ISBN: 978-979-792-552-9

Pencarian Lintasan Tercepat Fuzzy Menggunakan Metode Tsukamoto dan Algoritma Dijkstra

Corry Corazon Marzuki

Jurusan Matematika UIN Sultan Syarif Kasim Riau

Abstrak

Dalam teori graf, pencarian lintasan tercepat yang hanya mempertimbangkan satu parameter dapat dilakukan dengan menggunakan algoritma Dijkstra, algoritma Bellman-Ford atau algoritma Floyd-Warshall, karena bobotnya berupa bilangan riil. Namun apabila kita harus memperhatikan beberapa parameter, maka bobotnya dapat dipandang sebagai bilangan fuzzy. Pada penelitian ini akan dibahas bagaimana proses pencarian lintasan tercepat pada suatu graf yang berbobot fuzzy menggunakan metode Tsukamoto dan algoritma Dijkstra. Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa lintasan tercepat fuzzy dapat ditentukan dengan suatu algoritma yang merupakan hasil modifikasi dari algoritma Dijkstra, yaitu dengan memasukkan metode Tsukamoto ke dalam algoritma tersebut.

Kata kunci: lintasan tercepat fuzzy, algoritma Dijkstra, metode Tsukamoto.

1 Pendahuluan

Pencarian lintasan tercepat biasanya hanya menggunakan panjang jalan saja sebagai parameter. Namun pada kenyataannya, banyak faktor lain yang semestinya juga diperhatikan, seperti kepadatan jalan dan kondisi jalan.

Dalam teori graf, pencarian lintasan tercepat yang hanya mempertimbangkan satu parameter saja dapat dilakukan dengan langsung menggunakan algoritma Dijkstra, algoritma Bellman-Ford atau algoritma Floyd-Warshall [2], karena bobotnya berupa bilangan riil. Dua buah bilangan riil dapat dibandingkan secara langsung mana yang lebih besar/panjang atau mana yang lebih kecil/pendek. Namun apabila kita harus memperhatikan beberapa parameter, maka bobotnya berupa bilangan fuzzy. Oleh karena itu, dibutuhkan proses inferensi fuzzy untuk mengubah input yang berupa bilangan fuzzy tersebut menjadi output berupa bilangan riil. Kemudian barulah bisa digunakan algoritma Dijkstra, algoritma Bellman-Ford atau algoritma Floyd-Warshall.

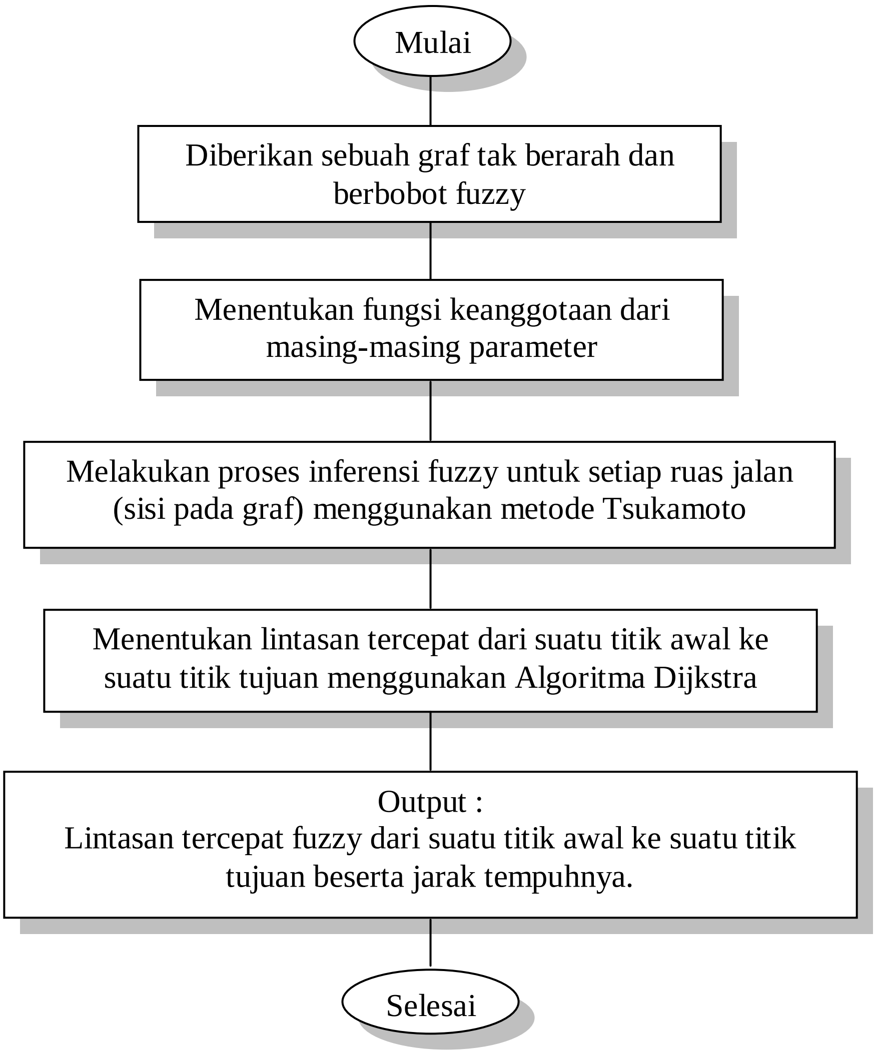
Proses inferensi fuzzy ini dapat dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya metode Tsukamoto, metode Sugeno, dan metode Mamdani. Pada tahun 2013, M. Hannats Hanafi Ichsan dkk. membahas solusi optimal pencarian jalur tercepat dengan algoritma hybrid fuzzy-Dijkstra, yaitu penggabungan model Sugeno dengan algoritma

