Model Konvensional Satu Titik untuk Mengoptimalkan Masalah Transportasi *Fuzzy* Trapesium

A.Mujtaba[1, a)], Ai Munirotusy Syariah [1, b)], Ain Fitriyani Patimah[1, c)] dan Elis Ratna Wulan[1 d)]

[1]*UIN Sunan Gunung Djati Bandung, Indonesia*

[a)]*email:* aamujtaba3@gmail.com
[b)] *email:* aimunirotusy@gmail.com
[C)] *email:*dokumenainfitriyanip@gmail.com
[d)] *email:* elis_ratna_wulan@uinsgd.ac.id

Abstrak

Penyelesaian masalah transportasi fuzzy trapesium dapat menggunakan pendekatan satu titik untuk mendapatkan solusi optimal. Metode satu titik mengubah empat titik dari bilangan trapesium masalah transportasi crisp. Metode ini dilengkapi dengan pendekatan minimum dari penawaran dan permintaan. Pada akhirnya, solusi-solusi tersebut digabungkan untuk mendapatkan solusi optimal. Distribusi yang dimodifikasi diterapkan pada setiap masalah crisp untuk mengembangkan solusi optimal. Skema yang disajikan dibandingkan dengan metode kompetitif yang tersedia dalam literatur dan ditemukan adanya koordinasi yang baik dengan metode-metode tersebut.

Kata kunci: Pendekatan satu titik, Bilangan fuzzy trapesium, Penawaran permintaan minimum, Distribusi yang dimodifikasi, Masalah transportasi fuzzy

Abstract

Solving fuzzy trapezoidal transportation problem can use a one-point approach to obtain the optimal solution. The one-point method transforms the four points of the trapezoidal number into crisp transportation problems. This method comes with a minimum approach of supply and demand. In the end, these solutions are combined to obtain the optimal solution. The modified distribution is applied to each crisp problem to develop an optimal solution. The presented scheme is compared with competitive methods available in the literature and found to have good coordination with these methods.

Keywords: One point approach, Trapezoidal fuzzy numbers, Minimum demand supply, Modified distribution, Fuzzy transportation problems.

Pendahuluan

Program linear (*linear programming*) adalah alat untuk pemecahan masalah optimasi, merupakan salah satu metode dalam mencari solusi optimal yaitu solusi maksimum atau minimum dari suatu permasalahan menurut kendala tertentu [5],[6]. Transportasi adalah elemen vital dalam kehidupan manusia dan aktivitas bisnis. Efisiensi sistem transportasi sangat penting untuk mengurangi biaya dan waktu perjalanan serta meminimalkan dampak lingkungan. Dalam rangka meningkatkan efisiensi transportasi, model matematis telah menjadi alat yang sangat berguna untuk mengoptimalkan pengaturan rute dan alokasi sumber daya transportasi [7].

Masalah transportasi merupakan salah satu masalah khusus dalam program linear[4,5], yang berhubungan dengan pengalokasian dari sejumlah sumber ke sejumlah tujuan, kasus transportasi muncul karena biaya angkut per satuan barang dari setiap sumber ke beberapa tujuan berbeda[5]. Masalah transportasi pada umumnya diselesaikan dengan menggunakan dua tahap penyelesaian yaitu penyelesaian awal untuk mendapatkan solusi *feasible* awal dan penyelesaian akhir untuk mendapatkan solusi yang optimal [2].

Salah satu pendekatan yang digunakan dalam mengoptimalkan masalah transportasi adalah model konvensional satu titik. Model ini telah terbukti efektif dalam mengatasi berbagai masalah transportasi, mulai dari distribusi barang hingga perencanaan rute transportasi umum [9],[11]. Namun, penggunaan model ini terkadang kurang memperhitungkan ketidakpastian dan ketidakjelasan yang mungkin muncul dalam lingkungan nyata. Hal ini dapat menghasilkan satu set kemungkinan solusi optimal atau solusi optimal fuzzy, ketika variabel keputusan dianggap sebagai bilangan fuzzy [1],[13].

