

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas representasi graf dari sebuah gedung, penentuan parameter *quality of service* pada jaringan Wi-Fi, evaluasi kinerja Wi-Fi menggunakan logika *fuzzy* Sugeno, dan penerapan metode *sequential search* untuk peletakan Wi-Fi.

3.1 Deskripsi Masalah

Penelitian ini membahas bagaimana mengoptimalkan kinerja Wi-Fi dengan cara menentukan posisi *router* yang ideal sehingga kualitas sinyal dapat dioptimalkan dan dapat menjangkau area gedung seluas-luasnya. Wi-Fi yang optimal didefinisikan sebagai Wi-Fi dengan nilai QoS (*Quality of Service*) yang baik serta posisi *router* Wi-Fi ditempatkan pada daerah yang dapat meminimumkan distorsi dan redaman akibat dinding penghalang, sehingga sinyal Wi-Fi dapat menjangkau pengguna secara luas. Lebih jauh, penelitian ini akan meneliti masalah pengoptimalan kinerja Wi-Fi di Gedung FPMIPA A UPI. Penelitian terkait kinerja Wi-Fi Gedung FPMIPA A UPI dilakukan karena kualitas sinyal data seluler saat berada di dalam gedung FPMIPA A UPI cenderung kurang baik, sehingga adanya fasilitas Wi-Fi sangat penting untuk kebutuhan perkuliahan bagi mahasiswa maupun tenaga pendidik. Berdasarkan pengamatan, kualitas jaringan Wi-Fi di gedung FPMIPA A UPI saat ini masih belum baik, khususnya dalam menjangkau beberapa tempat dan ruangan.

Gedung FPMIPA A UPI memiliki lima lantai. Pada lantai 1, 2 dan 3 terdapat empat sayap yaitu *North*, *East*, *South*, dan *West*. Pada lantai 4 terdapat dua sayap, *North* dan *East*. Sedangkan lantai 5, sayap yang dimiliki hanya *North*. Pada masing-masing sayap, *router* Wi-Fi tidak terpasang secara merata. Selain itu, setiap lantai memiliki dinding penghalang yang digunakan sebagai pembatas ruangan dengan koridor, serta pilar penopang antar lantai. Oleh karena itu, akan dilakukan analisis kinerja Wi-Fi di setiap daerah Gedung FPMIPA A UPI. Pada penelitian ini, analisis akan dilakukan dengan menggunakan logika *fuzzy*. Berdasarkan hasil analisis tersebut akan dilakukan optimalisasi penempatan *router* untuk meningkatkan kinerja Wi-Fi di gedung FPMIPA A UPI dengan metode *sequential search*.

3.2 Tahapan Penelitian

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Pustaka
Pada tahapan ini dilakukan studi pustaka berdasarkan beberapa literatur yang berkaitan dengan masalah kualitas jaringan Wi-Fi, teori graf, logika *fuzzy*, dan metode *sequential search*.
2. Pengumpulan Data
Pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengumpulan data primer dengan menggunakan bantuan *website* <https://packetlosstest.com/> pada proses pengumpulan data. Data tersebut meliputi data *jitter*, *packet loss*, *throughput*, dan *delay* terkait sinyal Wi-Fi di Gedung FPMIPA A UPI. Data akan dikumpulkan pada daerah-daerah tertentu sesuai dengan bentuk graf yang telah ditentukan.
3. Representasi Graf
Denah Gedung FPMIPA A UPI akan direpresentasikan dalam bentuk graf yang terdiri dari simpul, sisi, dan bobot. Simpul akan direpresentasikan dengan pertigaan koridor dan titik tertentu pada koridor yang panjang. Sementara sisi direpresentasikan dengan jarak antara simpul. Bobot tersebut direpresentasikan dengan kualitas sinyal Wi-Fi sepanjang sisi.
4. Analisis Kualitas Sinyal Wi-Fi Menggunakan Logika *Fuzzy* Sugeno
Pada tahap ini akan dilakukan pencarian bobot kualitas sinyal Wi-Fi disepanjang sisi dengan menggunakan logika *fuzzy*. Terdapat dua masukan yang digunakan, yaitu QoS (*Quality of Service*) dan jumlah pengguna. Selain itu, terdapat satu keluaran yang dihasilkan dari logika *fuzzy*, yaitu kualitas sinyal Wi-Fi yang akan digunakan sebagai bobot graf.
5. Penempatan Posisi *Router* Wi-Fi Menggunakan Metode *Sequential Search*
Pada tahap penempatan posisi *router* Wi-Fi, bobot sisi graf (kualitas sinyal) yang diperoleh melalui logika *fuzzy* akan digunakan sebagai penentuan jumlah urgensi disetiap sisi. Selain itu, penempatan posisi *router* Wi-Fi pun akan dipengaruhi oleh biaya pemasangan *router* Wi-Fi.
6. Penarikan Kesimpulan

Pada tahap ini akan ditarik kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang diperoleh.

3.3 Data Penelitian

Gedung FPMIPA A UPI memiliki delapan titik akses *router* Wi-Fi yang terpasang di sejumlah titik seperti pada Tabel 3.1. *Router* Wi-Fi yang digunakan dalam penelitian ini merupakan *router* yang dapat diakses secara bebas tanpa memerlukan kata sandi. *Router* Wi-Fi tersebut diantaranya UPI.EDU, FPMIPA Selatan, dan Math4All.

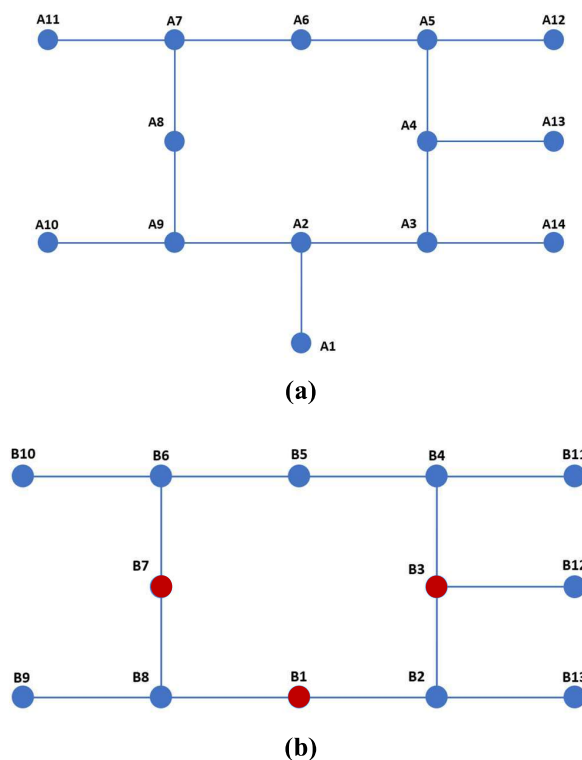
Tabel 3.1 Data jumlah titik akses *router* Wi-Fi.