ISBN: 978-979-792-552-9

Dijkstra [1]. Pada makalah ini akan dibahas "Pencarian Lintasan Tercepat Fuzzy Menggunakan Metode Tsukamoto dan Algoritma Dijkstra".

2 Metodologi Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada *flowchart* pada Gambar 1.



Gambar 1: *Flowchart* Metodologi Penelitian

3 Hasil dan Pembahasan

Langkah-langkah untuk mencari lintasan tercepat fuzzy pada penelitian ini merupakan penggabungan dari proses inferensi fuzzy dengan metode Tsukamoto dan algoritma Dijkstra. Langkah-langkah tersebut diuraikan sebagai berikut.

1. Diberikan suatu graf tak berarah yang berbobot fuzzy.

ISBN: 978-979-792-552-9

Bobot pada graf tak berarah ini terdiri dari panjang jalan, kepadatan jalan, dan kondisi jalan.

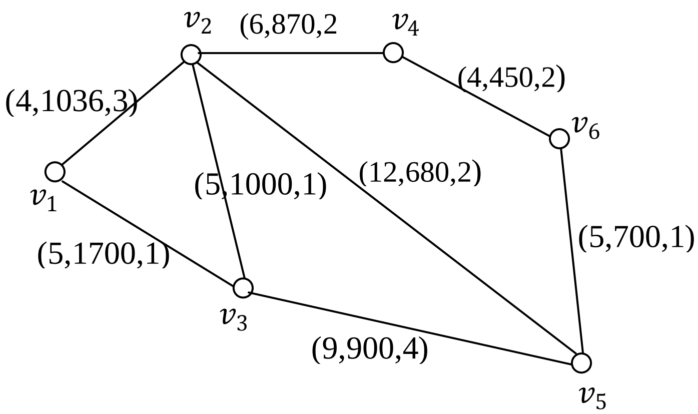
2. Menentukan fungsi keanggotaan untuk masing-masing parameter.
   Fungsi keanggotaan yang digunakan pada penelitian ini adalah fungsi keanggotaan linier.
3. Melakukan proses inferensi fuzzy untuk setiap ruas jalan (sisi pada graf) menggunakan metode Tsukamoto.
   Dalam proses inferensi fuzzy digunakan aturan sebagai berikut.

Tabel 1: Aturan Evaluasi

Panjang Jalan	Kepadatan Jalan	Kondisi Jalan	Z
Pendek	Sepi	Baik	0.1
Pendek	Sepi	Rusak	0.33
Pendek	Padat	Baik	0.33
Pendek	Padat	Rusak	0.66
Panjang	Sepi	Baik	0.33
Panjang	Sepi	Rusak	0.66
Panjang	Padat	Baik	0.66
Panjang	Padat	Rusak	1

4. Menentukan lintasan tercepat dari suatu titik awal ke suatu titik tujuan menggunakan Algoritma Dijkstra. Algoritma Dijkstra dapat digunakan pada langkah ini karena hasil perhitungan dari proses inferensi fuzzy berupa bilangan riil positif.

