumber) ditetapkan sebagai simpul sekarang.
3. Untuk simpul sekarang, hitung jarak dari semua simpul tetangga yang terhubung dengan node ini. Simpan jarak ini sebagai jarak sementara. Bandingkan jarak sementara ini dengan jarak yang lebih kecil maka jarak sementara ini yang disimpan. Misal node sekarang S, memiliki jarak tersimpan JS, bernilai 7. Sedangkan terdapat simpul lain yang terhubung dengan simpul sekarang. Misal simpul B, dengan jarak 3 sehingga simpul S terhubung dengan B dengan jarak 10. Jika sebelumnya jarak tersimpan bernilai 11 maka jarak tersimpan diperbaharui dengan jarak sementara tersebut.
4. Setelah menghitung jarak dan simpul sumber (awal) dengan simpul tetangga. Selanjutnya ubah label simpul-simpul tersebut menjadi sudah dikunjungi. Dengan kata lain simpul tersebut telah dihapus dari kumpulan simpul-simpul yang belum dikunjungi. Simpul yang berlabel sudah dikunjungi tidak akan dikunjungi atau dicek lagi.
5. Jika semua telah berlabel sudah dikunjungi atau jarak sementara terkecil bernilai tak hingga maka berhenti melakukan pencarian simpul lain. Algoritma tersebut telah selesai. Jika tidak demikian, masih ada simpul yang berlabel belum dikunjungi atau jarak sementara terkecil berhingga, pilih

Yuda Alfrian Darmawan, 2021

*OPTIMASI JALUR EVAKUASI TSUNAMI DENGAN PENDEKATAN MAXIMUM DYNAMIC FLOW PROBLEM (STUDI KASUS : JALUR EVAKUASI TSUNAMI DI KELURAHAN SANUR DENPASAR BALI)*

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

simpul dengan jarak/bobot terkecil (dari simpul sumber/awal) sebagai simpul sekarang dan lanjutkan proses dari langkah ke tiga.

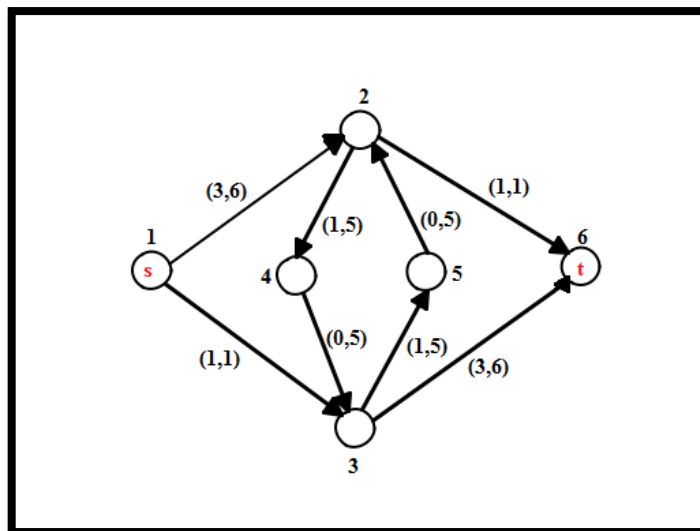
Jadi, untuk menyelesaikan MDFP dari masalah evakuasi tsunami, yaitu mencari jumlah orang terbanyak yang dapat dievakuasi dalam periode waktu  $T$  di kelurahan Sanur Bali hanya membutuhkan penyelesaian MCFP di *static network* yang ukurannya lebih kecil dibandingkan *static network* pada Gambar 3.2. Adapun langkah-langkah penyelesaian MDFP dari masalah evakuasi tsunami di atas adalah sebagai berikut:

**Langkah 1** : Aplikasikan algoritma Djiksra untuk menyelesaikan jalur terpendek pada *static network* awal pada Gambar 3.2. Misalkan diperoleh solusi optimal  $X^*$ .

**Langkah 2** : Dekomposisi  $X^*$  menjadi  $k$  aliran rantai  $P_1, P_2, \dots, P_l$  sedemikian sehingga  $X^* = \sum_{i=1}^l |P_i|$

**Langkah 3** : Ulangi setiap aliran rantai  $P_i$  mulai waktu 0 sampai  $T + 1 - \lambda(P)$

Untuk memperjelas langkah-langkah dari teknik penyelesaian di atas perhatikan penyelesaian MDFP dari *static network* pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Contoh *Static Network G*

Gambar 3.3. menunjukkan *static network* dari tata letak bangunan sederhana dengan waktu tempuh dan parameter kapasitas yang terpasang pada setiap sisi, Simpul 1 dan 6 masing-masing adalah simpul asal dan simpul tujuan. Jumlah maksimum orang yang akan dievakuasi selama periode waktu  $T=7$  unit waktu.

