

PEMILIHAN PRIORITAS LAYANAN QOS DENGAN PENDEKATAN METODE FUZZY ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (FAHP) DAN TOPSIS

Budi Dwi Satoto^{1*}, Mukhamad Khoironi²

^{*12}Program Studi Sistem Informasi, Universitas Trunojoyo, Bangkalan,
Jl. Raya Telang PO BOX 2 Kamal, Kode pos 69162

*E-mail : budids@gmail.com

ABSTRAK

Internet of Things dikenal juga dengan singkatan IoT merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. Untuk mendukung iot diperlukan analisa QoS yang baik. Quality of Service (QoS) didefinisikan sebagai suatu pengukuran tentang seberapa baik jaringan komputer memberikan layanan. QoS didesain untuk membantu end user menjadi lebih produktif dengan memastikan bahwa end user mendapatkan performansi yang handal dari aplikasi berbasis jaringan. Metode FAHP (Fuzzy Analytical Hierarchy Process) digunakan untuk mendapatkan bobot dari beberapa kriteria yang telah ditentukan. Setelah menentukan bobot, selanjutnya data diolah menggunakan model keputusan yaitu TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). Metode ini digunakan untuk memberikan penilaian alternatif yang akan dipilih berdasarkan bobot dengan peringkat. Kedua metode dikombinasikan untuk menghasilkan suatu proses sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Integrasi pendekatan FAHP dan TOPSIS dapat memberikan bobot yang sesuai kriteria dan memberikan hasil seleksi yang baik. Adapun hasilnya dari beberapa access point di LAB yang dipantau menunjukkan nilai rata rata QoS hasil uji verifikasi berkisar pada 86% setelah dilakukan perbaikan instalasi.

Kata kunci: Internet of thing, FAHP, TOPSIS, Quality of Service

ABSTRAK

Internet of Things is also known by the acronym IOT is a concept that aims to extend the benefits of Internet connectivity are connected continuously. IOT needed to support good QoS analysis. Quality of Service (QoS) is defined as a measure of how well a computer network to provide service. QoS is designed to help end users become more productive by ensuring that end users get reliable performance of network-based applications. FAHP method (Fuzzy Analytical Hierarchy Process) is used to get the weights of some predetermined criteria. After determining the weight, then the data is processed using a decision model that TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). This method is used to provide an assessment of alternatives will be chosen based on the weight of the ratings. Both methods are combined to produce a process according to desired criteria. Integration FAHP and TOPSIS approach can give appropriate weight selection criteria and give good results. As a result of multiple access points in LAB monitored shows the average value of QoS for verification result ranges at 86% after the repair install

Keywords : Internet of thing, FAHP, TOPSIS, Quality of Service

PENDAHULUAN

Internet of Things (IoT) adalah sebuah istilah yang belakangan ini mulai ramai ditemui namun masih banyak yang belum mengerti arti dari istilah ini. Sebetulnya hingga saat ini belum ada pengertian atau definisi standar mengenai Internet of Things, namun secara singkat Internet of Things bisa dibidang adalah di mana benda-benda di sekitar kita dapat berkomunikasi antara satu sama lain melalui sebuah jaringan internet (Jun et al., 2013).

Adapun masalahnya adalah service pelayanan internet of things di daerah belum cukup memadai untuk dapat menggunakan fasilitas ini dengan baik dikarenakan berbagai keterbatasan diantaranya keterbatasan perangkat, infrastruktur dan pelayanan (Beevi, 2016). Beberapa alasan mengapa kita memerlukan QoS adalah Untuk memberikan prioritas aplikasi kritis pada jaringan, Untuk memaksimalkan penggunaan investasi jaringan yang sudah ada, Untuk meningkatkan performansi untuk aplikasi-aplikasi yang sensitif terhadap delay, seperti Voice dan Video dan Untuk merespon terhadap adanya perubahan-perubahan pada aliran traffic di jaringan Adapun rencana pemecahan masalahnya adalah bagaimana cara untuk dapat mengukur tingkat kepuasan pelayanan Internet of things berdasarkan infrastruktur yang tersedia (Rafique and Shah, 2016) dan Tujuan dari penelitian ini adalah mengukur tingkat keberhasilan pelayanan IoT di daerah.