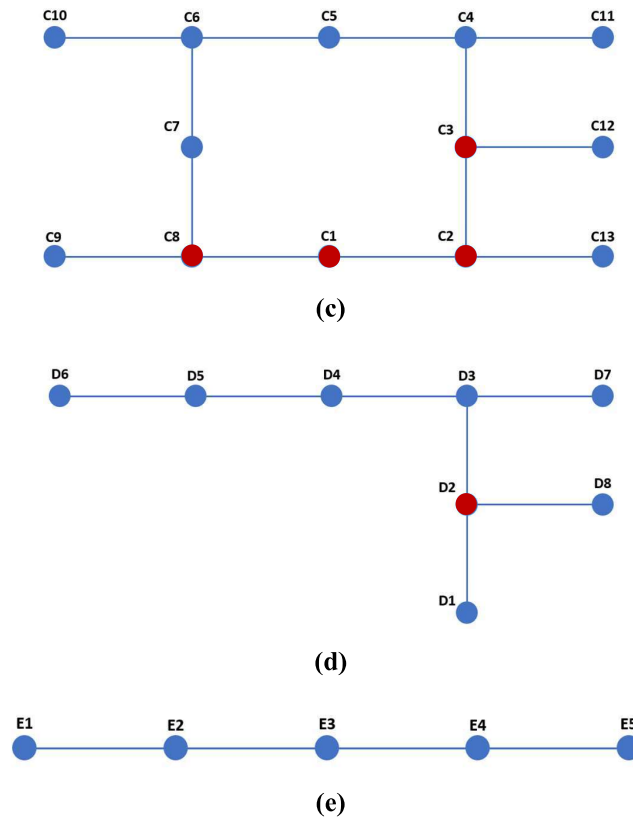
Lantai	Titik <i>Router</i> Wi-Fi	Total
1	-	0
2	Sayap <i>South</i>	1
	Sayap <i>West</i>	1
	Sayap <i>East</i>	2
3	Sayap <i>South</i>	3
	Sayap <i>West</i>	1
4	Sayap <i>East</i>	1
5	-	0

Titik akses *router* pada Tabel 3.1 terpasang secara tidak merata dan dan titik akses *router* tidak terpasang di dalam ruangan. Pada lantai 1 Gedung FPMIPA A UPI, titik akses *router* Wi-Fi tidak terpasang pada seluruh bagian sayap gedung. Pada sayap *East* lantai 2, titik akses *router* Wi-Fi terpasang tepat di pertigaan koridor. Sementara pada sayap *South* dan *West* lantai 2, titi akses *router* Wi-Fi hanya terpasang di tengah koridor. Pada sayap *South* lantai 3, titik akses *router* Wi-Fi terpasang di pertigaan koridor. Adapun titik akses *router* Wi-Fi sayap *West* dan *East* di lantai 3, masing-masing terpasang tepat di tengah koridor sayap. Begitu pun untuk sayap *East* lantai 4 yang memiliki satu titik akses ruter dan terpasang tepat di tengah koridor sayap. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis kualitas sinyal di setiap sayap lantai gedung menggunakan *logika fuzzy* Sugeno dan selanjutnya akan ditentukan posisi titik akses *router* yang optimal dengan metode *sequential search*.

3.4 Representasi Graf

Tahap awal dalam menyelesaikan masalah pengoptimalan kinerja Wi-Fi adalah dengan cara merepresentasikan Gedung FPMIPA A UPI menjadi sebuah graf tak berarah yang terdiri dari simpul, sisi, dan bobot. Simpul mewakili ujung koridor, pertengahan koridor, dan pertigaan koridor, sedangkan sisi mewakili titik akses pengguna Wi-Fi. Setiap sisi memiliki bobot berupa kualitas sinyal yang didapat dari *router* terdekat yang terhubung pada titik akses tersebut. Gambar 3.1 merupakan representasi graf dari struktur gedung FPMIPA A. Pada Gambar 3.1, titik yang sudah terpasang *router* Wi-Fi ditandai dengan titik berwarna merah. Berdasarkan Gambar 3.1, total *router* Wi-Fi yang terpasang di Gedung FPMIPA A UPI saat ini berjumlah delapan *router* Wi-Fi.





Gambar 3.1 Representasi graf Gedung FPMIPA A UPI setiap lantai (a). Lantai satu, (b). Lantai 2, (c) Lantai 3, (d) Lantai 4, dan (e) Lantai 5.

Bobot sisi pada graf merepresentasikan kualitas sinyal Wi-Fi disepanjang sisi yang dianalisis dengan menggunakan logika *fuzzy*. Bobot sisi tersebut dihitung dengan metode penentuan bobot dari setiap sisi melalui tahapan defuzzifikasi. Pada penelitian ini, *output fuzzy* diperoleh dengan menggunakan metode *weighted average* pada Persamaan 2.9. Bobot sisi akan menentukan urgensi pemasangan *router* Wi-Fi pada sisi tersebut.

3.5 Asumsi dan Model Optimisasi

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan posisi *router* yang ideal agar kinerja Wi-Fi menjadi optimal. Adapun asumsi-asumsi yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Setiap koridor pada gedung memiliki panjang yang sama.
2. Tiga jenis koneksi Wi-Fi yang berbeda pada gedung dianggap sama menjadi satu koneksi Wi-Fi.

3. Jarak antar *router* Wi-Fi diabaikan.
4. Penelitian dilakukan pada setiap lantai gedung dan sinyal Wi-Fi antar lantai tidak saling mempengaruhi.
5. Sisi pada graf mencakup ruangan di sekitar koridor.

Masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana mengoptimalkan kinerja Wi-Fi dengan cara menentukan lokasi pemasangan *router* yang ideal sehingga kualitas sinyal dapat dioptimalkan dan menjangkau area gedung seluas-luasnya. Untuk memperoleh lokasi pemasangan *router* Wi-Fi yang optimal akan dilakukan penentuan bobot pemasangan *router* Wi-Fi (w_i) pada graf dan penentuan lokasi pemasangan *router* Wi-Fi dengan menggunakan algoritma penentuan lokasi. Dengan demikian, variabel keputusan dari model optimisasi didefinisikan untuk menentukan lokasi pemasangan *router* Wi-Fi. Variabel didefinisikan sebagai berikut:

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{jika pada titik } i \text{ dipasang router WiFi.} \\ 0, & \text{yang lainnya.} \end{cases}$$

Karena bobot simpul w_i mengindikasikan kualitas sinyal Wi-Fi jika dipasang pada lokasi i , maka fungsi tujuan model didefinisikan untuk memaksimalkan total bobot titik yang akan dipasangi *router* Wi-Fi. Fungsi tujuan tersebut adalah sebagai berikut:

Memaksimalkan:

$$\sum_{i=1}^n w_i x_i \quad (3.1)$$

dengan batasan variabel berikut:

$$x_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in N \quad (3.2)$$

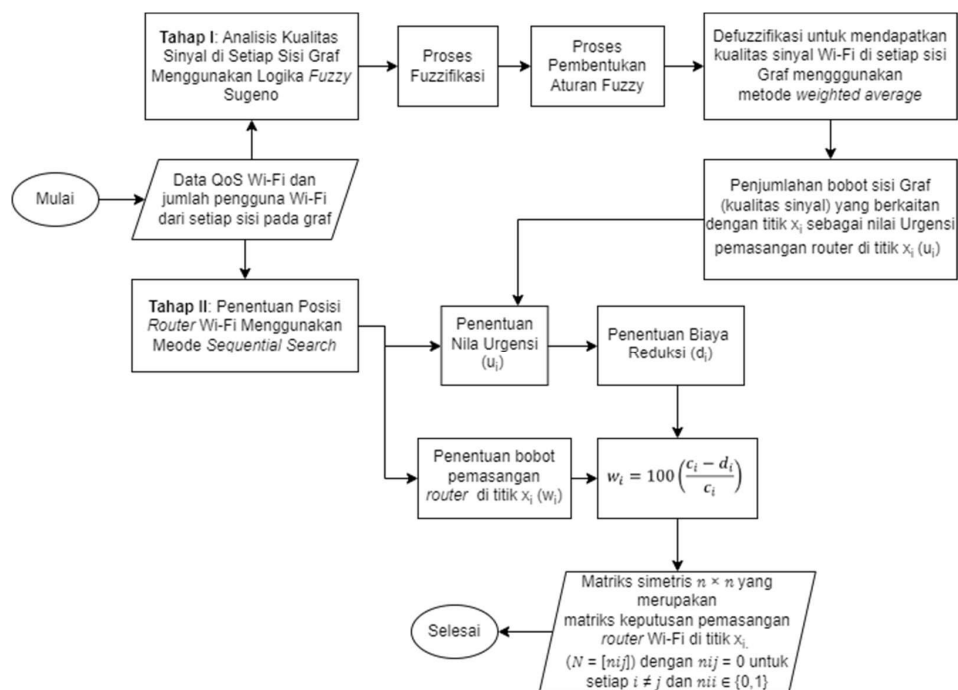
di mana:

w_i adalah bobot pemasangan *router* Wi-Fi di titik x_i .

