

**PENYELESAIAN MASALAH *FUZZY MAXIMUM FLOW* DENGAN  
BILANGAN *FUZZY* SEGITIGA DAN TRAPESIUM**

**SKRIPSI**

*Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh*

*Gelar Sarjana Matematika*



Oleh:

Adzkia Azzahra

2005221

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
2024**

**HALAMAN HAK CIPTA**

**PENYELESAIAN MASALAH *FUZZY MAXIMUM FLOW* DENGAN  
BILANGAN *FUZZY* SEGITIGA DAN TRAPESIUM**

Oleh:

**Adzkia Azzahra**

**NIM. 2005221**

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh Gelar Sarjana Matematika pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**© Adzkia Azzahra 2024**

**Universitas Pendidikan Indonesia**

**Juli 2024**

Hak Cipta dilindungi undang-undang. Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

**LEMBAR PENGESAHAN**

ADZKIA AZZAHRA

PENYELESAIAN MASALAH *FUZZY MAXIMUM FLOW* DENGAN  
BILANGAN *FUZZY* SEGITIGA DAN TRAPESIUM

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I

28/06/2024



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

**NIP. 197711282008122001**

Pembimbing II



**Ririn Sispiyati, M.Si.**

**NIP. 198106282005012001**

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



**Dr. Kartika Yulianti, S.Pd., M.Si.**

**NIP. 198207282005012001**

## Penyelesaian Masalah *Fuzzy Maximum Flow* dengan Bilangan *Fuzzy* Segitiga dan Trapesium

### ABSTRAK

Masalah *Fuzzy Maximum Flow* adalah masalah pencarian aliran maksimum pada jaringan berparameter *fuzzy*. Penelitian ini membahas penyelesaian masalah *Fuzzy Maximum Flow* dengan bilangan *fuzzy* segitiga dan trapesium. Masalah *Fuzzy Maximum Flow* dengan bilangan *fuzzy* segitiga diselesaikan dengan pendekatan program linier dengan cara mentransformasikan model *Fuzzy Linear Programming* menjadi *Crisp Linear Programming*, kemudian model diselesaikan menggunakan metode simpleks. Solusi yang diperoleh berupa *Crisp Maximum Flow* dan diubah kembali menjadi *Fuzzy Maximum Flow* dengan bilangan *fuzzy* segitiga. Masalah *Fuzzy Maximum Flow* dengan bilangan *fuzzy* trapesium diselesaikan dengan teknik pelabelan dengan cara mencari *augmenting path* atau jalur penerobos dari jaringan *fuzzy*. Hasil yang diperoleh membuktikan bahwa kedua metode mampu memberikan solusi optimal berupa aliran maksimum pada jaringan *fuzzy*.

**Kata kunci:** *Fuzzy Maximum Flow*, bilangan *fuzzy* segitiga, bilangan *fuzzy* trapesium.

## ***Solving Fuzzy Maximum Flow Problems with Triangular and Trapezoidal Fuzzy Numbers***

### **ABSTRACT**

*A Fuzzy Maximum Flow problem is a problem for finding the maximum flow in a network with fuzzy parameters. This research discusses on solving Fuzzy Maximum Flow problems using triangular and trapezoidal fuzzy number. The Fuzzy Maximum Flow problem with triangular fuzzy numbers is solved using a linear programming approach by transforming the Fuzzy Linear Programming model into a Crisp Linear Programming, then the model is solved using the Simplex Method. The solution obtained is in the form of Crisp Maximum Flow and is converted back into Fuzzy Maximum Flow form with triangular fuzzy numbers. The Fuzzy Maximum Flow problem with trapezoidal fuzzy numbers is solved using labeling techniques by finding augmenting paths or breakthrough paths from the fuzzy network. The results show that both methods are able to provide optimal solutions as maximum flow in the fuzzy network.*

***Keywords:*** *Fuzzy Maximum Flow, triangular fuzzy numbers, trapezoidal fuzzy numbers.*

## DAFTAR ISI

HALAMAN HAK CIPTA .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR SIMBOL .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Graf .....	5
2.2 Graf Berarah.....	5
2.3 Graf Berbobot .....	6
2.4 Jaringan.....	6
2.5 Aliran .....	7

2.6 Nilai Aliran .....	8
2.7 Aliran Maksimum .....	8
2.8 Optimisasi .....	9
2.9 Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	9
2.10 Bilangan <i>Fuzzy</i> .....	10
2.11 Bilangan <i>Fuzzy</i> Segitiga .....	11
2.12 Bilangan <i>Fuzzy</i> Segitiga nonnegatif .....	11
2.13 Bilangan <i>Fuzzy</i> Trapesium .....	11
2.14 Fungsi Ranking Segitiga .....	11
2.15 Fungsi Ranking Trapesium .....	12
2.16 Operasi Aritmetika Segitiga .....	12
2.17 Operasi Aritmetika Trapesium .....	12
2.18 Konversi dari Kendala Ketaksamaan ke Kendala Persamaan Pada <i>Fuzzy</i> Segitiga .....	13
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>14</b>
3.1 Deskripsi Masalah .....	14
3.2 Tahapan Penelitian .....	14
3.3 Model <i>Fuzzy Maximum Flow</i> .....	15
3.4 Teknik Penyelesaian .....	17
3.4.1 Penyelesaian <i>Fuzzy Maximum Flow</i> dengan Bilangan <i>Fuzzy</i> Segitiga .....	17
3.4.2 Teknik Penyelesaian <i>Fuzzy Maximum Flow</i> dengan Bilangan <i>Fuzzy</i> Trapesium .....	18
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>21</b>