Untuk menyelesaikan masalah di atas, langkah pertama adalah mencari solusi optimal MCFP dari *static network*  $G$ , diperoleh solusi optimal seperti yang ditunjukkan Tabel 3.2.

Sisi	(1,2)	(1,3)	(2,4)	(2,6)	(3,6)	(4,3)
Flow (f)	6	1	5	1	6	5

Tabel 3.1. Arus maksimum optimal untuk contoh *static network*  $G$  gambar 3.3.

Langkah selanjutnya menentukan aliran rantai, dan diperoleh aliran rantai sebagai berikut:

1.  $P1 = (1,2,6)$

Karena  $\lambda(P1) = 4, |P1| = 1$  , maka  $P1$  harus diulang sebanyak :  $7 + 1 - 4 = 4$  kali untuk  $t = 0,1,2,3$

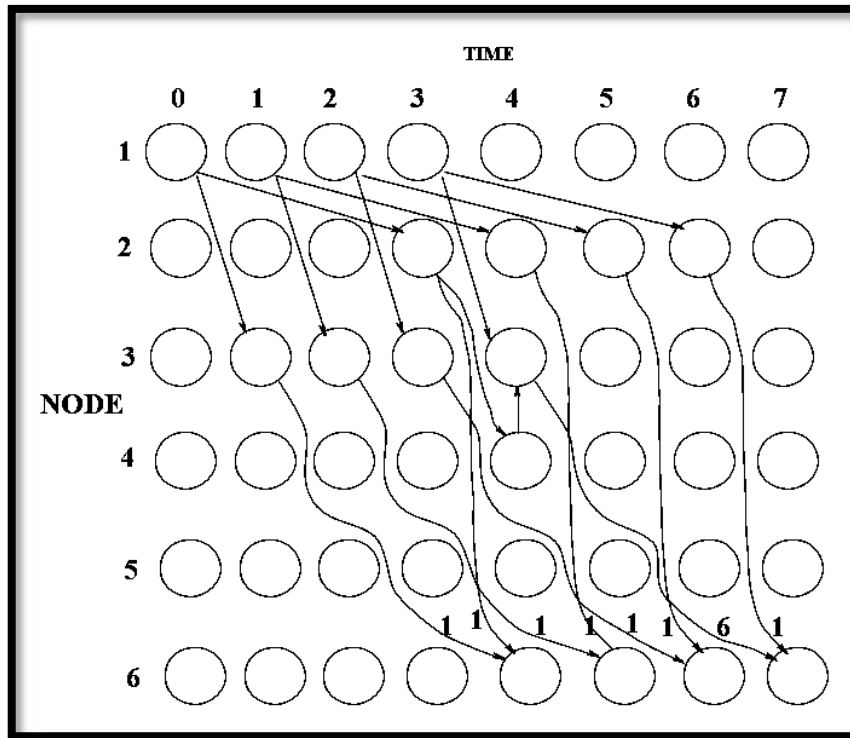
2.  $P2 = (1,2,4,3,6)$

Karena  $\lambda(P2) = 7, |P2| = 5$  , maka  $P2$  harus diulang sebanyak :  $7 + 1 - 7 = 1$  kali untuk  $t = 0$

3.  $P3 = (1,3,6)$

Karena  $\lambda(P3) = 4, |P3| = 1$  , maka  $P3$  harus diulang sebanyak :  $7 + 1 - 4 = 4$  kali untuk  $t = 0,1,2,3$

Aliran dinamis ditunjukkan pada gambar 3.5. Aliran dinamis total sama dengan 13 unit aliran dimana 2 unit tiba di tujuan pada waktu  $t = 4,5,6$  dan 7 unit pada waktu  $t = 7$  hal ini menunjukkan bahwa seseorang membutuhkan setidaknya 7 unit waktu untuk mengevakuasi 13 orang yang berada di lokasi yang ditandai oleh simpul 1 pada awal proses evakuasi.



Gambar 3.4. Aliran Dinamis Maksimum contoh 3.3.

Perhatian bahwa berdasarkan solusi pada Gambar 3.4. simpul 5 tidak terlibat dalam aliran dinamis maksimum. Hal ini mengindikasikan bahwa untuk mengevakuasi penduduk yang berada pada simpul 5 dibutuhkan periode waktu yang lebih besar dari  $T = 7$ .