Pengambilan keputusan yang digunakan dijadikan contoh prototype pelayanan yang diinginkan pengguna. Proses pemilihan, diantara menggunakan berbagai alternatif aksi yang bertujuan untuk memenuhi satu atau beberapa sasaran. Sistem pengambilan keputusan memiliki 4 fase, yaitu intelligence, design, choice, dan implementation. Fase 1 sampai 3 merupakan dasar pengambilan keputusan, yang diakhiri dengan suatu rekomendasi. Pemecahan masalah serupa dengan pengambilan keputusan ditambah dengan implementasi dari rekomendasi. Pemecahan masalah tak hanya mengacu ke solusi dari area masalah / kesulitan tapi mencakup juga pada penyelidikan mengenai kesempatan yang ada (Negi and Chandra, 2014).

Ada banyak metode yang dapat digunakan dalam sistem rekomendasi. Dan setiap metode mempunyai keunggulan masing-masing. FAHP

(Fuzzy Analytical Hierarchy Process) merupakan pengembangan dari metode AHP (Analytical Hierarchy Process) yang didalamnya terdapat penerapan dari logika fuzzy. Sedangkan TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) merupakan metode yang didasarkan pada konsep dimana alternatif terpilih yang terbaik tidak hanya memiliki jarak terpendek dari solusi ideal positif (PIS), namun juga memiliki jarak terpanjang dari solusi ideal negatif (NIS). Kedua metode tersebut digabungkan untuk menghasilkan proses yang sesuai dengan kriteria dan alternatif yang diinginkan. (Sasirekha and Ilanzkumaran, 2013)

Tipe Artikel

Quality of Service (QoS)

Merupakan kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang baik dengan menyediakan bandwidth, mengatasi jitter dan delay. Parameter QoS adalah latency, jitter, packet loss, *throughput*, *Mean opinion score (MOS)*, *echo cancellation* dan *Post Dial Delay (PDD)*. QoS sangat ditentukan oleh kualitas jaringan yang digunakan (Xu et al., 2016). Terdapat beberapa factor yang dapat menurunkan nilai QoS, seperti : Redaman, Distorsi, dan Noise. Tujuan dari *QoS* adalah untuk memenuhi kebutuhan layanan yang berbeda, yang menggunakan infrastruktur yang sama. *QoS* menawarkan kemampuan untuk mendefinisikan atribut-atribut layanan yang disediakan, baik secara *kualitatif* maupun *kuantitatif*. (Ramneek et al., 2016)

AHP (Analytical Hierarchy Process)

AHP adalah salah satu metode MADM (Multiple Attribute Decision Making) yang dikembangkan oleh Saaty pada tahun 2000. AHP digunakan untuk pemecahan suatu masalah atau persoalan kompleks yang tidak terstruktur, strategic, dan dinamik menjadi bagian-bagiannya, serta menata dalam suatu hierarki. Kemudian tingkat kepentingan setiap variabel diberi nilai numerik secara subjektif tentang arti penting variabel tersebut secara relatif dibandingkan dengan variabel lain. Dari berbagai pertimbangan tersebut kemudian dilakukan sintesa untuk menetapkan variabel yang memiliki prioritas tinggi dan berperan untuk mempengaruhi hasil pada sistem tersebut. (Sun et al., 2016)

Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP)

Pada tahun 1965, Zadeh memodifikasi teori himpunan dimana setiap anggotanya memiliki derajat keanggotaan yang bernilai kontinu antara 0 dan 1. Himpunan ini disebut dengan himpunan kabur (Fuzzy Set)(Xie and Qian, 2016). Himpunan Fuzzy didasarkan pada gagasan untuk memperluas jangkauan fungsi karakteristik sedemikian hingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan real pada interval [0,1]. (Saini and Kumar, 2014)

Pada dasarnya langkah-langkah dalam Metode fuzzy-AHP adalah hampir sama dengan Metode AHP. Penggunaan AHP dalam problem Multi Criteria Decision Making (MCDM) sering dikritisi sehubungan dengan kurang mampunya pendekatan ini untuk mengatasi faktor ketidakpresisian yang dialami oleh pengambil keputusan ketika harus memberikan nilai yang pasti dalam pairwise comparison. Untuk menangani ketidak presisian ini diajukan dengan menggunakan teori fuzzy set. Tidak seperti dalam metode AHP orisinil yang menggunakan skala 1-9 dalam pairwise comparison, fuzzy AHP menggunakan fuzzy numbers.(Sun et al., 2010)