$N = \{1, 2, 3, \dots, n \mid n \text{ adalah banyaknya titik pada graf}\}$.

3.6 Teknik Penyelesaian Model

Dalam penelitian ini, Persamaan 3.1 akan diselesaikan dengan menggunakan metode *sequential search*. Tujuan penyelesaian persamaan tersebut adalah untuk menentukan posisi *router* Wi-Fi. Penentuan posisi *router* Wi-Fi ditentukan dengan dua parameter, yaitu urgensi dan bobot pemasangan *router* Wi-Fi. Nilai urgensi penempatan *router* diperoleh dari penjumlahan bobot dari sisi-sisi yang terkait dengan titik tersebut. Urgensi di titik x_i dapat dituliskan sebagai u_i yang menyatakan seberapa penting titik x_i dipasangi *router* Wi-Fi. Sedangkan bobot pemasangan *router* Wi-Fi (w_i) dapat dituliskan sebagai selisih antara biaya pemasangan dan biaya reduksi perbiaya pemasangan. Langkah-langkah menentukan lokasi pemasangan *router* Wi-Fi digambarkan pada Gambar 3.2.



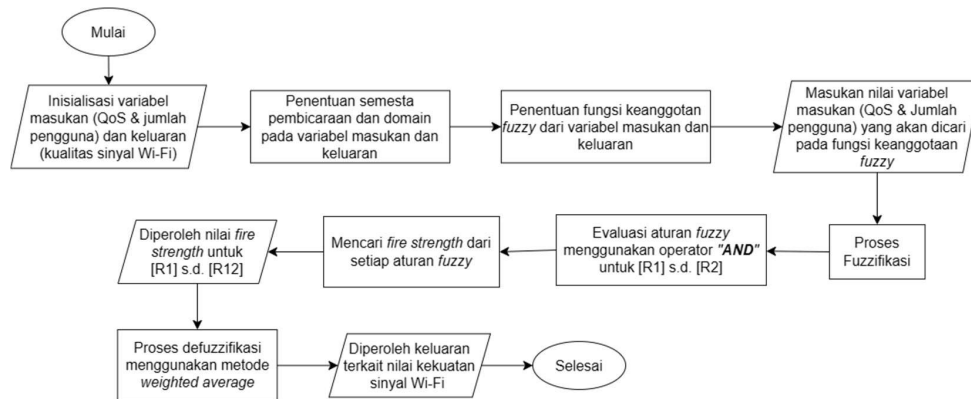
Gambar 3.2 Diagram alur terkait teknik penyelesaian menentukan posisi *router* Wi-Fi.

Berikut ini adalah tahapan penyelesaian untuk penentuan posisi *router* Wi-Fi:

Tahap I: Analisis Kualitas Sinyal Wi-Fi Pada Sisi Graf Menggunakan Logika Fuzzy Sugeno

Pada tahap penentuan bobot yang merupakan kualitas sinyal Wi-Fi di setiap sisi graf dilakukan dengan menggunakan logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* yang digunakan

pada penelitian ini adalah logika *fuzzy* Sugeno. Adapun tahap perhitungan kualitas sinyal QoS digambarkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.3 Diagram alur analisis kualitas sinyal di setiap sisi graf menggunakan logika *fuzzy* Sugeno.

Langkah-langkah analisis kualitas sinyal di setiap sisi graf menggunakan logika *fuzzy* Sugeno adalah sebagai berikut:

1. Penentuan Variabel Masukan dan Keluaran

Pada penelitian ini, digunakan dua variabel masukan untuk menyatakan bobot yang merepresentasikan kualitas sinyal dari setiap titik akses Wi-Fi, yaitu jumlah pengguna Wi-Fi dan QoS pada Wi-Fi. Variabel jumlah pengguna Wi-Fi dibagi menjadi tiga himpunan fuzzy, yaitu “lenggang”, “normal”, dan “padat”. Kemudian, variabel QoS pada Wi-Fi dibagi menjadi tempat himpunan fuzzy, yaitu “buruk”, “sedang”, dan “bagus”, “sangat bagus”.

Variabel jumlah pengguna Wi-Fi dan QoS dari Wi-Fi memiliki hubungan yang terikat. Apabila pengguna Wi-Fi FPMIPA A padat dan QoS dari Wi-Fi kecil, dapat dikatakan bahwa kekuatan sinyal internet yang dihasilkan oleh Wi-Fi akan buruk. Dengan kata lain, kekuatan sinyal internet yang dihasilkan oleh Wi-Fi dapat bergantung pada jumlah pengguna QoS dari Wi-Fi tersebut. Oleh karena itu, variabel keluaran dari penelitian ini adalah kekuatan sinyal internet yang dihasilkan oleh Wi-Fi. Himpunan fuzzy dari variabel output kekuatan sinyal internet adalah “sangat rendah”, “cukup rendah”, “sedang”, “cukup tinggi”, dan “sangat tinggi”.

2. Pembentukan Himpunan *Fuzzy* (Fuzzifikasi)

Pengubahan seluruh variabel menjadi bentuk himpunan *fuzzy* dilakukan pada tahap fuzzifikasi. Tujuan utama dari proses fuzzifikasi adalah mengubah data numerik ke dalam representasi yang dapat diinterpretasikan dalam konteks logika *fuzzy*. Proses fuzzifikasi melibatkan beberapa tahapan, seperti mengidentifikasi variabel masukan yang menjadi parameter logika *fuzzy*, penentuan himpunan *fuzzy* untuk mewakili variabel masukan dalam bentuk himpunan linguistik (rendah, sedang, dan tinggi), penentuan fungsi keanggotaan yang mendefinisikan sejauh mana suatu nilai numerik masuk ke dalam himpunan *fuzzy*, proses fuzzifikasi yang melibatkan pencocokan nilai numerik input ke dalam himpunan *fuzzy*, menghitung tingkat keanggotaan untuk setiap himpunan *fuzzy* yang sesuai dengan nilai numerik input dan memberikan informasi terkait sejauh mana suatu nilai input termasuk dalam setiap himpunan *fuzzy*, dan representasi linguistik yang mengubah nilai numerik menjadi representasi linguistik dengan menggunakan label himpunan *fuzzy* (rendah, sedang, tinggi).

Pada penelitian ini, bentuk fuzzifikasi yang digunakan adalah bentuk segitiga dan bentuk bahu. Himpunan *fuzzy* bentuk segitiga dipilih karena memiliki formula matematis yang lebih sederhana, intuitif, dan fleksibel untuk menangani berbagai bentuk distribusi data. Sedangkan, himpunan *fuzzy* bentuk bahu digunakan untuk menangani variabel *fuzzy* dengan bentuk distribusi data yang tidak simetris. Setiap himpunan *fuzzy* memiliki derajat keanggotaan tertentu yang bernilai dari 0 hingga 1 dan himpunan *fuzzy* tersebut berisikan rentang variabel masukan.