Contoh Diberikan sebuah graf G pada Gambar 2 yang merepresentasikan suatu lokasi dengan sebuah titik dan ruas jalan antara dua lokasi dengan sisi. Setiap sisi diboboti dengan bilangan fuzzy, yang mana elemen pertamanya menyatakan panjang jalan, elemen keduanya menyatakan kepadatan jalan, sedangkan elemen ketiganya menyatakan kondisi jalan. Persoalan yang akan diselesaikan adalah lintasan manakah yang akan ditempuh agar perjalanan dapat dilakukan secepat mungkin?



Gambar 2: Graf G

Penyelesaian Setiap sisi memiliki tiga nilai parameter, yaitu panjang jalan, kepadatan

ISBN: 978-979-792-552-9

jalan, dan kondisi jalan. Pada Tabel 2 berikut akan dituliskan bobot setiap sisi.

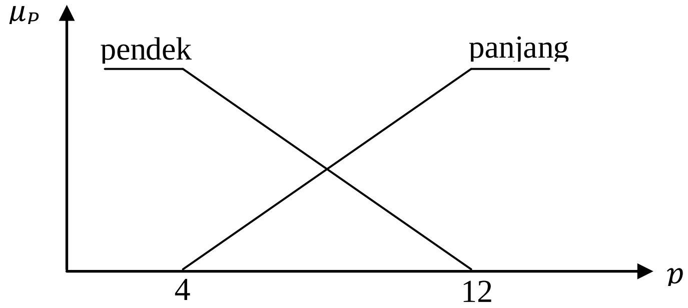
Tabel 2: Nilai Bobot Tiap Sisi

Sisi	Panjang Jalan	Kepadatan Jalan	Kondisi Jalan
(v_1, v_2)	4	1036	3
(v_1, v_3)	5	1700	1
(v_2, v_3)	5	1000	1
(v_2, v_4)	6	870	2
(v_2, v_5)	12	680	2
(v_3, v_5)	9	900	4
(v_4, v_6)	4	450	2
(v_5, v_6)	5	700	1

Keterangan :
Kondisi jalan = 1, berarti kondisi jalan rusak
Kodisi jalan = 2, berarti kondisi jalan cukup baik
Kondisi jalan = 3, berarti kondisi jalan baik
Kondisi jalan = 4, berarti kondisi jalan sangat baik

Langkah pertama, kita tentukan fungsi keanggotaan untuk masing-masing parameter.

1. Fungsi keanggotaan panjang jalan



Gambar 2: Fungsi Keanggotaan Panjang Jalan

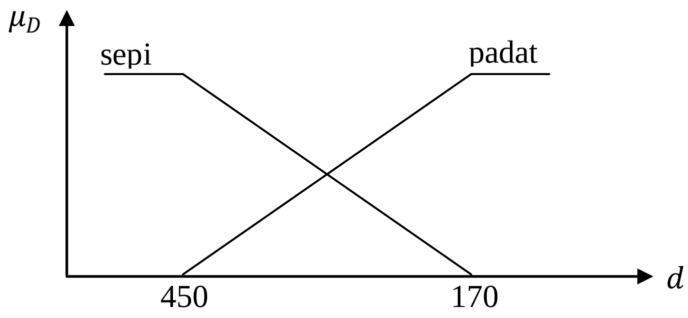
Gambar 2 menggambarkan fungsi keanggotaan panjang jalan yang dapat dinyatakan dalam bentuk fungsi berikut.

$$\mu_P \text{ pendek } [p] = \begin{cases} 1 & ; p \leq 4 \\ \dfrac{12 - p}{8} & ; 4 \leq p \leq 12 \\ 0 & ; p \geq 12 \end{cases}$$

$$\mu_P \text{ panjang } [p] = \begin{cases} 0 & ; p \leq 4 \\ \dfrac{p - 4}{8} & ; 4 \leq p \leq 12 \\ 1 & ; p \geq 12 \end{cases}$$