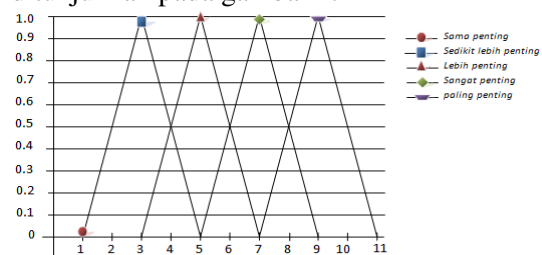
Fuzzy-AHP menutupi kelemahan yang terdapat pada AHP, yaitu permasalahan terhadap kriteria yang memiliki sifat subjektif lebih banyak. Kriteria dan alternatif dinilai melalui perbandingan berpasangan. Menurut Saaty (1988), untuk berbagai persoalan, skala 1 sampai 9 adalah skala terbaik dalam mengekspresikan pendapat. Nilai dan definisi pendapat kualitatif dari skala perbandingan Saaty dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan

Intensitas Kepentingan	Keterangan
1	Kedua elemen sama pentingnya
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting daripada yang lainnya
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen lainnya
9	Satu elemen mutlak penting daripada elemen lainnya

Dengan kata lain fuzzy AHP adalah metode analisis yang dikembangkan dari Metode AHP orisinil. Dalam pendekatan fuzzy AHP digunakan Triangular Fuzzy Number (TFN) atau Bilangan Fuzzy Segitiga (BFS) untuk proses fuzzyfikasi dari matriks perbandingan yang bersifat crisp. (Jiang et al., 2010). Data yang kabur akan dipresentasikan dalam TFN. Setiap fungsi keanggotaan didefinisikan dalam 3 parameter yakni, l, m, dan u, dimana l adalah nilai kemungkinan

terendah, m adalah nilai kemungkinan tengah dan u adalah nilai kemungkinan teratas pada interval putusan pengambil keputusan. Nilai l, m, dan u dapat juga ditentukan oleh pengambil keputusan itu sendiri. Bilangan segitiga fuzzy (TFN) dapat menunjukkan kesubjektifan perbandingan berpasangan atau dapat menunjukkan derajat yang pasti dari kekaburan (ketidakpastian). Dalam hal ini variabel linguistik dapat digunakan oleh pengambil keputusan untuk merepresentasikan kekaburan data seandainya ada ketidaknyamanan dengan TFN (Xiang et al., 2014). TFN dan variabel linguistiknya sesuai dengan skala Saaty ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Bilangan segitiga fuzzy

Bilangan fuzzy diatas dapat ditabulasikan pada tabel 2.

Tabel 2. Fungsi kenggotaan bilangan fuzzy

Skala linguistik	Nilai kepentingan pada AHP	Skala TFN fuzzy	Skala TFN Invers fuzzy
Sama penting	1	(1,1,1)	(1,1,1)
Sedikit lebih penting	3	(1,3,5)	(1/5,1/3,1)
Lebih penting	5	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)
Sangat penting	7	(5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)
Paling penting	9	(7,9,11)	(1/11,1/9,1/7)

Untuk melakukan prioritas lokal dari matriks fuzzy pairwise comparison sudah banyak metode yang dikembangkan oleh para ahli sebelumnya. Dengan mengkombinasikan prosedur AHP dengan operasi aritmetik untuk bilangan fuzzy, prioritas lokal dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 1.

$$S^i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^m u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^m m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^m l_i} \right) \quad (1)$$

Untuk:

l=nilai batas bawah (kemungkinan terendah)

m=nilai yang paling menjanjikan (kemungkinan tengah)

u=nilai batas atas (kemungkinan teratas)

persamaan perhitungan derajat kemungkinan

$$V(M_{2 \geq M_1}) = \begin{cases} 1, & \text{if } m_2 \geq m_1, \\ 0, & \text{if } l_1 \geq u_2, \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) dikembangkan oleh Hwang dan Yoon (1981), TOPSIS didasarkan pada konsep dimana alternatif terpilih yang terbaik tidak hanya memiliki jarak terpendek dari solusi ideal positif (PIS), namun juga memiliki jarak terpanjang dari solusi ideal negatif (NIS) (Ashraf et al., 2016). Langkah-langkah yang dilakukan dalam penyelesaian masalah menggunakan metode TOPSIS adalah sebagai berikut:

1. Normalisasi matriks keputusan.

Setiap elemen pada matriks C dinormalisasi untuk mendapatkan matriks normalisasi R. Setiap normalisasi dari nilai rij dapat dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (3)$$

Dimana:

r_{ij} = matriks ternormalisasi [i][j]

x_{ij} = matriks keputusan [i][j]

2. Pembobotan pada matriks yang telah dinormalisasi.

Diberikan bobot $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)$, sehingga weighted normalised matrix dapat dihasilkan sebagai berikut:

$$y = \begin{pmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_2 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{pmatrix}$$

Secara matematis weighted normalised matrix ini dapat diperoleh dengan rumus berikut ini:

$$y_{ij} = W_j \cdot r_{ij} \quad (4)$$

Dimana:

y_{ij} = matriks normalisasi terbobot [i][j]

w_j = vektor bobot [j]

r_{ij} = matriks ternormalisasi [i][j]

3. Menentukan solusi ideal positif dan solusi ideal negatif. (Zang et al., 2016)

Solusi ideal positif A^+ dan solusi ideal negatif A^- dapat ditentukan berdasarkan rating bobot ternormalisasi (y_{ij}) sebagai:

$$A^+ = (y_1^+, y_2^+, \dots, y_n^+) \quad (5)$$

$$A^- = (y_1^-, y_2^-, \dots, y_n^-) \quad (6)$$

Dimana :

$$y_j^+ = \begin{cases} \max_j y_{ij}; & \text{jika } j \text{ adalah atribut keuntungan} \\ \min_j y_{ij}; & \text{jika } j \text{ adalah atribut biaya} \end{cases}$$

$$y_j^- = \begin{cases} \min_j y_{ij}; & \text{jika } j \text{ adalah atribut keuntungan} \\ \max_j y_{ij}; & \text{jika } j \text{ adalah atribut biaya} \end{cases}$$

4. Menghitung jarak antara nilai setiap alternatif dengan solusi ideal positif dan solusi ideal negatif (separation measure).

untuk

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_j^-)^2} \quad (7)$$

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_i^+ - y_{ij})^2};$$

untuk $i=1,2,3,\dots,m$

(8)

dimana :

D_i^+ = jarak alternatif A_i dengan solusi ideal positif

D_i^- = jarak alternatif A_i dengan solusi ideal negatif

y_i^+ = solusi ideal positif [i]

y_i^- = solusi ideal negatif [i]

y_{ij} = matriks normalisasi terbobot [i][j]

5. Menghitung nilai preferensi untuk setiap alternatif atau kedekatan relatif preferensi dengan solusi ideal

$$V_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+}; \quad \begin{matrix} \text{dimana } 0 < V_i < 1 \\ \text{dan } i=1,2,3,\dots,m \end{matrix} \quad (9)$$

Dimana :

V_i = Kedekatan tiap alternatif terhadap solusi ideal

METODE

Adapun user dalam Sistem informasi QoS ini meliputi

1. Admin

Admin adalah pengguna sistem yang mempunyai hak akses penuh. *Admin* dapat menambah, mengubah, menghapus data dan nilai parameter qos. Admin juga dapat melihat laporan dari hasil seleksi parameter qos dan semua mengenai data dan nilai parameter qos

