

**OPTIMISASI JALUR EVAKUASI GEDUNG BERTINGKAT BERBASIS  
*DYNAMIC NETWORK FLOW*  
(Studi Kasus di Gedung FPMIPA A UPI)**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh  
Gelar Sarjana Matematika Program Studi Matematika



Oleh  
Beriel Ilham  
NIM 1904131

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN MATEMATIKA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
2023**

## LEMBAR PENGESAHAN

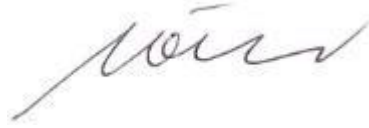
Beriel Ilham

1904131

### OPTIMISASI JALUR EVAKUASI GEDUNG BERTINGKAT BERBASIS *DYNAMIC NETWORK FLOW*

(Studi Kasus di Gedung FPMIPA A UPI)

Disetujui dan disahkan oleh Pembimbing  
Pembimbing I,



Dr. Khusnul Novianingsih, S. Si., M. Si.

NIP. 197711282008122001

Pembimbing II,



Dr. Sumanang Muhtar Gozali, M.Si.

NIP. 197411242005011001

Mengetahui,  
Ketua Departemen Pendidikan Matematika,



Dr. H. Dadang Juandi

NIP. 196401171992021001

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “OPTIMISASI JALUR EVAKUASI GEDUNG BERTINGKAT BERBASIS DYNAMIC NETWORK FLOW (Studi Kasus di Gedung FPMIPA A UPI)” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko atau sanksi apabila ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, April 2023



Beriel Ilham  
1904131

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena dengan rahmat, karunia, serta taufik dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul: “Optimisasi Jalur Evakuasi Gedung Bertingkat Berbasis *Dynamic Network Flow* (Studi Kasus di Gedung FPMIPA A UPI)”. Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Yth. Ibu Dr. Khusnul Novianingsih, M.Si., selaku Pembimbing I yang telah memberikan arahan serta bimbingan dalam proses penulisan skripsi ini.
2. Yth. Bapak Dr. Sumanang Muhtar Gozali, M.Si., selaku Pembimbing II yang telah memberikan arahan serta bimbingan dalam proses penulisan skripsi ini.
3. Yth. Ibu Dra. Rini Marwati, M.S. selaku dosen Pembimbing Akademik yang memberikan arahan serta motivasi selama menjalani jenjang perkuliahan S1.
4. Seluruh dosen Departemen Pendidikan Matematika yang telah memberikan ilmunya dari awal hingga akhir perkuliahan jenjang S1.
5. Rekan-rekan mahasiswa Matematika UPI 2019 atas dukungan, motivasi, bantuan, dan kebersamaan selama menjalankan studi jenjang S1.
6. Rekan-rekan Badan Eksekutif Mahasiswa Himatika ‘Identika’ UPI atas pengalaman, penghargaan, dan kebersamaan yang sangat berharga selama menjadi anggota organisasi.
7. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis cantumkan satu per satu yang telah mendukung dan membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.

Terutama untuk orang tua tercinta yang telah membantu secara fisik maupun mental agar selalu berusaha dengan maksimal dalam melaksanakan kegiatan perkuliahan, yaitu salah satunya adalah mengerjakan skripsi ini. Semoga Allah SWT senantiasa membalas kebaikan serta ketulusan dari pihak-pihak yang telah membantu penulis. Semoga tercatat menjadi amal baik baginya dan mendapat ridha Allah SWT.

**OPTIMISASI JALUR EVAKUASI GEDUNG BERTINGKAT BERBASIS  
*DYNAMIC NETWORK FLOW*  
(Studi Kasus di Gedung FPMIPA A UPI)**

**ABSTRAK**

Jalur evakuasi merupakan aspek yang sangat penting dalam proses mitigasi bencana. Penelitian ini meneliti masalah penentuan jalur evakuasi yang optimal di gedung bertingkat, yaitu jalur evakuasi yang dapat mengevakuasikan penghuni sebanyak-banyaknya dalam waktu sesingkat-singkatnya. Jalur evakuasi tersebut dicari dengan menggunakan pendekatan *Temporally Repeated Flow* berbasis *Maximum Dynamic Flow Problem* (MDFP). Dengan merepresentasikan gedung sebagai jaringan statis, jarak terpendek dihitung dari setiap simpul sumber ke simpul tujuan. Selanjutnya, pendistribusian aliran diulang sepanjang rantai dari jaringan statis untuk setiap satuan waktu dalam rentang waktu tertentu. Hasil implementasi pada perencanaan jalur evakuasi di Gedung FPMIPA A UPI menunjukkan bahwa proses evakuasi memerlukan waktu 3 menit dan 6 detik untuk mengevakuasikan maksimal sebanyak 2364 penghuni gedung. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa struktur Gedung FPMIPA A UPI pada saat ini sudah baik dan sangat mendukung kelancaran proses evakuasi dengan efisien dan efektif jika terjadi bencana.

