

Analisis Pemilihan Rute dengan Logika Fuzzy

Atikah Kartika^{[1]*}, Nahdalina^[1]

^[1] *Departement of Civil Engineering, Gunadarma University, Depok, 16424, Indonesia*

Email: kartikaatikah9@gmail.com*, nahdalina70@gmail.com

*) Correspondent Author

ABSTRAK

Pelaku perjalanan memiliki persepsi yang berbeda dalam menentukan arah rute perjalanan. Tujuan dari penelitian ini memprediksi pemilihan rute berdasarkan rute tercepat dengan mempertimbangkan variabel waktu tempuh, kecepatan rata-rata, dan derajat kejenuhan jalan. Metode yang digunakan terdiri dari kombinasi pemilihan rute dan pembobotan rute. Pembobotan rute tersebut dihitung menggunakan logika fuzzy metode Mamdani dengan menghasilkan bobot yang paling rendah. Penelitian dilakukan di Kabupaten Bogor dengan 1 asal dan 3 tujuan yang dihubungkan oleh 25 ruas jalan dan 19 titik simpul. Analisis yang dilakukan terdiri dari 2 skenario. Hasil analisis menunjukkan bahwa rute yang dihasilkan berdasarkan skenario 1 dan skenario 2 berbeda. Hasil skenario 1 menggunakan waktu tempuh dan DS untuk asal 1 ke tujuan 2 melalui simpul 1-10-11-7-5-6-9-2 dengan nilai pembobotan sebesar 0,186, asal 1 ke tujuan 3 melalui simpul 1-10-12-13-14-3 dengan hasil pembobotan sebesar 0,224, dan asal 1 ke tujuan 4 melalui simpul 1-10-12-15-16-18-19-4 dengan hasil pembobotan sebesar 0,291. Sedangkan hasil skenario 2 kecepatan rata-rata dan DS untuk asal 1 tujuan 2 melalui simpul 1-10-11-7-8-9-2 dengan hasil pembobotan sebesar 0,198, asal 1 tujuan 3 melalui simpul 1-5-6-9-8-13-14-3 dengan hasil pembobotan sebesar 0,222, dan asal 1 tujuan 4 melalui simpul 1-5-6-9-8-13-12-15-16-17-19-4 dengan hasil pembobotan sebesar 0,208. Tingkat validasi program mencapai 99,91%.

Kata kunci: Logika Fuzzy, Metode Mamdani, Pemilihan Rute.

ABSTRACT. *Route Choice Analysis with Fuzzy Logic.* Travelers have different perceptions in determining the direction of the travel route. The purpose of this study is to predict route selection based on the fastest route by considering the variables of travel time, average speed, and the degree of road saturation. The method used consists of a combination of route selection and route weighting. The weighting of the route is calculated using the fuzzy logic of the Mamdani method by producing the lowest weight. The research was conducted in Bogor Regency with 1 origin and 3 destinations connected by 25 roads and 19 node points. The analysis carried out consists of 2 scenarios. The results of the analysis show that the routes generated based on scenario 1 and scenario 2 are different. The results of scenario 1 use the travel time and DS for origin 1 to destination 2 via node 1-10-11-7-5-6-9-2 with a weighting value of 0.186, origin 1 to destination 3 via node 1-10-12-13-14-3 with a weighting result of 0.224, and from 1 to destination 4 via node 1-10-12-15-16-18-19-4 with a weighting result of 0.291. While the results of scenario 2 average speed and DS for origin 1 to destination 2 through node 1-10-11-7-8-9-2 with a weighting result of 0.198, origin 1 to destination 3 goes through node 1-5-6-9-8-13-14-3 with a weighting result of 0.222, and from 1 to destination 4 through node 1-5-6-9-8-13-12-15-16-17-19-4 with a weighting result of 0.208. The program validation rate reaches 99.91%.

Keywords: Fuzzy Logic, Mamdani Method, Route Choice.

1. PENDAHULUAN

Jalan adalah prasarana bagi lalu lintas yang dipergunakan untuk berpindah dari satu lokasi ke lokasi yang lain. Selain itu jalan menjadi penghubung antar lokasi, antar desa, antar provinsi ataupun antar negara, hubungan tersebut disebut rute (Arif & Misdrum, 2019). Pemilihan rute adalah aktivitas sehari-hari yang tidak dapat dihindari dalam beraktivitas dan berlalu lintas. Memilih rute terbaik merupakan hal penting yang harus dilakukan oleh pelaku perjalanan (Olenych, Nechypor, Olenych & Gukaliuk, 2018). Pencarian rute terpendek adalah mencari jalur atau rute jalan dengan jarak terpendek dari titik awal sampai titik akhir jalan (Arif & Misdrum, 2019). Pilihan rute berperan dalam banyak hal terkait transportasi dan yang paling penting dalam masalah kemacetan. Dalam konteks skenario kemacetan saat ini, pemodelan pilihan rute harus mendapat penekanan di sektor transportasi untuk memperkirakan permintaan rute yang berbeda. Model pilihan rute tidak hanya membantu menganalisis dan memahami perilaku perjalanan (Basu, 2016).