2. Fungsi keanggotaan kepadatan jalan

ISBN: 978-979-792-552-9



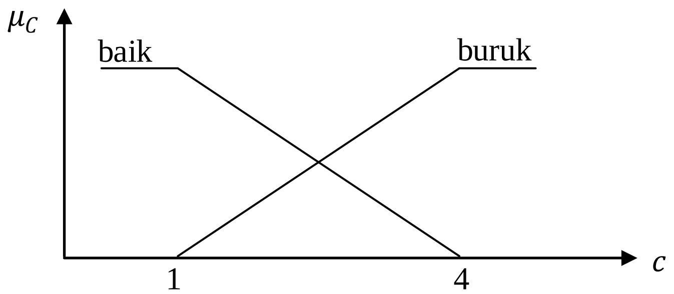
Gambar 3: Fungsi Keanggotaan Kepadatan Jalan

Gambar 3 menggambarkan fungsi keanggotaan kepadatan jalan yang dapat dinyatakan dalam bentuk fungsi berikut.

$$\mu_D \text{ sepi } [d] = \begin{cases} 1 & ; d \leq 450 \\ \dfrac{1700 - d}{1250} & ; 450 \leq d \leq 1700 \\ 0 & ; d \geq 1700 \end{cases}$$

$$\mu_D \text{ padat } [d] = \begin{cases} 0 & ; d \leq 450 \\ \dfrac{d - 450}{1250} & ; 450 \leq d \leq 1700 \\ 1 & ; d \geq 1700 \end{cases}$$

3. Fungsi keanggotaan kondisi jalan



Gambar 4: Fungsi Keanggotaan Kondisi Jalan

Gambar 4 menggambarkan fungsi keanggotaan kondisi jalan yang dapat dinyatakan dalam bentuk fungsi berikut.

$$\mu_C \text{ baik } [c] = \begin{cases} 1 & ; c \leq 1 \\ \dfrac{4 - c}{3} & ; 1 \leq c \leq 4 \\ 0 & ; c \geq 4 \end{cases}$$

$$\mu_C \text{ buruk } [c] = \begin{cases} 0 & ; c \leq 1 \\ \dfrac{c - 1}{3} & ; 1 \leq c \leq 4 \\ 1 & ; c \geq 4 \end{cases}$$

Langkah kedua, lakukan proses inferensi fuzzy untuk masing-masing sisi. Pada pembahasan ini, proses inferensi fuzzy dilakukan dengan metode Tsukamoto.

1. Sisi (v_1, v_2) dengan bobot $(4{,}1036{,}3)$.
   a. Nilai keanggotaan panjang jalan :
   μ_P pendek $[4] = 1$ dan μ_P panjang $[4] = 0.$
   b. Nilai keanggotaan kepadatan jalan :
   μ_D sepi $[1036] = \frac{1700-1036}{1250} = 0{,}5312$ dan μ_D padat $[1036] = \frac{1036-450}{1250} =$ 0.4688
   c. Nilai keanggotaan kondisi jalan :
   μ_C baik $[3] = \frac{4-3}{3} = 0{,}33$ dan μ_C buruk $[3] = \frac{3-1}{3} = 0.67$

<u>Aturan 1</u> :

$$\alpha \text{ predikat } 1 = \mu_P \text{pendek } \cap \mu_D \text{sepi } \cap \mu_C \text{baik}$$
$$= \min\{\mu_P \text{pendek}[4], \mu_D \text{sepi}[1036], \mu_C \text{baik}[3]\} = \min\{1{,}0.5312{,}0.33\}$$
$$= 0.33$$

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh $z_1 = 0.1$

<u>Aturan 2</u> :

$$\alpha \text{ predikat } 2 = \mu_P \text{pendek } \cap \mu_D \text{sepi } \cap \mu_C \text{buruk}$$
$$= \min\{\mu_P \text{pendek}[4], \mu_D \text{sepi}[1036], \mu_C \text{buruk}[3]\}$$
$$= \min\{1{,}0.5312{,}0.67\} = 0.5312$$

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh $z_2 = 0.33$

<u>Aturan 3</u> :

$$\alpha \text{ predikat } 3 = \mu_P \text{pendek } \cap \mu_D \text{padat } \cap \mu_C \text{baik}$$
$$= \min\{\mu_P \text{pendek}[4], \mu_D \text{padat}[1036], \mu_C \text{baik}[3]\}$$
$$= \min\{1{,}0.4688{,}0.33\} = 0.33$$