4.1 Tahapan Penyelesaian Model <i>Fuzzy Maximum Flow</i> dengan Bilangan <i>Fuzzy</i> Segitiga .....	21
4.2 Tahapan Penyelesaian & Contoh Kasus Model <i>Fuzzy Maximum Flow</i> dengan Bilangan <i>Fuzzy</i> Trapesium .....	29
4.3 Aplikasi Model <i>Fuzzy Maximum Flow</i> pada kasus Evakuasi .....	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	45
5.1 Kesimpulan .....	45
5.2 Saran .....	46
DAFTAR PUSTAKA .....	47
LAMPIRAN.....	50



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Graf $G$ .....	5
Gambar 2.2 Graf Berarah $D$ .....	6
Gambar 2. 3 Graf Berbobot $(G, w)$ .....	6
Gambar 2. 4 Jaringan $N$ dengan kapasitas $c$ pada tiap busur. ....	7
Gambar 2. 5 Aliran pada sebuah jaringan $N$ .....	8
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Tahapan Penyelesaian FMFP dengan bilangan <i>fuzzy</i> trapesium.....	20
Gambar 4.1 Contoh kasus jaringan <i>fuzzy</i> dengan kapasitas busur berupa bilangan <i>fuzzy</i> segitiga.....	23
Gambar 4.2 Solusi optimal <i>Fuzzy Linear Programming</i> dengan <i>software</i> LINDO. ..	27
Gambar 4.3 Aliran maksimal dengan bilangan <i>fuzzy</i> segitiga pada jaringan.....	28
Gambar 4.4 Representasi jaringan dengan kapasitas bilangan <i>fuzzy</i> trapesium. ....	29
Gambar 4.5 Jalur Penerobos pada Iterasi 1.....	32
Gambar 4.6 Jalur Penerobos pada Iterasi 2.....	35
Gambar 4.7 Representasi Iterasi 3. ....	35
Gambar 4.8 Representasi jaringan dengan aliran maksimal <i>fuzzy</i> trapesium. ....	37
Gambar 4.9 Representasi denah ruangan.....	39
Gambar 4.10 Representasi jaringan dengan kapasitas <i>fuzzy</i> segitiga. ....	39
Gambar 4.11 Hasil perhitungan <i>Fuzzy Linear Programming</i> dengan LINDO.....	44
Gambar 4.12 Representasi jaringan dengan aliran maksimal <i>fuzzy</i> segitiga.....	44

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Aliran optimal <i>fuzzy</i> dalam busur berbeda pada jaringan. ....	36
---	----

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Kode untuk penyelesaian FMFP dengan bilangan <i>fuzzy</i> segitiga pada <i>software</i> LINDO. ....	50
Lampiran 2	Kode lanjutan untuk penyelesaian FMFP dengan bilangan <i>fuzzy</i> segitiga pada <i>software</i> LINDO.....	51
Lampiran 3	Kode untuk penyelesaian contoh kasus evakuasi FMFP dengan bilangan <i>fuzzy</i> segitiga pada <i>software</i> LINDO. ....	52
Lampiran 4	Kode lanjutan untuk penyelesaian contoh kasus evakuasi FMFP dengan bilangan <i>fuzzy</i> segitiga pada <i>software</i> LINDO.....	53