Pemilihan rute perjalanan yang baik mampu mengefisiensi jarak, waktu tempuh dan biaya perjalanan yang dibutuhkan (Budiman, Intari, Fathonah, Bethary, & Syarifudin, 2021). Pelaku perjalanan biasanya memilih rute berdasarkan kebiasaan. Dalam melakukan perjalanan, faktor yang memiliki pengaruh besar adalah waktu tempuh (Mutharuddin, 2013). Waktu tempuh adalah total waktu perjalanan yang dibutuhkan, termasuk berhenti dan tundaan dari satu area asal menuju suatu tujuan melalui jalur tertentu (MKJI, 1997). Waktu tempuh didapatkan dengan 3 jenis kecepatan salah satunya yaitu dihitung dengan jarak tempuh dibagi dengan kecepatan rata-rata (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1990). DS merupakan derajat kejenuhan jalan yang menggambarkan tingkat kemacetan. Faktor-faktor yang menyebabkan kemacetan adalah faktor kegiatan yang terjadi di dalam kota, arus lalu lintas transportasi, lembaga yang mengatur, jaringan transportasi kota, dan faktor regional. Ketidaktentuan perilaku perjalanan dalam memilih rute mempunyai banyak variasi yang perlu dipertimbangkan (Budiman et al., 2021).

Salah satu kota yang memiliki tingkat kemacetan tinggi adalah Kabupaten Bogor. Jumlah kendaraan saat ini bertambah dengan pesat tetapi tidak diiringi dengan perbaikan kondisi jalan (Lamury, Ngurah, Jaya, & Mansyur, 2018), sehingga diperlukan pemilihan rute untuk menghindari kemacetan dan mengefisienkan waktu perjalanan dari asal ke tujuan. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah analisis, perhitungan matematis serta implementasi proses penentuan rute jalan. Pendekatan baru dalam menyelesaikan perbedaan persepsi pemilihan rute digunakan metode *fuzzy* (Abraham, Toloi, Dos Reis, & Colossetti, 2016). Teori himpunan *fuzzy* memungkinkan untuk menerapkan deskripsi linguistik dalam pengambilan keputusan (Olenych et al., 2018). Logika *fuzzy* merupakan suatu logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran antara benar atau salah. Dalam *fuzzy* dikenal derajat keanggotaan yang memiliki rentang 0 sampai

dengan 1 (Kusumadewi & Purnomo, 2004). Logika *fuzzy* digunakan untuk memodelkan kuantitas dari input (Golnarkar, Alesheikh, & Malek, 2010). Logika *fuzzy* menghasilkan bobot yang dapat menggambarkan kondisi ruas jalan. Beberapa penelitian terkait dengan pencarian rute menggunakan logika *fuzzy* menggunakan bantuan perangkat lunak (Basu, 2016; Bortas, Brnjac, & Dundović, 2018; Duong, Duong, & Nguyen, 2016; Milošević, Pamučar, & Chatterjee, 2021; Olenych et al., 2018). Scilab merupakan salah satu perangkat lunak bersifat *open source* di bawah naungan ESI group. Scilab memulai program dengan memasukkan kriteria *input* dan *output* yang disesuaikan dengan kebutuhan (Milošević et al., 2021). Pembobotan yang dihasilkan oleh logika *fuzzy* menggambarkan kondisi lalu lintas.

2. METODOLOGI

Metode yang digunakan terdiri dari kombinasi pemilihan rute dan pembobotan rute. Metode ini adalah untuk mencari susunan pasangan ruas yang berurutan dari zona asal ke zona tujuan yang menghasilkan bobot yang paling rendah (rute tercepat). Pembobotan rute tersebut dihitung menggunakan *fuzzy logic* Mamdani. Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data yang diolah dan dianalisis dengan bantuan perangkat lunak Scilab 6.1.0. Logika *fuzzy* Mamdani digunakan untuk menentukan representasi dalam pembuatan kurva, penentuan fungsi maupun derajat keanggotaan yang dapat disesuaikan dengan kondisi permasalahan dalam penelitian. Penelitian ini menggunakan kurva linear naik, linear turun, dan kurva segitiga. Perbedaan logika *fuzzy* tipe Mamdani dengan tipe lainnya terletak pada proses akhir yaitu defuzzifikasi, di mana operator yang digunakan pada logika Mamdani adalah *min-max*. Pada umumnya nilai *output* yang diambil pada logika *fuzzy* tipe Mamdani adalah *centroid (composite moment)*, nilai tersebut merupakan nilai yang diambil pada titik pusat. Hasil akhir dari metode *centroid* didapatkan dari perbandingan momen dan luas area. Kelebihan metode *centroid* dibandingkan dengan metode lainnya, yaitu perhitungannya lebih mudah serta hasil defuzzifikasi dapat mewakili suatu himpunan *fuzzy* dari nilai terkecil sampai nilai terbesar dan nilai defuzzifikasi akan bergerak secara halus, sehingga perubahan tidak terjadi secara signifikan.

2.1 Kebutuhan Data dan Pengumpulan Data

Penelitian ini berlokasi di Kabupaten Bogor. Penelitian menggunakan data primer dan data sekunder yang didapatkan dari hasil survei lalu lintas dan melakukan permintaan data pada instansi terkait. Data kecepatan rata-rata kendaraan didapatkan dari hasil survei langsung dengan menggunakan kendaraan (motor dan mobil pribadi). Data panjang jalan, data jaringan jalan, dan data zona Kabupaten Bogor didapatkan dari Dinas PUPR Kabupaten Bogor. Data kejenuhan jalan didapatkan dari Dinas Perhubungan Kabupaten Bogor. Pemilihan rute dibagi menjadi 1 zona asal dan 3 zona tujuan, dengan 19 titik simpul dan 25 ruas jalan. Asal 1 tujuan 2 memiliki 16 pilihan

rute perjalanan, asal 1 tujuan 3 memiliki 22 pilihan rute perjalanan, sedangkan asal 1 tujuan 4 memiliki 68 pilihan rute perjalanan. Zona asal tujuan dapat dilihat pada Gambar 1. Tabel data waktu tempuh, kecepatan rata-rata, dan derajat kejenuhan jalan yang telah diolah dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Zona Asal Tujuan