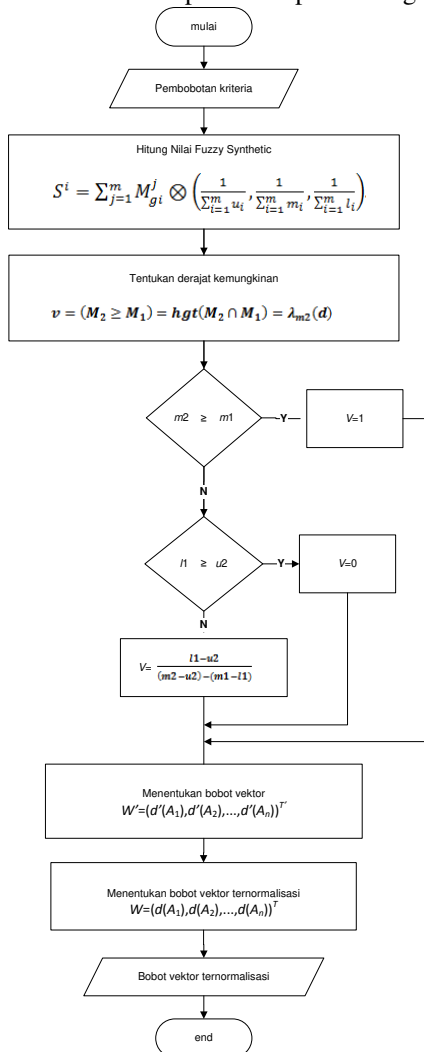
2. user

user adalah pengguna umum yang dapat memantau penilaian QoS dengan parameter non teknis

Terdapat 7 parameter QoS yang digunakan pada penelitian ini, meliputi :

1. *Throughput*, yaitu kecepatan (*rate*) transfer data efektif, yang diukur dalam bps

- 2. *Packet Loss*, merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang
- 3. *Delay (latency)*, adalah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan
- 4. *Jitter*, atau variasi kedatangan paket, hal ini diakibatkan oleh variasi-variasi dalam panjang antrian, dalam waktu pengolahan data
- 5. *Mean Opinion Score*, Kualitas sinyal yang diterima biasanya diukur secara subjektif dan objektif, dengan penilaian *Excellent, Good, Fair, Poor* dan *Bad*
- 6. *Echo Cancellation*, Untuk menjamin kualitas layanan *voice over packet*
- 7. *Post Dial Delay*, PDD (Post-Dial Delay) yang diijinkan kurang dari 10 detik dari saat digit terakhir yang dimasukkan sampai mendapatkan ringing back.



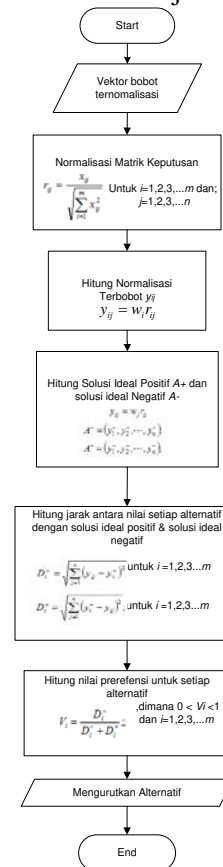
Gambar 2. Flowchart metode FAHP

langkah penyelesaian F-AHP seperti ditunjukkan Gambar 2 adalah

- 1. Membuat struktur hirarki masalah yang akan diselesaikan dan menentukan perbandingan

matriks berpasangan antar kriteria dengan skala TFN.

- 2. Menentukan nilai sintesis fuzzy (S_i) prioritas.
- 3. Jika hasil yang diperoleh pada setiap matrik fuzzy, $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ dapat didefinisikan sebagai nilai vector.
- 4. Jika hasil nilai fuzzy lebih besar dari k fuzzy, M_i ($i=1,2,\dots,k$) yang dapat didefinisikan sebagai $V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ dan } (M \geq M_2) \text{ dan } \dots (M \geq M_k)]$
- 5. Normalisasi bobot vektor atau nilai prioritas kriteria yang telah diperoleh, $W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T$ Dimana W adalah bilangan non-fuzzy. Proses TOPSIS ditunjukkan Gambar 4.



Gambar 3. Flowchart TOPSIS

Alternatif diranking berdasarkan urutan. Sehingga alternatif terbaik adalah salah satu yang berjarak terdekat terhadap solusi ideal dan berjarak terjauh dengan solusi ideal negatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Form Login

Form login adalah form yang dipergunakan oleh pengguna sistem untuk masuk ke dalam sistem. Pengguna sistem memasukkan *username* dan *password* kemudian tekan tombol *login*. Jika *login* sukses maka menu dalam sistem dapat diakses sesuai dengan jenis pengguna sistem seperti ditunjukkan Gambar 4. Pengguna sistem ada 2 yaitu admin dan IT Support.