Penyelesaian masalah transportasi *fuzzy* trapesium menggunakan pengukuran yang lebih fleksibel dan inklusif terhadap ketidakpastian dalam parameter-parameter transportasi, seperti waktu perjalanan, permintaan, dan kapasitas. Dengan memasukkan elemen *fuzziness* ini ke dalam model konvensional satu titik, kita dapat menghasilkan pendekatan yang lebih adaptif dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan [14].

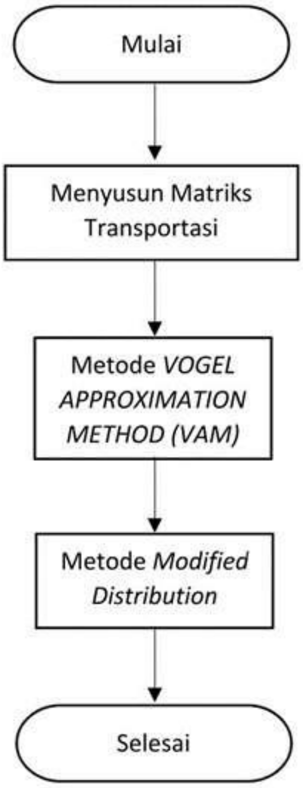
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menginvestigasi penggunaan model konvensional satu titik yang diperluas dengan konsep *fuzzy* trapesium untuk mengoptimalkan masalah transportasi. Dengan memperhatikan ketidakpastian yang mungkin terjadi, kami bertujuan untuk menghasilkan solusi yang lebih kuat dan dapat diandalkan dalam perencanaan dan pengelolaan sistem transportasi. Melalui penelitian ini, kami berharap dapat memberikan kontribusi yang signifikan bagi pengembangan metodologi optimasi transportasi yang lebih canggih dan efektif.

Metode

Metode penelitian menggunakan metode *Systematic Literature Review* (*SLR*) dari salah satu jurnal yang membahas tentang masalah transportasi *fuzzy* trapesium dengan menggunakan Model Konvensional Satu Titik melalui algoritma minimum penawaran dan permintaan [2]. Keseluruhan metodologi yang diproyeksikan dalam penelitian ini terdiri dari langkah-langkah berikut untuk solusi FTP trapesium[1]:

1. FTP trapesium dengan permintaan *fuzzy*, penawaran *fuzzy*, dan biaya *fuzzy* dipertimbangkan. Parameter-parameternya adalah dalam ekspresi bilangan *fuzzy* trapesium [15].
2. Terapkan metode konvensional satu titik untuk mendapatkan empat masalah transportasi klasik.
3. Selesaikan masalah transportasi *crisp* dengan menggunakan metode permintaan dan penawaran minimum seperti yang dijelaskan pada bagian 2 [12].
4. Terapkan teknik *Modified Distribution (MODI)* untuk menguji optimalitas solusi crisp pada keempat masalah yang diperoleh pada langkah ke 3 [3].

Algoritma penyelesaian masalah transportasi fuzzy trapesium dijelaskan pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3 berikut:



Gambar 1. *Flowchart research*

Gambar 2. *Flowchart Vogel Approximation Method (VAM)*

Gambar 3. *Flowchart modified distribution (MODI)*

Hasil dan Diskusi

Masalah numerik yang ditunjukkan pada Tabel 1. dimana supply sama dengan demand untuk mendapatkan solusi *feasible* awal dengan metode VAM dan penyelesaian akhir untuk mendapatkan solusi yang optimal dengan metode *MODI (Modified Distribution)*. Berikut contoh kasusnya.

Langkah 1. FTP trapesium dengan permintaan *fuzzy*, penawaran *fuzzy*, dan biaya *fuzzy* dipertimbangkan. Parameter-parameternya adalah dalam ekspresi bilangan *fuzzy* trapesium.