Tabel 1. Data Waktu Tempuh, Kecepatan Rata-Rata, dan DS

Nama Ruas	Titik Simpul	Waktu Tempuh (Jam)	DS	Kecepatan Rata-Rata (Km/Jam)
a	1 ke 5	0,565	0,355	43,115
b	5 ke 6	0,232	0,545	47,675
c	5 ke 7	0,131	0,660	52,800
d	6 ke 9	0,469	0,250	43,175
e	7 ke 8	0,191	0,660	52,800
f	8 ke 9	0,522	0,250	42,550
g	9 ke 2	0,156	0,250	42,550
h	1 ke 10	0,590	0,233	42,100
i	10 ke 12	0,743	0,445	42,753
j	10 ke 11	0,193	0,410	51,200
k	7 ke 11	0,299	0,230	52,325
l	11 ke 12	0,666	0,442	44,956
m	8 ke 13	0,406	0,270	42,473
n	12 ke 13	0,423	0,260	44,063
o	12 ke 15	0,289	0,560	55,360
p	13 ke 14	0,247	0,505	53,160
q	14 ke 15	0,125	0,480	55,280
r	14 ke 3	0,307	0,470	53,963
s	15 ke 16	0,308	0,505	53,500
t	16 ke 17	0,668	0,325	42,500
u	16 ke 18	0,608	0,387	53,000
v	17 ke 18	0,419	0,347	40,333
w	17 ke 19	0,550	0,200	40,000
x	18 ke 19	0,373	0,350	51,000
y	19 ke 4	0,216	0,390	51,000

2.2 Analisis Data

Pengolahan data dilakukan secara manual dan dengan bantuan perangkat lunak Scilab 6.1.0 sebagai kontrol perhitungan. Analisis data dengan memasukkan *input* dan *output* dengan batasan-batasan atau himpunan *fuzzy*. Data diolah menjadi dua skenario. Skenario pertama menggunakan variabel waktu tempuh dan derajat kejenuhan jalan, sedangkan skenario kedua menggunakan variabel kecepatan rata-rata dan derajat kejenuhan jalan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis dilakukan untuk menggambarkan kondisi lalu lintas jalan, di mana kondisi jalan digambarkan menjadi lancar, sedang, sedikit merayap, padat merayap, dan macet. Hasil akhir yang didapat berupa pembobotan, rute dengan bobot terendah dinyatakan sebagai rute terpendek (tercepat).

3.1 Variabel

Skenario 1 yaitu menggunakan variabel kumulatif waktu tempuh dan derajat kejenuhan jalan, sedangkan skenario 2 menggunakan variabel kecepatan rata-rata dan derajat kejenuhan jalan. Setiap variabel memiliki variabel linguistik. Variabel linguistik ini menjadi gambaran dari pelaku perjalanan dalam mendeskripsikan kondisi setiap ruas jalan dalam melakukan perjalanan dari zona asal ke zona tujuan. Terdapat 3 variabel linguistik dalam setiap variabel. Untuk variabel linguistik waktu tempuh adalah cepat, sedang, dan lambat. Variabel linguistik derajat kejenuhan jalan adalah lancar, sedang, dan padat. Variabel linguistik untuk kecepatan rata-rata adalah lambat, sedang, cepat. Sedangkan variabel linguistik hasil adalah lancar, sedang, sedikit merayap, padat merayap, dan macet.

3.2 Himpunan *Fuzzy*

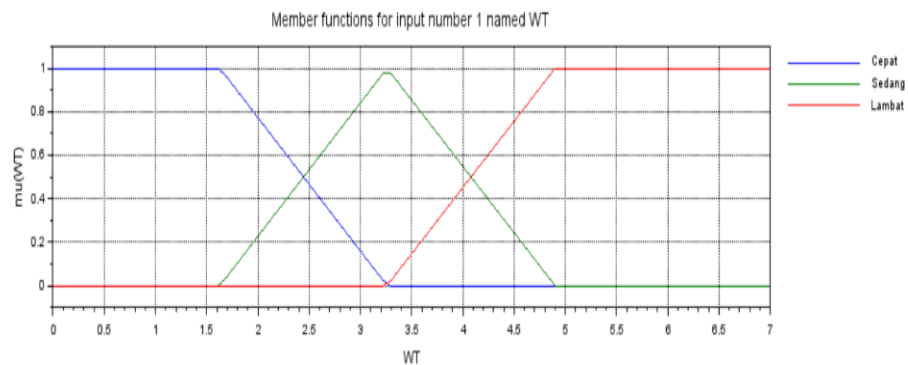
Himpunan *fuzzy* dibuat untuk mendefinisikan *range* atau batasan-batasan nilai dari setiap variabel linguistiknya. Nilai tersebut menjadi bobot yang akan mewakili setiap rute. Himpunan *fuzzy* untuk setiap variabel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Himpunan *Fuzzy*