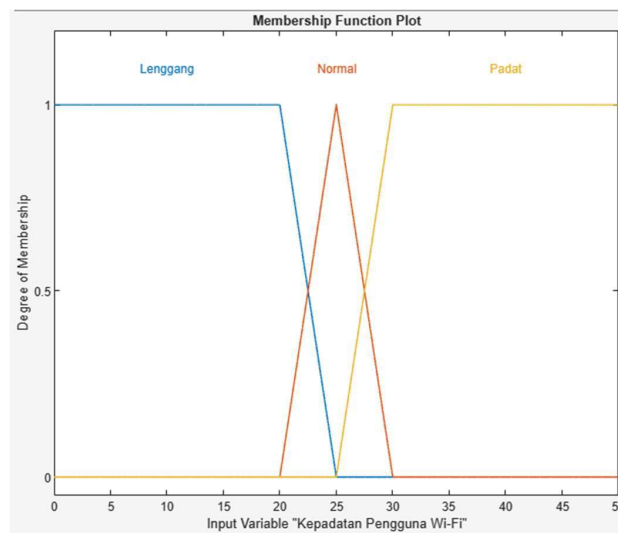
Variabel masukan berupa QoS dari Wi-Fi dan variabel jumlah pengguna Wi-Fi memiliki himpunan *fuzzy* seperti pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Semesta pembicaraan dan semesta domain pada himpunan *fuzzy*.

Variabel	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Semesta Pembicaraan	Domain
	Lenggang	[0-50]	[0 – 25]

Variabel	Himpunan Fuzzy	Semesta Pembicaraan	Domain
Kepadatan Pengguna Wi-Fi	Normal		[20 – 30]
	Padat		[25 – 50]
QoS (<i>Quality of Service</i>) dari Wi-Fi	Buruk	[1 – 4]	[1 – 2]
	Sedang		[1,5 – 3]
	Bagus		[2,5 – 3,7]
	Sangat Bagus		[3,5 – 4]

Dengan menggunakan fungsi keanggotaan *fuzzy* Persamaan (2.6) untuk bentuk bahu dan Persamaan (2.7) untuk bentuk segitiga, akan didapat derajat keanggotaan (μ) himpunan *fuzzy* yang merepresentasikan nilai numerik input menjadi himpunan linguistik . Gambar 3.3 dan Gambar 3.4 merupakan fungsi keanggotaan untuk variabel jumlah pengguna Wi-Fi dan QoS dari Wi-Fi.



Gambar 3.4 Fungsi keanggotaan variabel jumlah pengguna Wi-Fi.

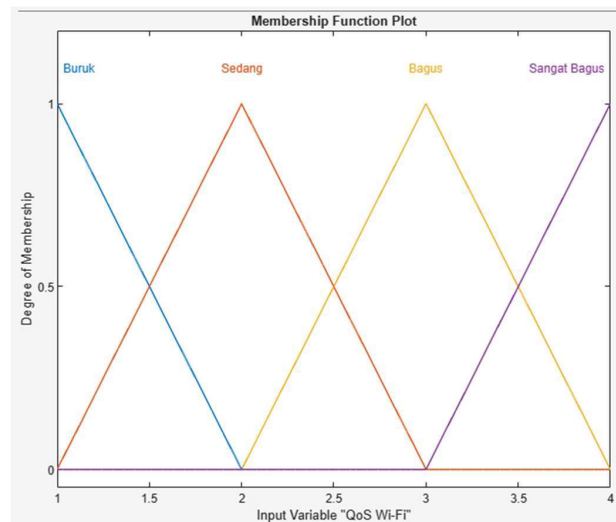
Berdasarkan kurva fungsi keanggotaan Gambar 3.3 terkait jumlah pengguna, fungsi keanggotaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\mu_{tenggang}(x_1) = \begin{cases} 1, & x_1 \leq 20 \\ \frac{25 - x_1}{5}, & 20 < x_1 < 25 \\ 0, & x_1 \geq 25 \end{cases} \quad (3.3)$$

$$\mu_{bagus}(x_2) = \begin{cases} 0, & x_2 \leq 20 \text{ atau } x_2 \geq 30 \\ \frac{x_2 - 20}{5}, & 20 < x_2 < 25 \\ \frac{30 - x_2}{5}, & 25 < x_2 < 30 \end{cases} \quad (3.4)$$

$$\mu_{sangat\ bagus}(x_2) = \begin{cases} 0, & x_2 \leq 25 \\ \frac{x_2 - 3}{5}, & 3 < x_2 < 4 \\ 1, & x_2 \geq 30 \end{cases} \quad (3.5)$$

Fungsi keanggotaan dari QoS Wi-Fi digambarkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.5 Fungsi keanggotaan variabel QoS dari Wi-Fi.

Berdasarkan kurva fungsi keanggotaan Gambar 3.4, fungsi keanggotaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\mu_{buruk}(x_2) = \begin{cases} 1, & x_2 \leq 1 \\ \frac{2 - x_2}{1}, & 1 < x_2 < 2 \\ 0, & x_2 \geq 2 \end{cases} \quad (3.6)$$

$$\mu_{sedang}(x_2) = \begin{cases} 0, & x_2 \leq 1 \text{ atau } x_2 \geq 3 \\ \frac{x_2 - 1}{1}, & 1 < x_2 < 2 \\ \frac{3 - x_2}{1}, & 2 < x_2 < 3 \end{cases} \quad (3.7)$$

$$\mu_{bagus}(x_2) = \begin{cases} 0, & x_2 \leq 2 \text{ atau } x_2 \geq 4 \\ \frac{x_2 - 2}{1}, & 2 < x_2 < 3 \\ \frac{4 - x_2}{1}, & 3 < x_2 < 4 \end{cases} \quad (3.8)$$

$$\mu_{sangat\ bagus}(x_2) = \begin{cases} 0, & x_2 \leq 3 \\ \frac{x_2 - 3}{1}, & 3 < x_2 < 4 \\ 1, & x_2 \geq 4 \end{cases} \quad (3.9)$$

3. Aturan Fuzzy

Pada penelitian ini, digunakan aturan berbentuk **jika-maka** (*if-then*) dengan menggunakan operator “AND”. Pada proses pembentukan aturan fuzzy hal pertama yang dapat dilakukan adalah mengidentifikasi variabel masukan dan variabel *output*. Dengan variabel masukan yang terdiri dari jumlah pengguna Wi-Fi (lenggang, normal, padat) dan QoS dari Wi-Fi (sangat bagus, bagus, sedang, buruk), bentuk matriks aturan fuzzy yang akan bentuk berukuran 3 x 4. Dengan demikian, aturan yang terbentuk dari matriks tersebut akan berukuran 12 aturan fuzzy.

Tabel 3.3 Matriks aturan fuzzy

		QoS			
		Sangat Bagus	Bagus	Sedang	Buruk
Jumlah Pengguna	Lenggang	R1	R2	R3	R4
	Normal	R5	R6	R7	R8
	Padat	R9	R10	R11	R12

Berikut merupakan aturan yang digunakan pada penelitian ini.

[R1] **Jika** jumlah pengguna Wi-Fi **lenggang** dan QoS dari Wi-Fi **sangat bagus, maka** kualitas sinyal sangat **tinggi**.