## DAFTAR SIMBOL

$V(G)$	= Himpunan <i>Verteks</i> atau simpul pada Graf $G$ .
$E(G)$	= Himpunan <i>Edge</i> atau sisi pada Graf $G$ .
$\psi_G(e)$	= Fungsi insiden pada sisi $e$ pada Graf $G$ .
$(G, w)$	= Graf $G$ berbobot $w$ .
$N(x, y)$	= Jaringan dengan simpul sumber $x$ dan simpul sumber $y$ .
$s$	= <i>Source</i> atau Simpul sumber.
$t$	= <i>Target</i> atau Simpul tujuan.
$I$	= <i>Intermediete</i> atau Himpunan simpul perantara
$\mu_A(x)$	= Fungsi keanggotaan bilangan <i>fuzzy</i> $A$ terhadap nilai $x$ .
$\tilde{x}_{ij}$	= Aliran <i>fuzzy</i> segitiga.
$\tilde{f}$	= Total aliran maksimal <i>fuzzy</i> segitiga dari simpul sumber ke tujuan.
$\tilde{u}_{ij}$	= Kapasitas <i>fuzzy</i> segitiga.
$\lesssim$	= Pertaksamaan dalam kondisi <i>fuzzy</i> .
$\oplus$	= Operasi penjumlahan dalam kondisi <i>fuzzy</i> .
$\ominus$	= Operasi pengurangan dalam kondisi <i>fuzzy</i> .
$\tilde{f}\tilde{c}_{ij}$	= Kapasitas <i>fuzzy</i> awal dari simpul $i$ ke $j$ .
$\tilde{f}c_{ij}$	= Kapasitas sisa <i>fuzzy</i> dari simpul $i$ ke $j$ .
$\tilde{F}$	= Total aliran maksimal <i>fuzzy</i> trapesium dari simpul sumber ke tujuan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdy, M. (2018). Penggunaan Bilangan Fuzzy Segitiga pada Perbandingan Kemampuan Proses. 14(2), 137–142.
- Auliaty, R., & Sukirman, S. U. (2023). Penyelesaian Program Linear Bilangan Fuzzy Segitiga dengan Metode Mehar. 1(3), 232–237.
- Bondy, J. A., & Murty, U. S. R. (2008). *Graph Theory*. 158-161.
- Chanas, S., & Kołodziejczyk, W. (1982). Maximum flow in a network with fuzzy arc capacities. *Fuzzy Sets and Systems*, 8(2), 165–173. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(82\)90006-9](https://doi.org/10.1016/0165-0114(82)90006-9)
- Chong Edwin, K. P., & Zak Stanislaw, H. (2013). *An Introduction to Optimization*. 81.
- Das, S. K., Mandal, T., & Edalatpanah, S. A. (2017). A mathematical model for solving fully fuzzy linear programming problem with trapezoidal fuzzy numbers. *Applied Intelligence*, 46(3), 509–519. <https://doi.org/10.1007/s10489-016-0779-x>
- Dijkman, J. G., Haeringen, H. V. A. N., & Lange, S. J. D. E. (1983). *Fuzzy Numbers*.
- Ford, L. R., & Fulkerson, D. R. (2018). Maximal flow through a network. *Canadian Journal of Mathematics*, 70(1), 399–404. <https://doi.org/10.4153/cjm-1956-045-5>
- Fulkerson, D. R., & Dantzig, G. B. (1955). Computation of maximim flow in networks. *Naval Research Logistics Quarterly*, 2, 277–283.
- Hernandes, F., Lamata, M. T., Takahashi, M. T., Yamakami, A., & Verdegay, J. L. (2007). An algorithm for the fuzzy maximum flow problem. *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, January 2022. <https://doi.org/10.1109/FUZZY.2007.4295464>

- Jayagowri, P., & Suba, T. (2019). Solving Intuitionistic Fuzzy Maximal Flow Problem Using Intuitionistic Trapezoidal Fuzzy Number Abstract : 2(4), 634–641.
- Kaur, A., & Kumar, A. (2012). A new approach for solving fuzzy transportation problems using generalized trapezoidal fuzzy numbers. *Applied Soft Computing Journal*, 12(3), 1201–1213. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2011.10.014>
- Kumar, A., & Kaur, M. (2010). An Algorithm for Solving Fuzzy Maximal Flow Problems Using Generalized Trapezoidal Fuzzy Numbers. *International Journal of Applied Science and Engineering*, 8(2), 109-118.
- Kumar, A., & Kaur, M. (2010). An algorithm for solving fuzzy maximal flow problems using generalized trapezoidal fuzzy numbers. *International Journal of Hybrid Intelligent Systems*, 8(1), 15–24. <https://doi.org/10.3233/his-2011-0127>
- Kumar, A., & Kaur, M. (2011). *Solution of Fuzzy Maximal Flow Problems Using Fuzzy linear programming*. 811-815.
- Liu, S., & Kao, C. (2004). Network Flow Problems with Fuzzy Arc Lengths. 34(1), 765–769.
- Rosyida, I., & Belakang, L. (2011). Model Matematika Masalah Aliran Maksimum Kabur Dengan Pendahuluan. 38–48.
- Rosyida, I., & Mulyono, M. (2013). Simulasi Penyelesaian Aliran Maksimum pada Jaringan Fuzzy dengan Program Linear Fuzzy.pdf (pp. 99–104). Prosiding Seminar Nasional Ilmu Komputer.
- Rosyida, I., & Mulyono. (2014). Model Perancangan Distribusi Air. 23–34.
- Simon, D., Tella, Y., & Yohanna, J. (2015). The Solution of Maximal Flow Problems Using the Method Of Fuzzy Linear Programming. 21–31.
- Sugioko, A. (2013). Perbandingan Algoritma Bee Colony dengan Algoritma Bee Colony Tabu List dalam Penjadwalan Flow Shop. *Jurnal Metris*, 14(02), 113-120.

Wulan, E. R., & Andyan, V. (2013). Model EOQ Fuzzy Dengan Fungsi Trapesium Dan Segitiga Menggunakan Backorder Parsial. *JURNAL ISTEK (Jurnal Kajian Islam, Sains Dan Teknologi)*, VII(2), 89–105.

Yadav, A.K., Biswas, B.R. On Searching Fuzzy Shortest Path In a Network. *International Journal of Recent Trends in Engineering*. Vol 2. No. 3:16-18

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.