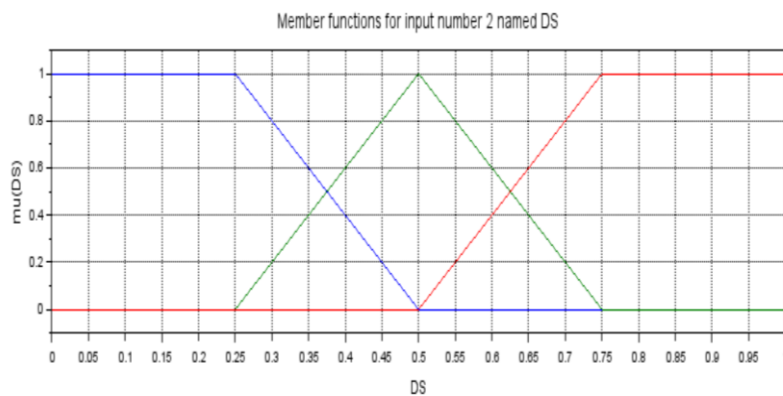
Waktu Tempuh (Jam)		Derajat Kejenuhan Jalan		Kecepatan Rata- rata (km/jam)		Hasil	
Cepat	<3,26	Lancar	0,0-0,5	Lambat	<40	Lancar	0,0-0,2
Sedang	1,63-4,90	Sedang	0,25-0,75	Sedang	30-50	Sedang	0,21-0,44
Lambat	>3,26	Padat	0,5-1,0	Cepat	>40	Sedikit Merayap	0,45-0,75
						Padat Merayap	0,76-0,84
						Macet	>8,5

3.3 Fungsi Keanggotaan

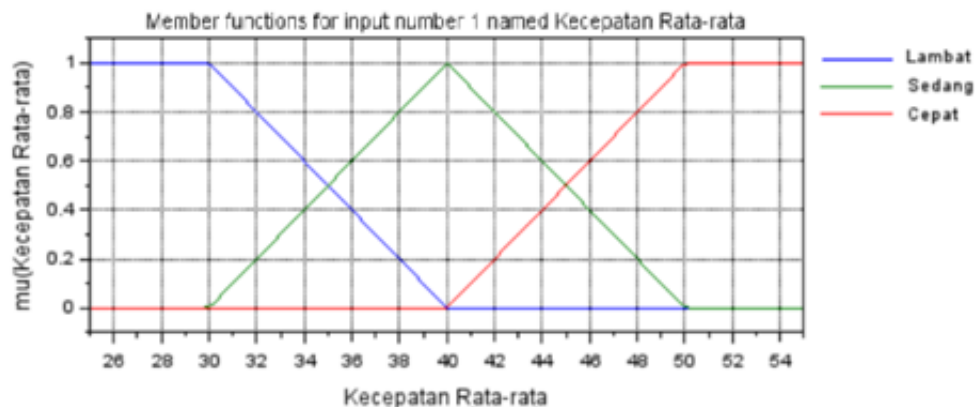
Fungsi keanggotaan *fuzzy logic* yang digunakan untuk variabel waktu tempuh dan kecepatan rata-rata yaitu fungsi linear naik, fungsi linear turun, dan fungsi segitiga. Fungsi tersebut dipergunakan untuk mendapatkan derajat keanggotaan. Nilai derajat keanggotaan *fuzzy* akan bernilai 0 sampai dengan 1. Semakin mendekati 1 maka keadaan tersebut menunjukkan kebenaran, begitupula sebaliknya. *Membership function* dapat dilihat pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 5. Hasil perhitungan derajat keanggotaan terdapat pada Tabel 3 dan Tabel 4.



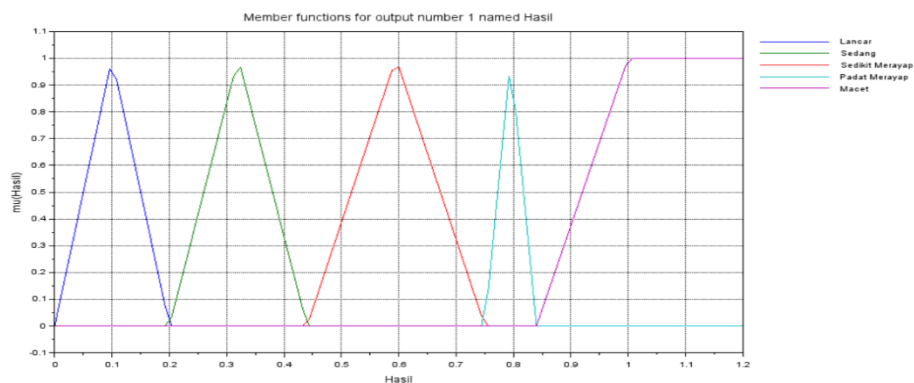
Gambar 2. Membership Function Waktu Tempuh



Gambar 3. Membership Function DS



Gambar 4. Membership Function Kecepatan Rata-Rata



Gambar 5. Membership Function Hasil

Tabel 3. Contoh Derajat Keanggotaan Waktu Tempuh dan DS Zona Asal 1 Tujuan 2 Skenario 1

Rute	Arah Rute	WT (Jam)	Derajat Keanggotaan			DS	Derajat Keanggotaan		
			Cepat	Sedang	Lambat		Lancar	Sedang	Padat
1	1-5-6-9-2	1,422	1,000	0,000	0,000	0,350	0,600	0,400	0,000
2	1-5-7-8-9-2	1,564	1,000	0,000	0,000	0,435	0,260	0,740	0,000
3	1-5-7-11-12-13-8-9-2	3,167	0,057	0,943	0,000	0,340	0,642	0,359	0,000
4	1-5-7-11-12-15-14-13-8-9-2	3,404	0,000	0,912	0,088	0,364	0,545	0,455	0,000
5	1-10-11-7-5-6-9-2	2,070	0,730	0,270	0,000	0,322	0,711	0,289	0,000
Dsb...									