- [R2] **Jika** jumlah pengguna Wi-Fi **legang** dan QoS dari Wi-Fi **bagus**, **maka** kualitas sinyal cukup **tinggi**.
- [R3] **Jika** jumlah pengguna Wi-Fi **legang** dan QoS dari Wi-Fi **sedang**, **maka** kualitas sinyal **sedang**.
- [R4] **Jika** jumlah pengguna Wi-Fi **legang** dan QoS dari Wi-Fi **buruk**, **maka** kualitas sinyal cukup **rendah**.
- [R5] **Jika** jumlah pengguna Wi-Fi **normal** dan QoS dari Wi-Fi **sangat bagus**, **maka** kualitas sinyal cukup **tinggi**.
- [R6] **Jika** jumlah pengguna Wi-Fi **normal** dan QoS dari Wi-Fi **bagus**, **maka** kualitas sinyal **sedang**.
- [R7] **Jika** jumlah pengguna Wi-Fi **normal** dan QoS dari Wi-Fi **sedang**, **maka** kualitas sinyal **sedang**.
- [R8] **Jika** jumlah pengguna Wi-Fi **normal** dan QoS dari Wi-Fi **buruk**, **maka** kualitas sinyal sangat **rendah**.
- [R9] **Jika** jumlah pengguna Wi-Fi **padat** dan QoS dari Wi-Fi **sangat bagus**, **maka** kualitas sinyal **sedang**.
- [R10] **Jika** jumlah pengguna Wi-Fi **padat** dan QoS dari Wi-Fi **bagus**, **maka** kualitas sinyal cukup **rendah**.
- [R11] **Jika** jumlah pengguna Wi-Fi **padat** dan QoS dari Wi-Fi **sedang**, **maka** kualitas sinyal cukup **rendah**.
- [R12] **Jika** jumlah pengguna Wi-Fi **padat** dan QoS dari Wi-Fi **buruk**, **maka** kualitas sinyal sangat **rendah**.

Berdasarkan operasi “AND” yang digunakan pada evaluasi aturan di atas, diperoleh *fire strength*. *Fire strength* tersebut diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antara elemen yang ada pada himpunan fuzzy tersebut. Berikut ini merupakan *fire strength* dari masing-masing aturan.

$$[R1] = \min(\mu_{legang}(x_1), \mu_{sangat\ bagus}(x_2))$$

$$[R2] = \min(\mu_{legang}(x_1), \mu_{bagus}(x_2))$$

$$[R3] = \min(\mu_{legang}(x_1), \mu_{sedang}(x_2))$$

$$[R4] = \min(\mu_{legang}(x_1), \mu_{buruk}(x_2))$$

$$[R5] = \min(\mu_{normal}(x_1), \mu_{sangat\ bagus}(x_2))$$

$$[R6] = \min(\mu_{normal}(x_1), \mu_{bagus}(x_2))$$

$$[R7] = \min(\mu_{normal}(x_1), \mu_{sedang}(x_2))$$

$$[R8] = \min(\mu_{normal}(x_1), \mu_{buruk}(x_2))$$

$$[R9] = \min(\mu_{padat}(x_1), \mu_{sangat\ bagus}(x_2))$$

$$[R10] = \min(\mu_{padat}(x_1), \mu_{bagus}(x_2))$$

$$[R11] = \min(\mu_{padat}(x_1), \mu_{sedang}(x_2))$$

$$[R12] = \min(\mu_{padat}(x_1), \mu_{buruk}(x_2))$$

Nilai x_1 dan x_2 masing-masing merupakan nilai dari jumlah pengguna Wi-Fi dan QoS dari Wi-Fi. Dalam pemberian nilai variabel keluaran (kualitas sinyal internet), variabel tersebut dibagi menjadi ke dalam lima tingkatan nilai dengan nilai masing-masing sebagai berikut.

$$z_1 \text{ (kualitas sinyal internet dari Wi-Fi sangat rendah)} = 20$$

$$z_2 \text{ (kualitas sinyal internet dari Wi-Fi cukup rendah)} = 40$$

$$z_3 \text{ (kualitas sinyal internet dari Wi-Fi sedang)} = 60$$

$$z_4 \text{ (kualitas sinyal internet dari Wi-Fi cukup tinggi)} = 80$$

$$z_5 \text{ (kualitas sinyal internet dari Wi-Fi sangat tinggi)} = 100$$

Dengan demikian, semakin tinggi kekuatan sinyal internet yang dihasilkan, maka semakin tinggi juga bobot sisi yang diperoleh dari keluaran *fuzzy*.

4. Defuzzifikasi

Setelah menentukan aturan yang akan dievaluasi dalam proses *logika fuzzy*, dilakukan proses defuzzifikasi. Defuzzifikasi merupakan penentuan bobot dari setiap sisi. Pada penelitian ini, output *fuzzy* diperoleh dengan menggunakan metode *weighted average* seperti Persamaan (2.9).

Tahap II: Penempatan Router Wi-Fi Menggunakan Metode *Sequential Search*

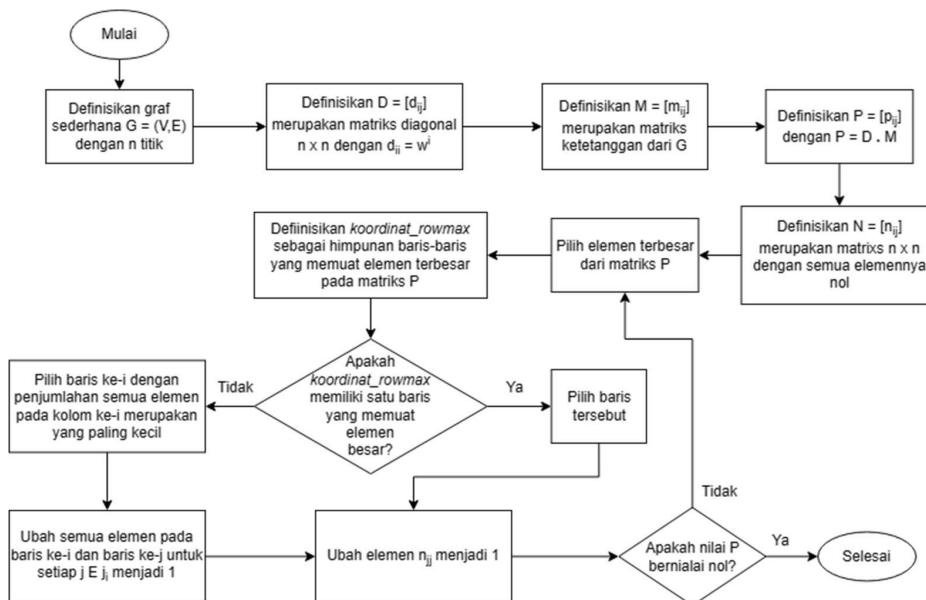
Penentuan posisi *router* Wi-Fi di Gedung FPMIPA A UPI ditentukan dengan dua parameter, yaitu urgensi penempatan *router* Wi-Fi dan bobot pemasangan *router* Wi-Fi. Nilai urgensi penempatan *router* diperoleh dari penjumlahan bobot dari sisi-sisi yang terkait dengan titik tersebut. Urgensi di titik x_i dapat dituliskan sebagai u_i yang menyatakan seberapa penting titik x_i dipasang *router* Wi-Fi. Sedangkan bobot pemasangan *router* Wi-Fi (w_i) dapat dituliskan sebagai selisih

antara biaya pemasangan dan biaya reduksi perbiaya pemasangan. Persamaan 3.10 merupakan persamaan matematis dari bobot pemasangan *router* Wi-Fi (w_i).

$$w_i = 100 \left(\frac{c_i - d_i}{c_i} \right) \quad (3.10)$$

di mana w_i merupakan bobot pemasangan *router* Wi-Fi di titik x_i , c_i merupakan biaya pemasangan *router* Wi-Fi di titik x_i , dan d_i merupakan biaya reduksi berdasarkan urgensi pemasangan *router* Wi-Fi di titik x_i . Berdasarkan Persamaan (3.10) tersebut, bobot pemasangan *router* Wi-Fi (w_i) di setiap titik akan memiliki nilai dengan rentang $[0,100]$. Hal tersebut dikarenakan nilai kategori biaya pemasangan selalu lebih besar dari pada nilai parameter biaya reduksi.