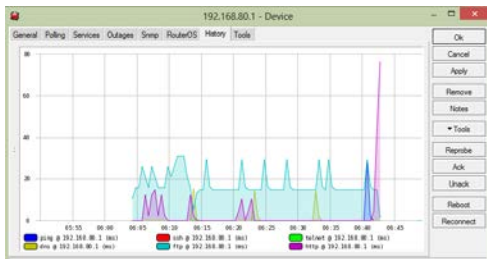


Gambar 4. Form login

2. Form Entry

Form dipergunakan untuk memasukkan semua data yang berkaitan dengan Access Point. Misalnya nama Access Point, Lokasi, Type dan merk AP, Kekuatan Sinyal (dBi), Mac Address, No IP Address Static / dynamic. Data ditarik menggunakan aplikasi Dude.

Device	Type	Proble
192.168.80.1	dns	ok
ACER	dude	ok
192.168.80.1	ftp	ok
ACER	ftp	ok
192.168.80.1	http	ok
ACER	http	ok
ACER	netbios	ok
192.168.80.1	ping	ok
192.168.80.236	ping	ok
192.168.80.241	ping	ok
192.168.80.246	ping	ok
ACER	ping	ok
192.168.80.1	ssh	ok
192.168.80.1	telnet	ok



Gambar 5. Tampilan Dude untuk mendapatkan data karakteristik koneksi

3. Form Pembobotan Kriteria

Form ini dipergunakan untuk memberikan pembobotan kriteria dalam skala AHP. Ketika user mengklik tombol simpan

maka secara otomatis pembobotan dalam skala ahp kemudian diubah kedalam skala FAHP.

4. Form Proses FAHP.

Form ini merupakan langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mendapatkan hasil pembobotan kriteria dengan menggunakan FAHP. Langkah pertama adalah dengan mencari derajat kemungkinan terlebih dahulu, kemudian mencari nilai prioritas bobot dan yang terakhir adalah menghitung bobot kriteria

Gambar 6. Form Proses FAHP

5. Seleksi AP / Koneksi WS (Work Station)

Pada menu seleksi AP (Access Point). Langkah-langkah perhitungan dengan metode TOPSIS. Terdiri dari menu normalisasi, normalisasi terbobot, solusi ideal, jarak ideal, nilai *preferensi* dan perankingan.

Uji Coba dan Analisis Sistem

Tabel 1. Skala *linguistik*

Skala linguistik	Nilai kepentingan pada AHP	Skala TFN fuzzy	Skala TFN Invers fuzzy
Sama penting	1	(1,1,1)	(1,1,1)
Sedikit lebih penting	3	(1,3,5)	(1/5,1/3,1)
Lebih penting	5	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)
Sangat penting	7	(5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)
Paling penting	9	(7,9,11)	(1/11,1/9,1/7)

Tabel 1 merupakan tabel pembobotan kriteria. Pembobotan kriteria dilakukan dalam skala bentuk AHP. Apabila suatu elemen dibandingkan dengan dirinya sendiri maka diberi nilai 1. Jika elemen *i* dibandingkan dengan elemen *j* mendapatkan nilai tertentu, maka elemen *j* dibandingkan dengan elemen *i* merupakan kebalikannya.

Tabel 2. Pembobotan kriteria

	TRPU T	LOS S	DL Y	JI T	MO S	ECH O	PSTDL Y
TRPUT	1	3	1	3	5	5	5
LOSS	1/3	1	1	1	1/3	3	3

DLY	1	1	1	7	3	3	3
JIT	1/3	1	1/7	1	3	1/3	3
MOS	1/5	3	1/3	1/3	1	1	1/3
ECH	1/5	1/3	1/3	3	1	1	1/3
PSTDLY	1/5	1/3	1/3	1/3	3	3	1

Tabel 2 merupakan tabel pembobotan kriteria yang diubah kedalam skala *Triangular Fuzzy Number* (TFN). Tabel 3 dalam skala FAHP.

Tabel 3 Pembobotan kriteria dalam skala FAHP

	TRPUT			LOSS			DLY			JIT			MOS			ECHO			PSTDLY		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
TRPUT	1	1	1	1	3	5	1	1	1	1	3	5	3	5	7	3	5	7	3	5	7
LOSS	1/5	1/3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/5	1/3	1	1	3	5	1	3	5
DLY	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	7	9	1	3	5	1	3	5	1	3	5
JIT	1/5	1/3	1	1	1	1	1/9	1/7	1/5	1	1	1	1	3	5	1/5	1/3	1	1	3	5
MOS	1/7	1/5	1/3	1	3	5	1/5	1/3	1	1/5	1/3	1	1	1	1	1	1	1	1/5	1/3	1
ECH	1/7	1/5	1/3	1/5	1/3	1	1/5	1/3	1	1	3	5	1	1	1	1	1	1	1/5	1/3	1
PSTDLY	1/7	1/5	1/3	1/5	1/3	1	1/5	1/3	1	1/5	1/3	1	1	3	5	1	3	5	1	1	1