Tabel 4. Contoh Derajat Keanggotaan Kecepatan Rata-rata dan DS Zona Asal 1 Tujuan 2 Skenario 2

Nama Ruas	Titik Simpul	Kecepatan Rata-rata (km/jam)	Derajat Keanggotaan			DS	Derajat Keanggotaan		
			Lambat	Sedang	Cepat		Lancar	Sedang	Padat
1	1-5-6-9-2	44,129	0,000	0,587	0,413	0,350	0,600	0,400	0,000
2	1-5-7-8-9-2	46,763	0,000	0,324	0,676	0,435	0,260	0,740	0,000
3	1-5-7-11-12-13-8-9-2	45,604	0,000	0,440	0,560	0,340	0,642	0,359	0,000
4	1-5-7-11-12-15-14-13-8-9-2	44,052	0,000	0,595	0,405	0,250	1,000	0,000	0,000
5	1-10-11-7-5-6-9-2	41,478	0,000	0,852	0,148	0,660	0,000	0,360	0,640
Dsb...									

3.4 Pembentukan Rule

Pembentukan *rule* atau inferensi (*inference*) dari sistem logika fuzzy yaitu memuat aturan-aturan yang dibentuk untuk menyatakan relasi antara *input* dan *ouput*. Setiap aturan merupakan

implementasi dari sebab dan akibat. Operator yang digunakan untuk menghubungkan aturan-aturan *input* adalah *AND*, yang menggambarkan antara *input-output* adalah *IF-THEN*. *Rule fuzzy* pada skenario 1 dan skenario 2 dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.

RULE EDITION	
R1:	IF {WT IS Cepat} AND {DS IS Lancar} THEN {Hasil IS Lancar} weight=1.0
R2:	IF {WT IS Cepat} AND {DS IS Sedang} THEN {Hasil IS Sedang} weight=1.0
R3:	IF {WT IS Cepat} AND {DS IS Padat} THEN {Hasil IS Sedikit Merayap} weight=1.0
R4:	IF {WT IS Sedang} AND {DS IS Lancar} THEN {Hasil IS Sedang} weight=1.0
R5:	IF {WT IS Sedang} AND {DS IS Sedang} THEN {Hasil IS Sedang} weight=1.0
R6:	IF {WT IS Sedang} AND {DS IS Padat} THEN {Hasil IS Padat Merayap} weight=1.0
R7:	IF {WT IS Lambat} AND {DS IS Lancar} THEN {Hasil IS Sedikit Merayap} weight=1.0
R8:	IF {WT IS Lambat} AND {DS IS Sedang} THEN {Hasil IS Padat Merayap} weight=1.0
R9:	IF {WT IS Lambat} AND {DS IS Padat} THEN {Hasil IS Macet} weight=1.0

Gambar 6. Rule Fuzzy Skenario 1

RULE EDITION	
R1:	IF {Kecepatan Rata-rata IS Lambat} AND {DS IS Cepat} THEN {Hasil IS Sedikit Merayap} weight=1.0
R2:	IF {Kecepatan Rata-rata IS Lambat} AND {DS IS Sedang} THEN {Hasil IS Padat Merayap} weight=1.0
R3:	IF {Kecepatan Rata-rata IS Lambat} AND {DS IS Padat} THEN {Hasil IS Macet} weight=1.0
R4:	IF {Kecepatan Rata-rata IS Sedang} AND {DS IS Cepat} THEN {Hasil IS Sedang} weight=1.0
R5:	IF {Kecepatan Rata-rata IS Sedang} AND {DS IS Sedang} THEN {Hasil IS Sedang} weight=1.0
R6:	IF {Kecepatan Rata-rata IS Sedang} AND {DS IS Padat} THEN {Hasil IS Padat Merayap} weight=1.0
R7:	IF {Kecepatan Rata-rata IS Cepat} AND {DS IS Cepat} THEN {Hasil IS Lancar} weight=1.0
R8:	IF {Kecepatan Rata-rata IS Cepat} AND {DS IS Sedang} THEN {Hasil IS Sedang} weight=1.0
R9:	IF {Kecepatan Rata-rata IS Cepat} AND {DS IS Padat} THEN {Hasil IS Sedikit Merayap} weight=1.0