**Kata Kunci:** Gedung Bertingkat, Jalur Evakuasi, *Maximum Dynamic Flow Problem*, *Temporally Repeated Flow*.

**DYNAMIC NETWORK FLOW BASED EVACUATION ROUTE  
OPTIMIZATION OF A MULTI-STOREY BUILDING  
(Case Study at the FPMIPA A UPI Building)**

**ABSTRACT**

*Evacuation route is one of important aspect in the disaster mitigation process. This research determine the optimal evacuation route in a multi-storey building, that is an evacuation route that can maximize the number of refugees in a short period of time. The evacuation route is determined using the Temporally Repeated Flow approach based on the Maximum Dynamic Flow Problem (MDFP). By representing the building as a static network, the shortest distance is calculated from each source node to the destination nodes. Next, the flow distribution is repeated along the chain of the static network for each time unit within a certain time span. We implement the model to plan the evacuation route planning in the FPMIPA A UPI Building. The results show that the evacuation process will be ended in 3 minutes and 6 seconds and it can evacuate 2364 refugees. Thus, it can be concluded that the structure of the FPMIPA A UPI Building is good and it supports in evacuation process.*

**Key Words:** *Multi-storey Building, Evacuation Route, Maximum Dynamic Flow Problem, Temporally Repeated Flow.*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
LEMBAR PERNYATAAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan .....	4
1.4 Manfaat .....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA .....	5
2.1 Optimisasi Matematika .....	5
2.2 Graf .....	5
2.3 Graf Berarah .....	6
2.4 Graf Berbobot .....	6
2.5 Jaringan dan Aliran .....	7
2.6 Dynamic Network Flow .....	7
2.7 Algoritma Dijkstra .....	8
2.8 Rantai dan Aliran Rantai .....	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	10
3.1 Deskripsi Masalah .....	10
3.2 Tahapan Penelitian .....	10
3.3 Data Penelitian .....	11
3.4 Representasi Jaringan .....	12
3.5 Asumsi .....	14
3.6 Model Optimasi .....	14

3.7	Metode Penyelesaian .....	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		21
4.1	Data Penelitian .....	21
4.2	Validasi.....	22
4.3	Tahapan Implementasi .....	24
4.4	Analisis Hasil Implementasi.....	64
BAB V KESIMPULAN .....		68
5.1	Kesimpulan.....	68
5.2	Saran .....	68
DAFTAR PUSTAKA .....		69
LAMPIRAN.....		71



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Graf $G$ .....	5
<b>Gambar 2.2</b> Graf berarah $H$ .....	6
<b>Gambar 2.3</b> Graf berbobot $I$ .....	6
<b>Gambar 2.4</b> Contoh sebuah jaringan. ....	7
<b>Gambar 3.1</b> Contoh denah bangunan. ....	13
<b>Gambar 3.2</b> Representasi jaringan statis dari denah gedung pada Gambar 3.1... 13	
<b>Gambar 3.3</b> Jaringan statis $G$ .....	18
<b>Gambar 3.4</b> Ilustrasi aliran dinamis rantai $P1$ .....	19
<b>Gambar 3.5</b> Ilustrasi aliran dinamis rantai $P2$ .....	20

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Pembagian titik evakuasi Gedung FPMIPA A UPI. ....	12
<b>Tabel 3.2</b> Tabel kalkulasi Algoritma Dijkstra untuk rute A – Z. ....	18
<b>Tabel 3.3</b> Tabel kalkulasi Algoritma Dijkstra untuk rute B – Z.....	18
<b>Tabel 4.1</b> Spesifikasi akses tangga untuk setiap sayap gedung.....	21
<b>Tabel 4.2</b> Pendistribusian aliran dengan metode MDFP (baris pertama) dan metode UMF (baris kedua).....	25
<b>Tabel 4.3</b> Klasifikasi simpul sumber dan simpul tujuan pada representasi jaringan statis Gedung FPMIPA A UPI.....	28
<b>Tabel 4.4</b> Data representasi jaringan statis Gedung FPMIPA A UPI. ....	29
<b>Tabel 4.5</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber A1. ....	31
<b>Tabel 4.6</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber B1.....	31
<b>Tabel 4.7</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber C1.....	32
<b>Tabel 4.8</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber D1. ....	32
<b>Tabel 4.9</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber E1.....	32
<b>Tabel 4.10</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber F1.....	33
<b>Tabel 4.11</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber G1. ....	33
<b>Tabel 4.12</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber A2. ....	33
<b>Tabel 4.13</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber B2.....	34
<b>Tabel 4.14</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber C2.....	34
<b>Tabel 4.15</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber D2. ....	34
<b>Tabel 4.16</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber E2.....	35
<b>Tabel 4.17</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber F2.....	35
<b>Tabel 4.18</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber G2. ....	36
<b>Tabel 4.19</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber A3. ....	36
<b>Tabel 4.20</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber B3.....	36
<b>Tabel 4.21</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber C3.....	37
<b>Tabel 4.22</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber D3. ....	38
<b>Tabel 4.23</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber E3.....	38
<b>Tabel 4.24</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber F3.....	39
<b>Tabel 4.25</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber G3. ....	39