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh $z_3 = 0.33$

<u>Aturan 4</u> :

$$\alpha \text{ predikat } 4 = \mu_P \text{pendek } \cap \mu_D \text{padat } \cap \mu_C \text{buruk}$$
$$= \min\{\mu_P \text{pendek}[4], \mu_D \text{padat}[1036], \mu_C \text{buruk}[3]\}$$
$$= \min\{1{,}0.4688{,}0.67\} = 0.4688$$

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh $z_4 = 0.66$

<u>Aturan 5</u> :

$$\alpha \text{ predikat } 5 = \mu_P \text{panjang } \cap \mu_D \text{sepi } \cap \mu_C \text{baik}$$
$$= \min\{\mu_P \text{panjang}[4], \mu_D \text{sepi}[1036], \mu_C \text{baik}[3]\} = \min\{0{,}0.5312{,}0.33\}$$
$$= 0$$

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh $z_5 = 0.33$

<u>Aturan 6</u> :

$$\alpha \text{ predikat } 6 = \mu_P \text{panjang } \cap \mu_D \text{sepi } \cap \mu_C \text{buruk}$$
$$= \min\{\mu_P \text{panjang}[4], \mu_D \text{sepi}[1036], \mu_C \text{buruk}[3]\}$$
$$= \min\{0{,}0.5312{,}0.67\} = 0$$

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh $z_6 = 0.66$

ISBN: 978-979-792-552-9

Aturan 7 :

$$\alpha \text{ predikat } 7 = \mu_P \text{panjang } \cap \mu_D \text{padat } \cap \mu_C \text{baik}$$
$$= \min\{\mu_P \text{panjang}[4], \mu_D \text{padat}[1036], \mu_C \text{baik}[3]\}$$
$$= \min\{0, 0.4688, 0.33\} = 0$$

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh $z_7 = 0.66$

Aturan 8 :

$$\alpha \text{ predikat } 8 = \mu_P \text{panjang } \cap \mu_D \text{padat } \cap \mu_C \text{buruk}$$
$$= \min\{\mu_P \text{panjang}[4], \mu_D \text{padat}[1036], \mu_C \text{buruk}[3]\}$$
$$= \min\{0, 0.4688, 0.67\} = 0$$

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh $z_8 = 0.66$

Kemudian nilai z akhir diperoleh dengan merata-ratakan semua z berbobot.

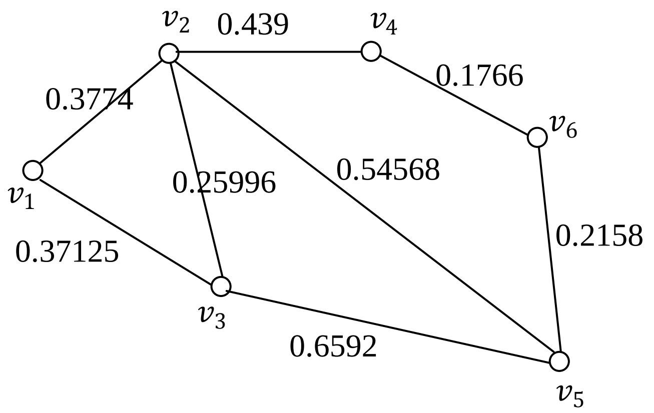
$$z = \frac{(0.33 \times 0.1) + (0.5312 \times 0.33) + (0.33 \times 0.33) + (0.4688 \times 0.66)}{0.33 + 0.5312 + 0.33 + 0.4688} = 0.37747$$

Dengan cara yang sama, diperoleh juga nilai z akhir untuk sisi-sisi yang lain sebagai berikut.