Tabel 1. FTP dalam bentuk trapesium

	R1	R2	R3	
A	(1, 4, 9, 19)	(1, 2, 5, 9)	(2, 5, 8, 18)	(1, 5, 7, 9)
B	(8, 9, 12, 26)	(3, 5, 8, 12)	(7, 9, 13, 28)	(4, 7, 8, 10)
C	(11, 12, 20, 27)	(0, 5, 10, 15)	(4, 5, 8, 11)	(4, 5, 8, 11)
Demand	(3, 5, 8, 12)	(4, 8, 9, 10)	(2,4, 6, 8)	

Langkah 2. Menerapkan metode konvensional satu titik untuk mendapatkan empat masalah transportasi klasik pada setiap titik pada tabel 1 sehingga didapat solusi pertama, kedua, ketiga dan keempat.

Solusi Pertama

Langkah 3. Selesaikan masalah transportasi *crisp* dengan menggunakan metode permintaan dan penawaran minimum seperti yang dijelaskan pada bagian 2.

Tabel 2. Titik pertama pada tabel FTP dan menentukan penalti

	R1	R2	R3	Supply	Penalti baris
A	1	1	2	1	0 = 1-1
B	8	3	7	4	4 = 7-3
C	11	0	4	4	4 = 4-0
Demand	3	4	2		
Penalti kolom	7 = 8-1	1 = 1-0	2 = 4-2		

Penalti maksimum = 7
penalti minimum = 0

Alokasi maksimum min(1,3) = 1
Alokasi supply A terpenuhi maka alokasi demand R1 menyesuaikan dari 3-1=2

Tabel 3. Melanjutkan penalti titik pertama setelah Alokasi Supply A terpenuhi

	R1	R2	R3	Supply	Penalti Baris
A	~~1~~~~(1)~~	~~1~~	~~2~~	0	–
B	8	3	7	4	4=7-3
C	11	0	4	4	4=4-0
Demand	2	4	2		
Penalti Kolom	3=11-8	3=3-0	2=4-2		

Penalti maksimum = 4
penalti minimum = 2
Alokasi maksimum min(4,4) = 4
Maka alokasi supply C dan alokasi demand R2 terpenuhi

Tabel 4. Melanjutkan penalti titik pertama setelah Supply A, C dan Demand R2 terpenuhi

	R1	R2	R3	Supply	Penalti Baris
A	~~1~~~~(1)~~	~~1~~	~~2~~	0	–
B	8	~~3~~	7	4	1 = 8-7
C	~~11~~	~~0~~ ~~(4)~~	4	0	–
Demand	2	0	2		

Penalti Kolom	8	–	7

Penalti maksimum = 8
penalti minimum = 8
Alokasi maksimum min(4,2) = 2
Maka Alokasi Demand R1 terpenuhi

Tabel 5. Melanjutkan Penalti titik pertama setelah Supply A, C dan Demand R1, R2 terpenuhi

	R1	R2	R3	Supply	Penalti Baris
A	~~1(1)~~	~~1~~	~~2~~	0	–
B	~~8(2)~~	~~3~~	7	2	7
C	~~11~~	~~0(4)~~	4	0	–
Demand	0	0	2		
Penalti Kolom	–	–	7		

Penalti maksimum = 7
penalti minimum = 7
Alokasi maksimum min(2,2) = 2
Maka alokasi supply B dan alokasi demand terpenuhi

Tabel 6. Solusi pertama, semua Supply dan Demand pada titik pertama terpenuhi

	R1	R2	R3	Supply	Penalti Baris
A	1(1)	1	2	1	0|-|-|-|
B	8(2)	3	7(2)	4	4|4|1|7|
C	11	0(4)	4	4	4|4|-|-|
Demand	3	4	2		
Penalti Kolom	7 3 8 -	1 3 - -	2 2 7 7		