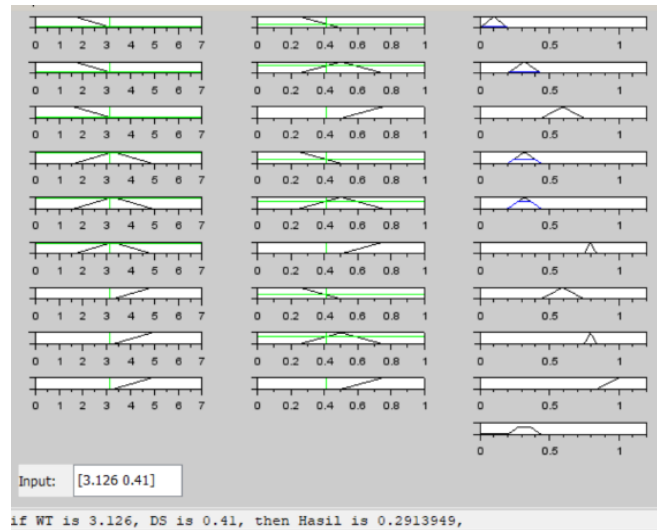
Gambar 7. Rule Fuzzy Skenario 2

3.5 Defuzzifikasi

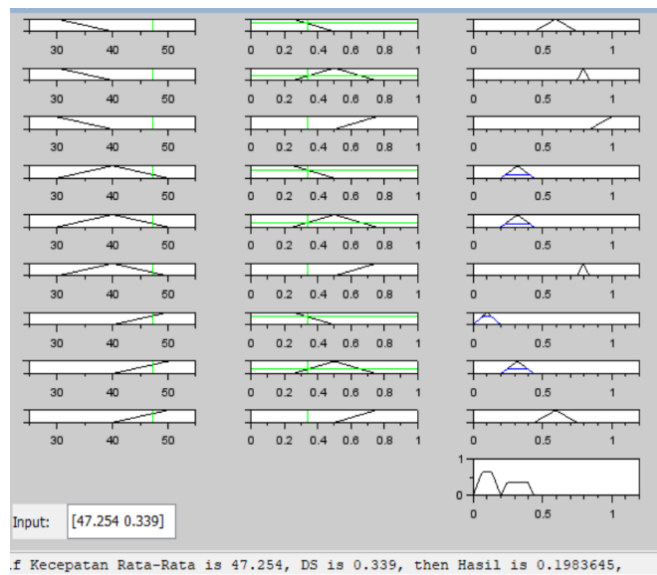
Defuzzifikasi bertujuan untuk mengkonversi setiap hasil dari *inference engine* yang dalam bentuk *fuzzy set* ke suatu bilangan nyata. Proses defuzzifikasi pada penelitian ini dilakukan secara manual dan menggunakan sebuah perangkat lunak (*software*), agar hasil dari defuzzifikasi ini sesuai dan lebih akurat. Logika *fuzzy* yang digunakan adalah tipe Mamdani dengan hasil yang diambil adalah metode *centroid*. Sedangkan *software* yang digunakan pada penelitian ini adalah Scilab 6.1.0. Hasil defuzzifikasi pada *software* Scilab dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9. Hasil analisis logika *fuzzy* skenario 1 terdapat pada Tabel 5 sampai Tabel 7 dan untuk hasil skenario 2 dapat dilihat pada Tabel 8 sampai dengan Tabel 10.

Hasil analisis menunjukkan bahwa rute yang dihasilkan berdasarkan skenario 1 dan skenario 2 berbeda. Hasil skenario 1 untuk zona 1 ke zona 2 adalah melalui simpul 1-10-11-7-5-6-9-2 dengan nilai pembobotan sebesar 0,186. Hasil untuk zona 1 ke zona 3 melalui simpul 1-10-12-13-14-3 dengan hasil pembobotan sebesar 0,224. Hasil untuk zonal 1 ke zona 4 melalui simpul 1-10-12-15-16-18-19-4 dengan hasil pembobotan sebesar 0,291.

Sedangkan hasil skenario 2 untuk asal 1 tujuan 2 melalui simpul 1-10-11-7-8-9-2 dengan hasil pembobotan sebesar 0,198. Hasil asal 1 tujuan 3 melauai simpul 1-5-6-9-8-13-14-3 dengan hasil pembobotan sebesar 0,222. Sedangkan untuk hasil asal 1 tujuan 4 melauai simpul 1-5-6-9-8-13-12-15-16-17-19-4 dengan hasil pembobotan sebesar 0,208.



Gambar 8. Hasil Defuzzifikasi Skenario 1



Gambar 9. Hasil Defuzzifikasi Skenario 2

Tabel 5. Hasil Analisis Kondisi Jalan Zona Asal 1 Tujuan 2 Skenario 1

Rute	Arah Rute	Hasil
1	1-5-6-9-2	0,205
2	1-5-7-8-9-2	0,257
3	1-5-7-11-12-13-8-9-2	0,299
4	1-5-7-11-12-15-14-13-8-9-2	0,403
5	1-10-11-7-5-6-9-2	0,186
6	1-10-11-7-8-9-2	0,198
7	1-10-11-12-13-8-9-2	0,271
8	1-10-11-12-13-8-7-5-6-9-2	0,423
Dsb...		

Tabel 6. Hasil Analisis Kondisi Jalan Zona Asal 1 Tujuan 3 Skenario 1

Rute	Arah Rute	Hasil
1	1-10-12-15-14-3	0,259
2	1-10-12-13-14-3	<u>0,224</u>
3	1-10-11-12-15-14-3	0,254
4	1-10-11-12-13-14-3	0,225
5	1-10-11-7-8-13-14-3	0,233
6	1-10-11-7-8-13-12-15-14-3	0,250
7	1-10-11-7-5-6-9-8-13-14-3	0,400
8	1-10-11-7-5-6-9-8-13-12-15-14-3	0,509
9	1-5-7-8-13-14-3	0,303
Dsb...		

Tabel 7. Hasil Analisis Kondisi Jalan Zona Asal 1 Tujuan 4 Skenario 1

Rute	Arah Rute	Hasil
1	1-10-12-15-16-18-19-4	<u>0,291</u>
2	1-10-12-15-16-18-17-19-4	0,482
3	1-10-12-15-16-17-19-4	0,386
4	1-10-12-15-16-17-18-19-4	0,458
5	1-10-12-13-14-15-16-17-19-4	0,502
6	1-10-12-13-14-15-16-18-19-4	0,463
7	1-10-12-13-14-15-16-17-18-19-4	0,521
8	1-10-12-13-14-15-16-18-17-19-4	0,530
9	1-10-11-12-15-16-17-19-4	0,431
10	1-10-11-12-15-16-18-19-4	0,316
Dsb...		