<b>Tabel 4.26</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber A4. ....	39
<b>Tabel 4.27</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber B4.....	40
<b>Tabel 4.28</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber C4.....	41
<b>Tabel 4.29</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber D4. ....	42
<b>Tabel 4.30</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber A5. ....	42
<b>Tabel 4.31</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber B5.....	44
<b>Tabel 4.32</b> Pencarian jalur terpendek dari simpul sumber C5.....	44
<b>Tabel 4.33</b> Waktu tempuh dan rute seluruh jalur evakuasi. ....	45
<b>Tabel 4.34</b> Rata-rata waktu evakuasi dan banyak pengungsi seluruh lantai gedung. .....	66
<b>Tabel 4.35</b> Waktu tempuh dan aliran pada seluruh jalur evakuasi.....	66

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b> Denah Gedung FPMIPA A UPI Sayap <i>North</i> . .....	71
<b>Lampiran 2</b> Denah Gedung FPMIPA A UPI Sayap <i>East</i> .....	72
<b>Lampiran 3</b> Denah Gedung FPMIPA A UPI Sayap <i>South</i> .....	72
<b>Lampiran 4</b> Denah Gedung FPMIPA A UPI Sayap <i>West</i> .....	73

## DAFTAR PUSTAKA

- Almeida, J. E., Rosseti, R., dan Coelho, A. L. (2013). *Crowd Simulation Modeling Applied to Emergency and Evacuation Simulations using Multi-Agent Systems*.
- Alves, F., Cruz, S., Ribeiro, A., Silva, A. B., Martins, J., & Cunha, I. (2020). Walkability Index for Elderly Health: A Proposal. *Sustainability*, 12(18), 7360.
- Darmawan, Y. A. (2021). *Optimasi Jalur Evakuasi Tsunami dengan pendekatan Maximum Dynamic Flow Problem (Studi kasus : Jalur Evakuasi Tsunami di Kelurahan Sanur Denpasar Bali)*. Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Diestel, R. (2005). *Graph Theory*. New York: Springer-Verlag Heidelberg.
- Exner, R. (2016). *How to calculate crowd estimates; primer for what's realistic in advance of the Republican National Convention (video)* [Online]. Diakses dari [https://www.cleveland.com/datacentral/2016/07/how\\_to\\_calculate\\_crowd\\_estimat.html#:~:text=In%20a%20loose%20crowd%2C%20a,occupies%20about%204.5%20square%20feet](https://www.cleveland.com/datacentral/2016/07/how_to_calculate_crowd_estimat.html#:~:text=In%20a%20loose%20crowd%2C%20a,occupies%20about%204.5%20square%20feet).
- Ford, L. R., dan Fulkerson, D. R. (1958). Constructing Maximal Dynamic Flows from Static Flows. *Operations Research*, 6, 419-433.
- Hamacher, H. W., dan Tjandra, S. A. (2002). Mathematical Modelling of Evacuation Problems: A State of Art. *Pedestrian and Evacuation Dynamics*, 24, 227-266.
- Kyi, M. T., dan Naing, L. L. (2018). Application of Ford-Fulkerson Algorithm to Maximum Flow in Water Distribution Pipeline Network. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 8(12), 306-310.
- Lin, M., dan Jaillet, P. (2014). On the Quickest Flow Problem in Dynamic Networks - A Parametric Min-cost Flow Approach. *Proceedings of the twenty-sixth annual ACMSIAM symposium on Discrete algorithms* (pp. 1343-1356). Society for Industrial and Applied Mathematics.

- Malodushev, S. V., Rogov, A. A., dan Voronov, R. V. (2019). Mathematical model for evacuation people from corridor-type buildings. *Vestnik of Saint Petersburg University. Applied Mathematics. Computer Science. Control Processes*, 15(3), 375-384.
- Parpalea, M., dan Ciurea, E. (2011). The Quickest Maximum Dynamic Flow of Minimum Cost. *International Journal of Applied Mathematics and Informatics*, 3, 266-274.
- Poulos, A., Tocornal, F., Llera, J. C., dan Mitrani-Reiser, J. (2018). Validation of an agent-based building evacuation model with a school drill. *Transportation Resesarch Part C: Emerging Technologies*, 97, 82-95.
- Wang, L., dan Zhao, J. (2022). Mathematical Optimization. In L. Wang, & J. Zhao, *Architecture of Advanced Numerical Analysis Systems* (pp. 87-119). Berkeley: Apress.