Total biaya transportasi minimum =(1×1)+(8×2)+(7×2)+(0×4)= 31 unit.
Langkah 4. Terapkan teknik MODI untuk menguji optimalitas solusi *crisp* pada keempat masalah yang diperoleh pada langkah 3.
Iterasi 1:

1. hitung nilai u_i untuk tiap baris dan v_j untuk setiap kolom dengan formula $c_{ij} = u_i + v_j$ dimana $u_1 = 0$

Tabel 7. Setelah didapat nilai u_i dan v_j untuk tiap sel yang isi

		v_{R1}= 1	v_{R2}= 1	v_{R3}= 0	
		R1	R2	R3	Supply
u_A = 0	A	1(1)	1(0)	2	1
u_B= 7	B	8(2)	3	7(2)	4
u_C= -1	C	11	0(4)	4	4
	Demand	3	4	2	

$c_{AR1} = u_A + v_{R1}$ $\quad 1 = 0 + v_{R1}$ $\quad$ ——> v_{R1}= 1

$c_{BR1} = u_B + v_{R1}$ $\quad 8 = u_B + 1$ $\quad$ ——> u_B= 7

$c_{BR3} = u_B + v_{R3}$ $\quad 7 = 7 + v_{R3}$ $\quad$ ——> v_{R3}= 0

$c_{CR2} = u_C + v_{R2}$ $\quad 0 = u_C + v_{R2}$ $\quad$ ——> $u_C = 0 - v_{R2}$

$c_{AR2} = u_A + v_{R2}$ $\quad 1 = 0 + v_{R2}$ $\quad$ ——> $v_{R2} = 1$

——> $u_C = 0 - 1$

——> $u_C = -1$

2. hitung perubahan biaya k_{ij} untuk tiap sel yang kosong dengan formula $k_{ij} = c_{ij} - u_i - v_j$

   $k_{AR3} = c_{AR3} - u_A - v_{R3}$ $\quad = 2 - 0 - 0 = 2$

   $k_{BR2} = c_{BR2} - u_B - v_{R2}$ $\quad = 3 - 7 - 1 = -5$ (k_{ij} paling negatif)

   $k_{CR1} = c_{CR1} - u_C - v_{R1}$ $\quad = 11 - (-1) - 1 = 11$

   $k_{CR3} = c_{CR3} - u_C - v_{R3}$ $\quad = 4 - (-1) - 0 = 5$

Tabel 8. Alokasikan lintasan untuk sel yang terpilih

		v_{R1}= 1	v_{R2}= 1	v_{R3}= 0	
		R1	R2	R3	Supply
u_A = 0	A	1(1) +	1(0)-	2	1
u_B= 7	B	8(2) -	3 +	7(2)	4
u_C= -1	C	11	0(4)	4	4
	Demand	3	4	2	

nilai yang paling kecil dari sel yang bertanda negatif adalah 0, sehingga didapat tabel iterasi 1:

Tabel 9. Tabel iterasi 1

	R1	R2	R3	Supply
A	1(1)	1(0)	2	1
B	8(2)	3	7(2)	4

	R1	R2	R3	Supply
C	11	0(4)	4	4
Demand	3	4	2	

ulangi langkah sebelumnya sampai tidak ada k_{ij} negatif.

Iterasi 2:

1. hitung nilai u_i untuk tiap baris dan v_j untuk setiap kolom dengan formula $c_{ij} = u_i + v_j$ dimana $u_1 = 0$

Tabel 10. Setelah didapat nilai u_i dan v_j untuk tiap sel yang isi

		$v_{R1}= 1$	$v_{R2}= 1$	$v_{R3}= 0$	
		R1	R2	R3	Supply
$u_A = 0$	A	1(1)	1(0)	2	1
$u_B= 7$	B	8(2)	3	7(2)	4
$u_C= -1$	C	11	0(4)	4	4
	Demand	3	4	2	