Tabel 8. Hasil Analisis Kondisi Jalan Zona Asal 1 Tujuan 2 Skenario 2

Rute	Arah Rute	Hasil
1	1-5-6-9-2	0,233
2	1-5-7-8-9-2	0,255
3	1-5-7-11-12-13-8-9-2	0,211
4	1-5-7-11-12-15-14-13-8-9-2	0,231
5	1-10-11-7-5-6-9-2	0,276
6	1-10-11-7-8-9-2	<u>0,198</u>
7	1-10-11-12-13-8-9-2	0,397
8	1-10-11-12-13-8-7-5-6-9-2	0,257
9	1-10-11-12-15-14-13-8-9-2	0,222
10	1-10-11-12-15-14-13-8-7-5-6-9-2	0,492
Dsb...		

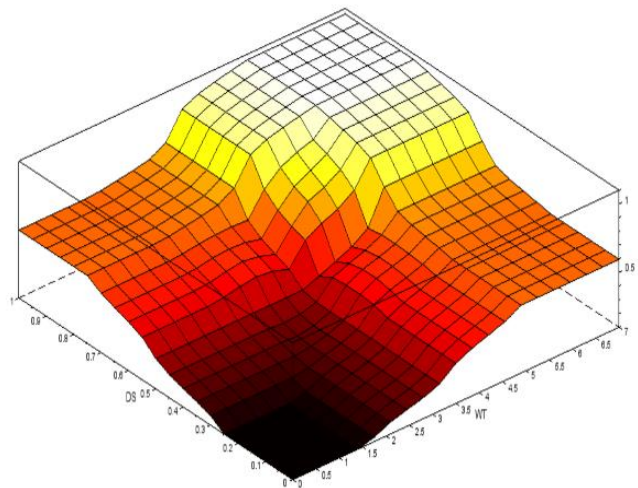
Tabel 9. Hasil Analisis Kondisi Jalan Zona Asal 1 Tujuan 3 Skenario 2

Rute	Arah Rute	Hasil
.....		
12	1-5-7-11-12-15-14-3	0,274
13	1-5-7-11-10-12-13-14-3	0,245
14	1-5-7-11-10-12-15-14-3	0,269
15	1-5-6-9-8-13-14-3	<u>0,222</u>
16	1-5-6-9-8-13-12-15-14-3	0,224
17	1-5-6-9-8-7-11-12-13-14-3	0,233
18	1-5-6-9-8-7-11-12-15-14-3	0,250
19	1-5-6-9-8-7-11-10-12-13-14-3	0,234
20	1-5-6-9-8-7-11-10-12-15-14-3	0,249
Dsb...		

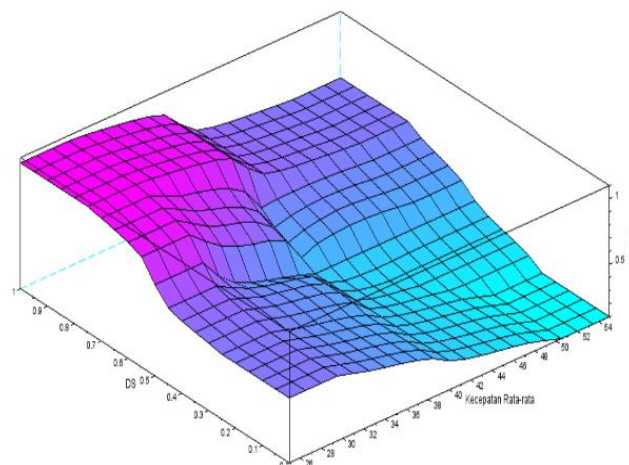
Tabel 10. Hasil Analisis Kondisi Jalan Zona Asal 1 Tujuan 4 Skenario 2

Rute	Arah Rute	Hasil
.....		
36	1-5-7-8-13-12-15-16-18-17-19-4	0,246
37	1-5-6-9-8-13-14-15-16-17-19-4	0,217
38	1-5-6-9-8-13-14-15-16-18-19-4	0,229
39	1-5-6-9-8-13-14-15-16-17-18-19-4	0,224
40	1-5-6-9-8-13-14-15-16-18-17-19-4	0,220
41	1-5-6-9-8-13-12-15-16-17-19-4	<u>0,208</u>
42	1-5-6-9-8-13-12-15-16-18-19-4	0,220
43	1-5-6-9-8-13-12-15-16-17-18-19-4	0,216
44	1-5-6-9-8-13-12-15-16-18-17-19-4	0,211
45	1-5-6-9-8-7-11-10-12-15-16-17-19-4	0,231
Dsb...		

Surface menggambarkan keadaan permukaan dari setiap rute. *Surface* yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 10. *Surface* Skenario 1



Gambar 11. *Surface* Skenario 2

Perhitungan dilakukan secara manual dan menggunakan perangkat lunak Scilab 6.1.0. Tingkat validasi program adalah 99,91% seperti tersaji pada Tabel 11.