Biaya pemasangan *router* Wi-Fi (c_i) dibagi menjadi dua kategori berdasarkan ada atau tidaknya *router* di titik tersebut. Biaya pemasangan dikategorikan rendah apabila pada titik tersebut sudah ada *router* Wi-Fi yang terpasang. Biaya pemasangan dikategorikan tinggi apabila pada titik tersebut tidak terdapat *router* Wi-Fi yang terpasang. Adapun biaya reduksi (d_i) yang dibagi sesuai dengan nilai urgensi di titik x_i . Algoritma yang digunakan dalam penentuan lokasi penempatan *router* Wi-Fi digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3.5.

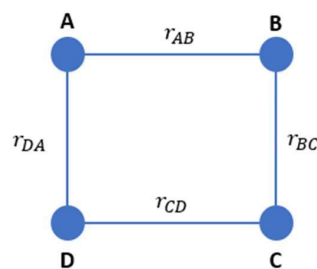


Gambar 3.6 Diagram alir penentuan lokasi menggunakan metode *sequential search*.

3.7 Contoh Kasus dan Penyelesaian

Bagian ini membahas contoh kasus pengimplementasian logika *fuzzy* Sugeno dan metode *sequential search* dalam mengoptimalkan kinerja Wi-Fi dengan cara menentukan posisi *router* yang ideal. Implementasi logika *fuzzy* Sugeno dan metode *sequential search* akan diaplikasikan pada sebuah data *dummy* berbentuk graf persegi empat pada Gambar 3.7. Pada Gambar 3.7 tersebut, titik A diasumsikan telah terpasang *router* Wi-Fi, sementara titik B, C, dan D belum terpasang *router* Wi-Fi. Oleh karena itu akan dicari penempatannya lokasi *router* Wi-Fi sehingga Wi-Fi dapat mencakup area seluas-luasnya pada Gambar 4.1.

Berdasarkan graf pada Gambar 4.1, data terkait parameter QoS dari Wi-Fi seperti *jitter*, *delay*, *throughput*, dan *packet loss* akan diambil dan dianalisis mejadi indeks QoS. Selain itu, data pengguna Wi-Fi di setiap sisi graf akan diambil dan diolah, sehingga mendapatkan bobot setiap sisi yang merupakan keluaran *fuzzy*. Data terkait parameter QoS dan jumlah pengguna Wi-Fi di setiap sisi dapat dilihat pada Tabel 3.3.



Gambar 3.7 Ilustrasi graf sederhana untuk contoh permasalahan.

Tabel 3.4 Data parameter kinerja Wi-Fi dan jumlah pengguna pada wilayah observasi

Sisi	Parameter	Nilai Parameter	Indeks	Nilai QoS	Jumlah Pengguna
r_{AB}	<i>Throughput</i>	39,7 Mbps	4	3,75	50
	<i>Packet Loss</i>	0,7	4		
	<i>Delay</i>	80 ms	4		
	<i>Jitter</i>	27	3		
r_{BC}	<i>Throughput</i>	15 Mbps	3	2,75	40
	<i>Packet Loss</i>	9	3		

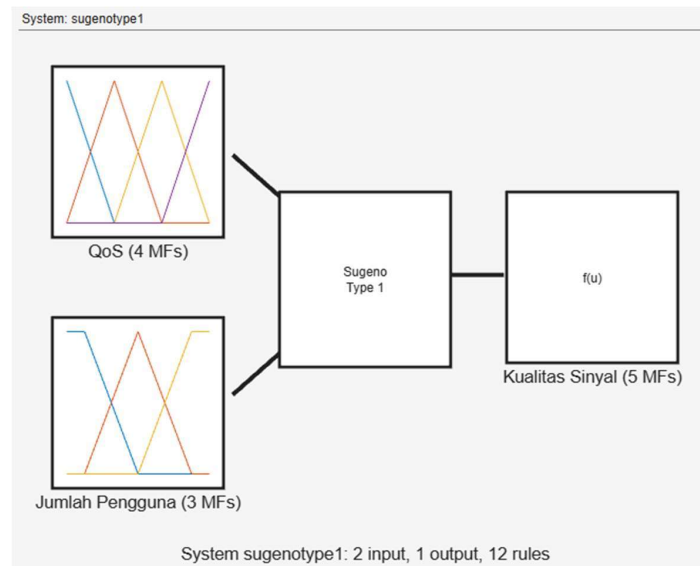
Sisi	Parameter	Nilai Parameter	Indeks	Nilai QoS	Jumlah Pengguna
	<i>Delay</i>	196 ms	3		
	<i>Jitter</i>	78	2		
r_{CD}	<i>Throughput</i>	10 Mpbs	3	2,5	35
	<i>Packet Loss</i>	16	2		
	<i>Delay</i>	233 ms	3		
	<i>Jitter</i>	96	2		
r_{DA}	<i>Throughput</i>	38 Mbps	4	3,5	20
	<i>Packet Loss</i>	2,1	3		
	<i>Delay</i>	112 ms	4		
	<i>Jitter</i>	32	3		

Tahap I: Hasil Pembobotan Pada Graf Menggunakan Logika *Fuzzy* Sugeno

1. Pembentukan himpunan *fuzzy* (Fuzzifikasi)

Langkah pertama yang akan dilakukan adalah pembentukan himpunan *fuzzy* untuk masing-masing variabel. Himpunan *fuzzy* yang dibentuk terdiri dari variabel Nilai QoS Wi-Fi dan jumlah pengguna seperti pada Tabel 3.2. Berdasarkan himpunan *fuzzy* yang telah dibentuk, maka akan diperoleh representasi kurva untuk masing-masing variabel seperti pada Gambar 3.4 untuk variabel nilai QoS dari Wi-Fi dan Gambar 3.3 untuk variabel jumlah pengguna Wi-Fi.

Dalam penyelesaian permasalahan, proses fuzzifikasi data dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak MATLAB R2023b. Gambar 4.2 di bawah ini merupakan bentuk proses fuzzifikasi pada MATLAB R2023b. Selain itu, logika *fuzzy* yang digunakan untuk menyelesaikan masalah adalah logika *fuzzy* Sugeno.



Gambar 3.8 Tahap fuzzifikasi menggunakan MATLAB R2023b

Langkah selanjutnya yang dapat dilakukan adalah penentuan derajat keanggotaan variabel nilai QoS dari WiFi dan jumlah pengguna Wi-Fi. Secara matematis, perhitungan derajat keanggotaan dari setiap variabel dapat dilakukan dengan mengikuti fungsi keanggotaan. Berikut ini merupakan contoh perhitungan derajat keanggotaan dengan perhitungan manual untuk variabel QoS dari Wi-Fi dengan nilai 3,75 dengan menggunakan Persamaan (3.6) hingga Persamaan (3.9) untuk masing-masing himpunan *fuzzy* QoS.

$$\mu_{bagus}(3,75) = \frac{4 - 3,75}{1} = 0,25 \quad (3.11)$$

$$\mu_{sangat\ bagus}(3,75) = \frac{3,75 - 3}{1} = 0,75 \quad (3.12)$$

Untuk variabel jumlah pengguna Wi-Fi, perhitungan matematis derajat keanggotaan dapat dilakukan sebagai berikut dengan jumlah pengguna sebanyak 50 dengan menggunakan Persamaan (3.6) hingga Persamaan (3.9) untuk masing-masing himpunan *fuzzy* jumlah pengguna.

$$\mu_{lenggang}(50) = 0 \quad (3.13)$$

$$\mu_{normal}(50) = 0 \quad (3.14)$$

$$\mu_{padat}(50) = 1 \quad (3.15)$$

2. Inferensi

Proses inferensi dilakukan dengan menggunakan logika *fuzzy* Sugeno dengan aturan *fuzzy* yang terbentuk adalah jika-maka dan menggunakan operator **AND**, seperti pada Gambar 3.3.