Perhitungan bobot dengan *Fuzzy Analytical Hierarchy Process* (FAHP). Setelah nilai AHP diubah kedalam skala TFN maka dapat dilakukan langkah selanjutnya yaitu perhitungan nilai *l, m* dan *u* sesuai dengan persamaan Fuzzy sintetic.

Tabel 4 Perhitungan nilai *l, m* dan *u*

	jumlah L baris	jumlah M baris	jumlah U baris	1/ΣU	U/ΣM	M/ΣL	L	M	U
TRPUT(c1)	13	23	33	0.022	0.012	0.008	0.105	0.284	0.731
LOSS(c2)	5 2/5	9 2/3	15	0.022	0.012	0.008	0.043	0.119	0.332
DLY(c3)	11	19	27	0.022	0.012	0.008	0.089	0.234	0.598
JIT(c4)	4 1/2	8 4/5	14 1/5	0.022	0.012	0.008	0.036	0.109	0.315
MOS(c5)	3 3/4	6 1/5	10 1/3	0.022	0.012	0.008	0.030	0.076	0.229
ECH(c6)	3 3/4	6 1/5	10 1/3	0.022	0.012	0.008	0.030	0.076	0.229
PSTDLY(c7)	3 3/4	8 1/5	14 1/3	0.022	0.012	0.008	0.030	0.101	0.318
Σ	ΣL=45 1/7	ΣM=81	ΣU=124 1/5						

Setelah nilai *l, m* dan *u* didapatkan maka dihitung derajat kemungkinan sesuai dengan persamaan 2.

$$\begin{aligned}
 &V(C1 \geq C2) = 1, V(C1 \geq C3) = 1, V(C1 \geq C4) = 1, V(C1 \geq C5) = 1, V(C1 \geq C6) = 1, V(C1 \geq C7) = 1 \\
 &V(C2 \geq C1) = 0.581, V(C2 \geq C3) = 0.679, V(C2 \geq C4) = 1, V(C2 \geq C5) = 1, V(C2 \geq C6) = 1, V(C2 \geq C7) = 1 \\
 &V(C3 \geq C1) = 0.909, V(C3 \geq C2) = 1, V(C3 \geq C4) = 1, V(C3 \geq C5) = 1, V(C3 \geq C6) = 1, V(C3 \geq C7) = 1 \\
 &V(C4 \geq C1) = 0.545, V(C4 \geq C2) = 0.962, V(C4 \geq C3) = 0.643, V(C4 \geq C5) = 1, V(C4 \geq C6) = 1, V(C4 \geq C7) = 1 \\
 &V(C5 \geq C1) = 0.375, V(C5 \geq C2) = 0.813, V(C5 \geq C3) = 0.471, V(C5 \geq C4) = 0.857, V(C5 \geq C6) = 1, V(C5 \geq C7) = 0.89
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &V(C6 \geq C1) = 0.375, V(C6 \geq C2) = 0.813, V(C6 \geq C3) = 0.471, V(C6 \geq C4) = 0.857, V(C6 \geq C5) = 1, V(C6 \geq C7) = 0.89 \\
 &V(C7 \geq C1) = 0.538, V(C7 \geq C2) = 0.938, V(C7 \geq C3) = 0.632, V(C7 \geq C4) = 0.974, V(C7 \geq C5) = 1, V(C7 \geq C6) = 1
 \end{aligned}$$

Kemudian prioritas bobot dapat dihitung dengan persamaan 5 dan 6.