Tabel 11. Persentase Hasil Kecocokan Program dengan Hasil Manual

Pilihan Rute	Tujuan	Hasil Manual	Hasil Program	Persentase Error	Persentase Error Total	Persentase Kecocokan Program
5	Tujuan 2	0,18649	0,186	0,263	0,089	99,91
2	Tujuan 3	0,22445	0,224	0,200		
1	Tujuan 4	0,29107	0,291	0,024		
6	Tujuan 2	0,19799	0,198	-0,004		
15	Tujuan 3	0,22166	0,222	-0,153		
41	Tujuan 4	0,20842	0,208	0,203		

4. SIMPULAN

Kesimpulan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Analisis logika *fuzzy* pada perhitungan 1 menggunakan variabel kumulatif waktu tempuh dan derajat kejenuhan jalan (DS). Waktu tempuh memiliki 3 variabel linguistik yaitu cepat, sedang, dan lambat. Sedangkan derajat kejenuhan jalan memiliki 3 variabel linguistik yaitu lancar, sedang, dan padat. Untuk variabel hasil memiliki 5 variabel linguistik yaitu lancar, sedang, sedikit merayap, padat merayap, dan macet. Hasil analisis menunjukkan bahwa rute yang dihasilkan berdasarkan skenario 1 dan skenario 2 berbeda. Hasil skenario 1 untuk zona 1 ke zona 2 adalah melalui simpul 1-10-11-7-5-6-9-2 dengan nilai pembobotan sebesar 0,186. Hasil untuk zona 1 ke zona 3 melalui simpul 1-10-12-13-14-3 dengan hasil pembobotan sebesar 0,224. Hasil untuk zona 1 ke zona 4 melalui simpul 1-10-12-15-16-18-19-4 dengan hasil pembobotan sebesar 0,291.
2. Analisis logika *fuzzy* pada perhitungan 2 menggunakan variabel kecepatan rata-rata dan derajat kejenuhan jalan (DS). Kecepatan rata-rata memiliki 3 variabel linguistik yaitu lambat, sedang, dan cepat. Sedangkan derajat kejenuhan jalan juga memiliki 3 variabel linguistik yaitu lancar, sedang, dan padat. Untuk variabel hasil memiliki 5 variabel linguistik yaitu lancar, sedang, sedikit merayap, padat merayap, dan macet. Hasil untuk asal 1 tujuan 2 melalui simpul 1-10-11-7-8-9-2 dengan hasil pembobotan sebesar 0,198. Hasil asal 1 tujuan 3 melalui simpul 1-5-6-9-8-13-14-3 dengan hasil pembobotan sebesar 0,222. Sedangkan untuk hasil asal 1 tujuan 4 melalui simpul 1-5-6-9-8-13-12-15-16-17-19-4 dengan hasil pembobotan sebesar 0,208.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, E. R., Toloi, R. C., Dos Reis, J. G. M., & Colossetti, A. P. (2016). Selecting transport routes of grains in Brazil using fuzzy logic. *ILS 2016 - 6th International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain*, 1–8.
- Basu, N. (2016). Fuzzy Logic Application to Model Uncertain Route Choice Behaviour of Bus Users in Dhaka City, 8(December), 1–14.
- Bortas, I., Brnjac, N., & Dundović, Č. (2018). Transport routes optimization model through application of fuzzy logic. *Promet - Traffic - Traffico*, 30(1), 121–129. <https://doi.org/10.7307/ptt.v30i1.2326>
- Budiman, A., Intari, D. E., Fathonah, W., Bethary, R. T., & Syarifudin, S. (2021). Analisis Pemilihan Rute Perjalanan Rangkasbitung – Serang Terhadap Jalan Tol Serang Panimbang. *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 9. <https://doi.org/10.36055/fondasi.v10i1.10623>
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1990). *Tata Cara Pelaksanaan Survei Inventarisasi Jalan dan Jembatan Kota*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Duong, T., Duong, T., & Nguyen, P. (2016). Application of Fuzzy Optimal Path Algorithm for Bus Route Expansion in Thai Nguyen City. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 3(12), 257–546.
- Firman Arif, M., & Misdrum, M. (2019). Logika Fuzzy Mamdani Dan Algoritma Dijkstra Untuk Manajemen Keselamatan Pada Pencarian Rute. *Jurnal Spirit*, 11(2), 26–34.
- Golnakar, A., Alesheikh, A. A., & Malek, M. R. (2010). Solving Best Path Problem On Multimodal Transportation Networks With Fuzzy Cost. *Iranian Jurnal of Fuzzy Systems*, 3(7), 1-13.
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2004). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Edisi 1. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Lamury, T. S., Ngurah, G., Jaya, P., & Mansyur, U. (2018). Identifikasi Kemacetan di Jalan Raya Dramaga di Kabupaten Bogor (Studi Kasus : Simpang Jalan Lingkar Dramaga), 1–12.
- Milošević, T., Pamučar, D., & Chatterjee, P. (2021). Model for selecting a route for the transport of hazardous materials using a fuzzy logic system. *Vojnotehnicki Glasnik*, 69(2), 355–390. <https://doi.org/10.5937/vojtehg69-29629>
- Mutharuddin, M. (2013). Analisis Pemilihan Rute Pergerakan Dari Asal Ke Tujuan Tempat Kerja (Studi Kasus Pergerakan Warga Perumahan Taman Setia Budi Indah Kota Medan). *Warta Penelitian Perhubungan*, 25(1), 79. <https://doi.org/10.25104/warlit.v25i1.706>
- Olenych, I., Nechypor, Y., Olenych, Y., & Gukaliuk, A. (2018). Optimization of Transport Routes by Fuzzy Logic Methods. *Proceedings of X International Scientific and Practical Conference “Electronics and Information Technologies,”* (2), 147–150. <https://doi.org/10.30970/elit2018.a42>