$c_{AR1} = u_A + v_{R1}$	$1 = 0 + v_{R1}$	$\longrightarrow v_{R1} = 1$
$c_{AR2} = u_A + v_{R2}$	$1 = 0 + v_{R2}$	$\longrightarrow v_{R2} = 1$
$c_{BR1} = u_B + v_{R1}$	$8 = u_B + 1$	$\longrightarrow u_B = 7$
$c_{BR3} = u_B + v_{R3}$	$7 = 7 + v_{R3}$	$\longrightarrow v_{R3} = 0$
$c_{CR2} = u_C + v_{R2}$	$0 = u_C + 1$	$\longrightarrow u_C = -1$

2. hitung perubahan biaya k_{ij} untuk tiap sel yang kosong dengan formula $k_{ij} = c_{ij} - u_i - v_j$

   $k_{AR3} = c_{AR3} - u_A - v_{R3}$ $= 2 - 0 - 0 = 2$

   $k_{BR2} = c_{BR2} - u_B - v_{R2}$ $= 3 - 7 - 1 = -5$ (k_{ij} paling negatif)

   $k_{CR1} = c_{CR1} - u_C - v_{R1}$ $= 11 - (-1) - 1 = 11$

   $k_{CR3} = c_{CR3} - u_C - v_{R3}$ $= 4 - (-1) - 0 = 5$

Tabel 11. Alokasikan lintasan untuk sel yang terpilih

		$v_{R1}= 1$	$v_{R2}= 1$	$v_{R3}= 0$	
		R1	R2	R3	Supply
$u_A = 0$	A	1(1) +	1(0) -	2	1
$u_B= 7$	B	8(2) -	3 +	7(2)	4
$u_C= -1$	C	11	0(4)	4	4
	Demand	3	4	2	

nilai yang paling kecil dari sel yang bertanda negatif adalah 0, sehingga didapat tabel iterasi 2:

Tabel 12. Tabel Iterasi 2

	R1	R2	R3	Supply
A	1(1)	1	2	1
B	8(2)	3	7(2)	4
C	11	0(4)	4	4
Demand	3	4	2	

Perhatikan bahwa pada iterasi 2 ini menghasilkan tabel iterasi yang sama pada iterasi 1, dan seterusnya akan menghasilkan nilai yang sama, sehingga stop iterasi dari sel *dummy* yang dipilih, maka berikutnya kita akan mencari solusi optimal dari sel *dummy* berikutnya yaitu di c_{BR2} .

Iterasi 1:

1. hitung nilai u_i untuk tiap baris dan v_j untuk setiap kolom dengan formula $c_{ij} = u_i + v_j$ dimana $u_1 = 0$

Tabel 13. Setelah didapat nilai u_i dan v_j untuk tiap sel yang isi

		$v_{R1}= 1$	$v_{R2}= -4$	$v_{R3}= 0$	
		R1	R2	R3	Supply
$u_A = 0$	A	1(1)	1	2	1
$u_B = 7$	B	8(2)	3(0)	7(2)	4
$u_C = 4$	C	11	0(4)	4	4
	Demand	3	4	2	

$c_{AR1} = u_A + v_{R1}$ $\quad$ $1 = 0 + v_{R1}$ $\quad$ —> $v_{R1} = 1$
$c_{BR1} = u_B + v_{R1}$ $\quad$ $8 = u_B + 1$ $\quad$ —> $u_B = 7$
$c_{BR3} = u_B + v_{R3}$ $\quad$ $7 = 7 + v_{R3}$ $\quad$ —> $v_{R3} = 0$
$c_{CR2} = u_C + v_{R2}$ $\quad$ $0 = u_C + v_{R2}$ $\quad$ —> $u_C = 0 - v_{R2}$
$c_{BR2} = u_B + v_{R2}$ $\quad$ $3 = 7 + v_{R2}$ $\quad$ —> $v_{R2} = -4$
—> $u_C = 0 - (-4) = 4$