	Rule	Weight	Name
1	If QoS is Sangat Bagus and Jumlah Pengguna is Lenggang then Kualitas Sinyal is Sangat Tinggi	1	rule1
2	If QoS is Bagus and Jumlah Pengguna is Lenggang then Kualitas Sinyal is Cukup Tinggi	1	rule2
3	If QoS is Sedang and Jumlah Pengguna is Lenggang then Kualitas Sinyal is Sedang	1	rule3
4	If QoS is Buruk and Jumlah Pengguna is Lenggang then Kualitas Sinyal is Cukup Rendah	1	rule4
5	If QoS is Sangat Bagus and Jumlah Pengguna is Normal then Kualitas Sinyal is Cukup Tinggi	1	rule5
6	If QoS is Bagus and Jumlah Pengguna is Normal then Kualitas Sinyal is Sedang	1	rule6
7	If QoS is Sedang and Jumlah Pengguna is Normal then Kualitas Sinyal is Sedang	1	rule7
8	If QoS is Buruk and Jumlah Pengguna is Normal then Kualitas Sinyal is Sangat Rendah	1	rule8
9	If QoS is Sangat Bagus and Jumlah Pengguna is Padat then Kualitas Sinyal is Sedang	1	rule9
10	If QoS is Bagus and Jumlah Pengguna is Padat then Kualitas Sinyal is Cukup Rendah	1	rule10
11	If QoS is Sedang and Jumlah Pengguna is Padat then Kualitas Sinyal is Cukup Rendah	1	rule11
12	If QoS is Buruk and Jumlah Pengguna is Padat then Kualitas Sinyal is Sangat Rendah	1	rule12

Gambar 3.9 Pembentukan aturan *fuzzy* (MATLAB R2023b)

Berdasarkan aturan *fuzzy* yang telah dibentuk, *rule inference* dari proses inferensi dapat diperoleh seperti pada Gambar 3.10. Keluaran dari sistem *fuzzy* yang terbentuk adalah kualitas sinyal internet Wi-Fi yang akan digunakan sebagai pembobotan sisi pada graf.

Dengan aturan *fuzzy* tersebut, akan dibuat *fire strength* untuk masing masing aturan, seperti berikut ini. Pada permasalahan ini, contoh *fire strength* yang ditampilkan merupakan sisi r_{ab} (QoS = 3,75 dan jumlah pengguna = 50) dari graf Gambar 3.7.

$$[R1] = \min(\mu_{lenggang}(50), \mu_{sangat\ bagus}(3,75)) = \min(0; 0,75) = 0$$

$$[R2] = \min(\mu_{lenggang}(50), \mu_{bagus}(3,75)) = \min(0; 0,25) = 0$$

$$[R3] = \min(\mu_{lenggang}(50), \mu_{sedang}(3,75)) = \min(0; 0) = 0$$

$$[R4] = \min(\mu_{lenggang}(50), \mu_{buruk}(3,75)) = \min(0; 0) = 0$$

$$[R5] = \min(\mu_{normal}(50), \mu_{sangat\ bagus}(3,75)) = \min(0; 0,75) = 0$$

$$[R6] = \min(\mu_{normal}(50), \mu_{bagus}(3,75)) = \min(0; 0,25) = 0$$

$$[R7] = \min(\mu_{normal}(50), \mu_{sedang}(3,75)) = \min(0; 0) = 0$$

$$[R8] = \min(\mu_{normal}(50), \mu_{buruk}(3,75)) = \min(0; 0) = 0$$

$$[R9] = \min(\mu_{padat}(50), \mu_{sangat\ bagus}(3,75)) = \min(1; 0,75) = 0,75$$

$$[R10] = \min(\mu_{padat}(50), \mu_{bagus}(3,75)) = \min(1; 0,25) = 0,25$$

$$[R11] = \min(\mu_{padat}(50), \mu_{sedang}(3,75)) = \min(1; 0) = 0$$

$$[R12] = \min(\mu_{padat}(50), \mu_{buruk}(3,75)) = \min(1; 0) = 0$$

Langkah selanjutnya adalah menentukan variabel keluaran (kualitas sinyal internet) berdasarkan aturan fuzzy yang telah dibentuk pada Gambar 3.9. Berdasarkan aturan *fuzzy* di atas, variabel keluaran dari masing-masing aturan tersebut ialah:

$$[R1] = z_5 = 100$$

$$[R2] = z_4 = 80$$

$$[R3] = z_3 = 60$$

$$[R4] = z_2 = 40$$

$$[R5] = z_4 = 80$$

$$[R6] = z_3 = 60$$

$$[R7] = z_3 = 60$$

$$[R8] = z_1 = 20$$

$$[R9] = z_3 = 60$$

$$[R10] = z_2 = 40$$

$$[R11] = z_2 = 40$$

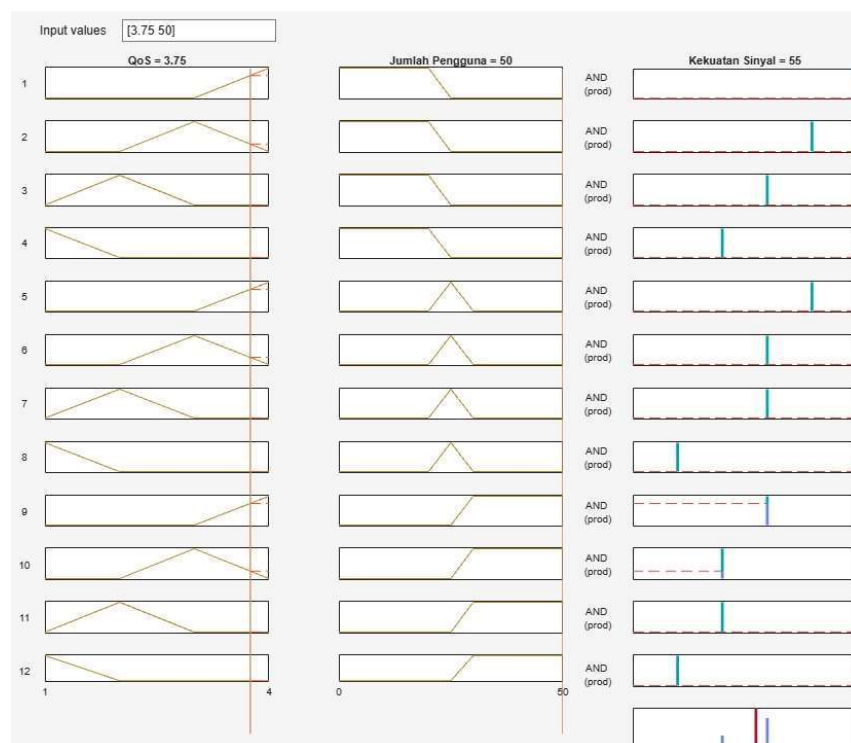
$$[R12] = z_1 = 20$$

Untuk mencari bobot dari sisi r_{ab} , akan digunakan Persamaan (2.9). Dengan demikian, bobot dari sisi r_{ab} sebagai berikut.

$$b_{AD} = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + (60 \times 0,75) + (40 \times 0,25)}{1} \quad (3.16)$$

$$b_{AD} = 55 \quad (3.17)$$

Adapun proses *fire strength* dan pembobotan untuk sisi r_{ab} yang dilakukan dengan menggunakan MATLAB R2023b, seperti Gambar 3.10. Pada Gambar 3.10 tersebut, jika QoS dari Wi-Fi bernilai 3.75 dan pengguna Wi-Fi pada sisi tersebut sebanyak 50 orang, maka diperoleh bobot atau kualitas sinyal pada sisi tersebut adalah 55. Dengan demikian, perhitungan manual yang diperoleh sebelumnya sesuai dengan perhitungan menggunakan MATLAB R2023b.