2. Sisi (v_1, v_3) dengan bobot $(5,1700,1)$.
$$z = \frac{(0.875 \times 0.33) + (0.125 \times 0.66)}{0.875 + 0.125} = 0.37125$$
3. Sisi (v_2, v_3) dengan bobot $(5,1000,1)$.
$$z = \frac{(0.56 \times 0.1) + (0.44 \times 0.33) + (0.125 \times 0.33) + (0.125 \times 0.66)}{0.56 + 0.44 + 0.125 + 0.125} = 0.25996$$
4. Sisi (v_2, v_4) dengan bobot $(6,870,2)$.
$$z = 0.439036$$
5. Sisi (v_2, v_5) dengan bobot $(12,680,2)$.
$$z = \frac{(0.66 \times 0.33) + (0.33 \times 0.66) + (0.184 \times 0.66) + (0.184 \times 1)}{0.66 + 0.33 + 0.184 + 0.184} = 0.54568$$
6. Sisi (v_3, v_5) dengan bobot $(9,900,4)$.
$$z = \frac{(0.375 \times 0.33) + (0.36 \times 0.66) + (0.625 \times 0.66) + (0.36 \times 1)}{0.375 + 0.36 + 0.625 + 0.36} = 0.659215$$
7. Sisi (v_4, v_6) dengan bobot $(4,450,2)$.
$$z = \frac{(0.66 \times 0.1) + (0.33 \times 0.33)}{0.66 + 0.33} = 0.176666$$
8. Sisi (v_5, v_6) dengan bobot $(5,700,1)$.
$$z = \frac{(0.8 \times 0.1) + (0.2 \times 0.33) + (0.125 \times 0.33) + (0.125 \times 0.66)}{0.8 + 0.2 + 0.125 + 0.125} = 0.2158$$

Langkah ketiga, gambarkan graf G kembali dengan memberi bobot masing-masing sisinya dengan nilai z.

ISBN: 978-979-792-552-9



Gambar 5: Graf G yang Diboboti dengan Nilai z Masing-masing Sisi

Langkah selanjutnya, menentukan lintasan tercepat dari titik v_1 ke titik v_6 menggunakan algoritma Dijkstra dengan hasil iterasi seperti Tabel 2. Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa lintasan tercepat dari v_1 ke v_6 adalah $v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow v_4 \rightarrow v_6$.

Kesimpulan

Pencarian lintasan tercepat fuzzy dapat dilakukan dengan suatu algoritma yang merupakan modifikasi dari algoritma Dijkstra, yaitu dengan menggabungkan algoritma Dijkstra dengan metode Tsukamoto. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut.

1. Diberikan suatu graf tak berarah yang berbobot fuzzy.
2. Menentukan fungsi keanggotaan untuk masing-masing parameter.
3. Melakukan proses inferensi fuzzy untuk setiap ruas jalan (sisi pada graf) menggunakan metode Tsukamoto.
4. Menentukan lintasan tercepat dari suatu titik awal ke suatu titik tujuan menggunakan Algoritma Dijkstra

Daftar Pustaka

[1] Hanafi, M.Hannats, Solusi Optimal Pencarian Jalur Tercepat dengan Algoritma Hybrid Fuzzy-Dijkstra, 2013.

[2] Handaka, Michell Setyawati, Perbandingan Algoritma Dijkstra (Greedy), Bellman-Ford (BFS-DFS), dan Floyd Warshall (Dynamic Programming) dalam Pengaplikasian Lintasan Terpendek pada Link-State Routing Protocol, Makalah IF3051 Strategi Algoritma, 2010.

[3] Marzuki, Corry C.,Rita Susanti, Lintasan Tercepat Fuzzy dengan Metode Rangking Fuzzy dan Algoritma Dijkstra.

ISBN: 978-979-792-552-9

Tabel 2: Hasil Iterasi Lintasan Tercepat pada Algoritma Dijkstra

$\boldsymbol{k} \ni \boldsymbol{D}(\boldsymbol{k})$ min	L	V-L	D(2)	D(3)	D(4)	D(5)	D(6)
-	ϕ	$\{v_2, v_3, v_4, v_5, v_6\}$	$D(2) = 0.3774$	$D(3) = 0.37125$	$D(4) = \infty$	$D(5) = \infty$	$D(6) = \infty$
3	$\{v_3\}$	$\{v_2, v_4, v_5, v_6\}$	tetap		tetap	Karena D(5) $> D(3) + W(3{,}5)$, $D(5) = 1.03045$	tetap
2	$\{v_3, v_2\}$	$\{v_4, v_5, v_6\}$			Karena D(4) $> D(2) + W(2{,}4)$, $D(4) = 0.8164$	Karena D(5) $> D(2) + W(2{,}5)$, $D(5) = 0.92308$	tetap
4	$\{v_3, v_2, v_4\}$	$\{v_5, v_6\}$				tetap	Karena D(6) $> D(4) + W(4{,}6)$, $D(6) = 0.993$
5	$\{v_3, v_2, v_4, v_5\}$	$\{v_6\}$					tetap
6	$\{v_3, v_2, v_4, v_5, v_6\}$						