2. hitung perubahan biaya k_{ij} untuk tiap sel yang kosong dengan formula $k_{ij} = c_{ij} - u_i - v_j$

$k_{AR2} = c_{AR2} - u_A - v_{R2}$ $\quad$ $= 1 - 0 - (-4) = 5$
$k_{AR3} = c_{AR3} - u_A - v_{R3}$ $\quad$ $= 2 - 0 - 0 = 2$
$k_{CR1} = c_{CR1} - u_C - v_{R1}$ $\quad$ $= 11 - 4 - 1 = 6$
$k_{CR3} = c_{CR1} - u_C - v_{R3}$ $\quad$ $= 4 - 4 - 0 = 0$

karena tidak terdapat nilai k_{ij} negatif maka solusi sudah optimum. Sehingga didapat tabel iterasi 1:

Tabel 14. Tabel Iterasi 1

	R1	R2	R3	Supply
A	1(1)	1	2	1
B	8(2)	3(0)	7(2)	4

C	11	0(4)	4	4
Demand	3	4	2	

Jadi Biaya Optimal pada **solusi pertama:**
= 1(1) + 8(2) + 3(0) + 7(2) + 0(4) = 31 unit.

Solusi Kedua

Dengan cara yang sama pada pencarian Solusi ke Satu, maka diperoleh solusi kedua pada Tabel 15.

Tabel 15. Tabel Iterasi 1

	R1	R2	R3	Supply
A	4(5)	2(0)	5	5
B	9	5(7)	9	7
C	12	5(1)	5(4)	5
Demand	5	8	4	

Jadi Biaya Optimal pada **solusi kedua:**
= 4(5) + 2(0) + 5(7) + 5(1) + 5(4) = 80 unit.

Solusi Ketiga
Dengan cara yang sama pada pencarian Solusi ke Satu, maka diperoleh solusi ketiga pada Tabel 16.

Tabel 16. Tabel iterasi 2

	R1	R2	R3	Supply
A	9(7)	5	8	7
B	12(1)	8(7)	13	8
C	20(0)	10(2)	8(6)	8
Demand	8	9	6	

Jadi Biaya Optimal pada **solusi ketiga:**
= 9(7) + 12(1) + 8(7) + 20(0) + 10(2) + 8(6) = 199 unit.

Solusi Keempat
Dengan cara yang sama pada pencarian Solusi ke Satu, maka diperoleh solusi ketiga pada Tabel 17.

Tabel 17. Tabel iterasi 1

	R1	R2	R3	Supply
A	19(9)	9	18	9
B	26	12(10)	28	10
C	27(3)	15(0)	11(8)	11
Demand	12	10	8	

Jadi Biaya Optimal pada **solusi keempat:**

= 19(9) + 12(10) + 27(3) + 15(0) + 11(8) = 460 unit.

Karena sudah didapat solusi optimal dari keempat titik maka biaya transportasi optimum FTP secara berurutan yang sesuai adalah (31, 80, 199, 460).

Kesimpulan

Artikel penelitian ini membahas metode untuk menyelesaikan FTP dengan parameter *fuzzy* trapesium dengan Metode *point to point* diterapkan untuk menyelesaikan masalah transportasi klasik dari FTP. Selanjutnya metode permintaan dan penawaran minimum yang diikuti dengan teknik MODI digunakan untuk mendapatkan IBFS dan solusi optimal dari masalah *crisp*. Oleh karena itu, solusi yang diperoleh dari keempat masalah tersebut digabungkan untuk memberikan solusi *fuzzy* trapesium. Solusi *fuzzy* ini memberikan fleksibilitas kepada pengambil keputusan untuk mengambil keputusan tertentu. Biaya transportasi akhir diartikulasikan dengan bilangan *fuzzy* sebagai pengganti nilai crisp, sehingga keputusan yang lebih fleksibel dapat dilakukan. Teknik ini mengusulkan relevansi teknik dan industri yang penting dalam pengambilan keputusan.