Gambar 3.10 Hasil pembobotan (*rule view*) setiap sisi pada graf (MATLAB R2023b)

Dengan menggunakan langkah yang sama seperti sisi r_{AB} , bobot dari sisi lain (r_{BC} , r_{CD} , dan r_{DA}) dapat dihitung juga.. Tabel 3.5 merupakan bobot setiap sisi pada graf yang menyatakan kualitas sinyal internet pada sisi tersebut.

Tabel 3.5 Bobot setiap sisi pada graf.

Sisi	b_{ij}
r_{AB}	55
r_{BC}	46,7
r_{CD}	40
r_{DA}	63,3

Tahap II: Penentuan Lokasi *Router* Wi-Fi Menggunakan Metode *Sequential Search*

Pada proses penentuan lokasi pemasangan *router* Wi-Fi yang optimal, perlu dilakukan perhitungan bobot pemasangan *router* Wi-Fi (w_i) di setiap titik pada graf terlebih dahulu. Bobot lokasi pemasangan *router* Wi-Fi (w_i) tersebut merupakan selisih antara biaya pemasangan dengan biaya reduksi perbiaya pemasangan. Biaya pemasangan akan dikategorikan menjadi dua, yaitu biaya pemasangan tinggi apabila di titik tersebut tidak ada *router* Wi-Fi yang terpasang dan biaya pemasangan rendah apabila di titik tersebut ada *router* Wi-Fi yang terpasang. Kategori biaya pemasangan tersebut memiliki nilai parameter yang tertera pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Nilai untuk masing-masing kategori biaya pemasangan.

Nilai (c_i)	Kategori
30	Biaya pemasangan rendah
50	Biaya pemasangan tinggi

Pada permasalahan ini, *router* Wi-Fi sudah terpasang di titik A. Dengan demikian, titik A memiliki biaya pemasangan yang rendah.

Langkah selanjutnya yang dapat dilakukan adalah menentukan nilai urgensi pemasangan *router* di setiap titik (u_i). Nilai urgensi yang digunakan merupakan hasil mutlak selisih antara penjumlahan bobot sisi yang terkait dengan titik tersebut dengan nilai bobot maksimum di titik tersebut. Secara matematis nilai urgensi pada permasalahan ini dapat dituliskan sebagai berikut.

$$u_i = \lfloor \text{jumlah bobot sisi pada } x_i - \text{max bobot} \rfloor \quad (3.18)$$

Urgensi untuk masing-masing titik pada graf Gambar 4.1 ditunjukkan pada Tabel 3.6. Nilai urgensi pada Tabel 3.7 digunakan untuk menentukan parameter biaya reduksi. Biaya reduksi dapat dikategorikan menjadi dua nilai pada titik-titik tersebut.

Tabel 3.7 Urgensi di setiap sisi pada graf.

Titik	Total Bobot di Setiap Titik	Urgensi (u_i)
A	118,3	81,7
B	101,7	98,3
C	86,7	113,3
D	103,3	96,7

Angka di setiap parameter biaya reduksi ditentukan berdasarkan nilai kuartil satu ($Q1$) = 89,2, kuartil dua atau median ($Q2$) = 97,5, dan kuartil tiga ($Q3$) = 96,7 yang diperoleh dari nilai urgensi di setiap titik. Tabel 3.7 merupakan nilai untuk parameter biaya reduksi yang digunakan pada permasalahan.

Tabel 3.8 Nilai untuk parameter biaya reduksi.

Biaya Reduksi (d_i)	Kategori
0	$u_i = 0$
5	$0 < u_i \leq 89$
10	$89 < u_i \leq 98$
15	$98 < u_i \leq 106$
20	$u_i > 106$

Berdasarkan Tabel 3.8, apabila nilai urgensi di suatu titik graf bernilai 0, maka biaya reduksi di titik tersebut akan bernilai 0. Dengan demikian, titik tersebut tidak akan di pasang *router* Wi-Fi dan memiliki nilai bobot pemasangan *router* Wi-Fi (w_i) yang maksimum.

Apabila kategori biaya pemasangan dan parameter biaya reduksi telah ditentukan, maka langkah selanjutnya yang dapat dilakukan adalah menentukan bobot pemasangan *router* Wi-Fi di masing-masing titik graf menggunakan

Persamaan 3.10. Tabel 3.9 merupakan hasil penentuan bobot pemasangan *router* Wi-Fi di setiap titik graf Gambar 3.7.

Tabel 3.9 Hasil bobot pemasangan *router* Wi-Fi untuk setiap titik pada graf.

Titik	Bobot Pemasangan Router Wi-Fi (wi)
A	90
B	67
C	33
D	67

Hasil bobot pemasangan *router* pada Tabel 3.9 akan dibuat menjadi sebuah matriks berukuran 4 x 4. Matriks tersebut akan digunakan dalam proses pencarian posisi dengan metode *Sequential Search*. Berikut merupakan matriks hasil bobot pemasangan *router* dari Tabel 3.9

$$\begin{bmatrix} 90 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 67 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 33 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 67 \end{bmatrix}$$

Langkah selanjutnya yang dapat dilakukan adalah menentukan matriks ketetanggaan untuk graf pada Gambar 3.7. Matriks ketetanggaan merupakan matriks yang merepresentasikan ketetanggaan antar simpul. M_{ij} akan bernilai 1 apabila i dan j saling bertetangga, sedangkan M_{ij} bernilai 0 apabila i dan j tidak saling bertetangga. Berikut ini merupakan matriks ketetanggaan dari graf pada Gambar 3.7.

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Dengan menggunakan bantuan bahasa pemrograman Python dan pustaka Numpy serta Pandas, matriks keluaran yang diperoleh dari metode *Sequential Search* adalah sebagai berikut. Matriks keluaran tersebut berupa matriks simetris $n \times n$ ($N = [n_{ij}]$) dengan $n_{ij} = 0$ untuk setiap $i \neq j$ dan $n_{ii} \in \{0,1\}$.

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Gambar 3.11 Matrik keluaran lokasi pemasangan *router* Wi-Fi

Berdasarkan Gambar 3.11, dapat dilihat bahwa terdapat dua elemen diagonal matriks N yang bernilai 1. Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat dua titik yang akan dipasang *router* Wi-Fi. Berikut merupakan hasil penentuan lokasi yang optimal untuk pemasangan *router*.

Tabel 3.10 Hasil penentuan lokasi *router* Wi-Fi.

Titik (x_i)	Nilai
A	0
B	1
C	0
D	1

Perhatikan Tabel 3.10, jika variabel x_i bernilai 1, maka *router* Wi-Fi dipasang di titik x_i dan apabila variabel keputusan x_i bernilai 0, maka *router* Wi-Fi tidak dipasang di titik x_i . Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Tabel 3.9, *router* Wi-Fi akan dipasang pada titik A dan titik B dengan pemindahan *router* pada titik A dan penambahan satu buah *router*.