Referensi

[1] Bisht, Dinesh C.S. dan Pankaj Kumar Srivastava. (2019). One Point Conventional Model to Optimize *Trapezoidal Fuzzy Transportation Problems*. Noida: institut teknologi informasi jaypee, 4(5), 1251-1263.

[2] Risnawati, Dewi Sukmaratri. (2020). *Solving The Fuzzy Transportation Problems Is Balanced With Modified Vogel's Approximation Method*. semarang: departemen matematika, universitas diponegoro.

[3] Wulandari S. (2020, Oktober 26). *Metode Modified Distribution (MODI).* YouTube. https://www.youtube.com/watch?si=bZmyw2u5oFUENWDo

[4] Wirawan, Agung Budi dan Karyati. (2021). *Solving Fuzzy Transportation Problems Using Monalisha's Approximation Method For Water Distribution In Regional Drinking Water Company Of Tirtamarta*. Yogyakarta: J Sains Dasar. 10 (2) 36 - 43.

[5] Astuti, Nita Dwi, Robertus Heri S.U, dan Suryoto. (2016). *Solusi Masalah Transportasi Menggunakan Tocm-Sum Approach Dengan Indikator Distribusi*. Semarang: Jurnal matematika Universitas Diponegoro. 19(3) 121 - 126.

[6] Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2020). *Introduction to Operations Research (10th ed.)*. McGraw-Hill Education

[7] Ni Ketut Taris Tastrawati (2015). *Pemrograman Linier:Model Transportasi.* Bukit Jimbaran : Jurusan matematika, universitas udayana.

[8] Aminudin. (2005). *Prinsip - prinsip riset operasi.* Jakarta : Erlangga

[9] Sari, D. P., Bu'Ulolo, F., & Ariswoyo, S. (2013). Optimasi masalah transportasi dengan menggunakan metode potensial pada sistem distribusi PT. XYZ. *Saintia Matematika*, *1*(5), 406-418

[10] Syahdan, S., & Arianti, S. (2023). Perbandingan Metode Least Cost dan Vogel's Approximation (VAM) dalam Optimasi Masalah Transportasi UD. Sari Bumi Raya. *Jurnal Sains Benuanta*, *2*(2), 17-25.

[11] S.W. Raharjo, and E.R. Wulan, "Penggunaan Metode Maximum Supply With Minimum Cost untuk Mendapatkan Solusi Layak Awal Masalah Transportasi," KUBIK: Jurnal Publikasi Ilmiah Matematika, vol. 2, no. 2, p.11, 2017, doi: 10.15575/kubik.v2i2.1855.

[12] Y.N, Dili, E.R. Wulan, F. Ilahi, "Penyelesaian Masalah Transportasi untuk Mencari Solusi Optimal dengan Pendekatan Minimum Spanning Tree (MST) Menggunakan Algoritma Kruskal dan Algoritma Prim," KUBIK: Jurnal Publikasi Ilmiah Matematika, vol. 6, no. 1, p.44, 2021, doi: 10.15575/kubik.v6i1.13907.

[13] Q. U. Safitri, A. F. Huda, dan A. S. Awaludin, "Segmentasi Citra Menggunakan Algoritma Fuzzy C-Means (FCM) dan Spatial Fuzzy C-Means (sFCM)," KUBIK J. Publ. Ilm. Mat., vol. 2, no. 1, hal. 22–34, 2017, doi: 10.15575/kubik.v2i1.1471.

[14] Hartono, D., & Suryani, T. (2021). Metode PMZ untuk Penyelesaian Masalah Transportasi Fuzzy. AIP Conference Proceedings, 1848(1), 040007. Retrieved from https://pubs.aip.org/aip/acp/article/1848/1/040007/760200

[15] Susanti, E., & Sari, D. (2017). Pendekatan Algoritma Baru untuk Masalah Transportasi Fuzzy. Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi, 15(3), 201-215. doi:10.5120/14237-1165