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$$

Untuk $k = 1, 2, \dots, n; k \neq i$. Kemudian vektor bobot didapatkan dengan

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T$$

$$d'(C1) = \min (1, 1, 1, 1, 1, 1) = 1$$

$$d'(C2) = \min (0.581, 0.679, 1, 1, 1, 1) = 0.581$$

$$d'(C3) = \min (0.909, 1, 1, 1, 1, 1) = 0.909$$

$$d'(C4) = \min (0.545, 0.962, 0.643, 1, 1, 1) = 0.545$$

$$d'(C5) = \min (0.375, 0.813, 0.471, 0.857, 1, 0.89) = 0.375$$

$$d'(C6) = \min (0.375, 0.813, 0.471, 0.857, 1, 0.89) = 0.375$$

$$d'(C7) = \min (0.538, 0.938, 0.632, 0.974, 1, 1) = 0.538$$

$$\text{bobot prioritas } w' = (1, 0.581, 0.909, 0.545, 0.375, 0.375, 0.538)^T$$

dan setelah bobot prioritas didapatkan kemudian dilakukan normalisasi

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T$$

sehingga bobot vektor dapat dihitung sebagai berikut $w = (0.231, 0.134, 0.21, 0.126, 0.087, 0.087, 0.125)$. Misalkan *A* adalah matriks perbandingan berpasangan, dan *w* adalah vektor bobot, maka konsistensi dari vektor bobot *w* dapat diuji sebagai berikut :

$$t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\text{elemen ke- } i \text{ pada } (A)(w^T)}{\text{elemen ke- } i \text{ pada } w^T} \right)$$

Hitung $(A)(w^T)$

$$\begin{pmatrix} 1.000 & 3.000 & 1.000 & 3.000 & 5.000 & 5.000 & 5.000 \\ 0.333 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 0.333 & 3.000 & 3.000 \\ 1.000 & 1.000 & 1.000 & 7.000 & 3.000 & 3.000 & 3.000 \\ 0.333 & 1.000 & 1.143 & 1.000 & 3.000 & 0.333 & 3.000 \\ 0.200 & 3.003 & 0.333 & 0.333 & 1.000 & 1.000 & 0.333 \\ 0.200 & 0.333 & 0.333 & 3.003 & 1.000 & 1.000 & 0.333 \\ 0.200 & 0.333 & 0.333 & 0.333 & 3.003 & 3.003 & 1.000 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.231 \\ 0.134 \\ 0.21 \\ 0.126 \\ 0.087 \\ 0.087 \\ 0.125 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2.713 \\ 0.121 \\ 2.353 \\ 1.03 \\ 0.776 \\ 0.775 \\ 0.848 \end{pmatrix}$$

$$t = \frac{1}{7} \left(\frac{2.713}{0.231} + \frac{0.121}{0.134} + \frac{2.353}{0.21} + \frac{1.03}{0.126} + \frac{0.776}{0.087} + \frac{0.775}{0.087} + \frac{0.848}{0.125} \right) = 9.223$$

Hitung indeks konsistensi:

$$CI = \frac{t - n}{n - 1}$$

$$CI = \frac{9.233 - 7}{6} = 0.371$$

Untuk $n=7$, diperoleh $RI_7 = 1.32$ dapat dilihat sehingga:

$$\frac{CI}{RI_7} = \frac{0.0091}{1.32} = 0.281$$

Sehingga nilai Hasil akhir uji konsistensi adalah 0.281

Implementasi FAHP pada metode *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS).

Pada seleksi AP dengan metode TOPSIS ini, data uji coba yang digunakan sebanyak 15. Data berupa nilai parameter AP, yang terdiri dari nilai throughput, LOSS, Delay, Jitter, MOS, ECH, Post Delay kemudian dilakukan normalisasi sesuai persamaan 3. Langkah selanjutnya menghitung normalisasi terbobot, yaitu data yang sudah dinormalisasi kemudian dikalikan dengan bobot yang dihitung dengan proses FAHP sesuai dengan persamaan 4 $y_{ij} = w_j r_{ij}$

Dimana:

y_{ij} = matriks normalisasi terbobot [i][j]

w_j = vektor bobot [j]

r_{ij} = matriks ternormalisasi [i][j]

Langkah selanjutnya menghitung solusi ideal positif (A^+) dan solusi ideal negatif (A^-) sesuai persamaan 5 dan 6

$$A^+ = (y_1^+, y_2^+, \dots, y_n^+)$$

$$A^- = (y_1^-, y_2^-, \dots, y_n^-)$$

Dimana :

$$y_j^+ = \begin{cases} \max_i y_{ij}; & \text{jika } j \text{ adalah atribut keuntungan} \\ \min_i y_{ij}; & \text{jika } j \text{ adalah atribut biaya} \end{cases}$$

$$y_j^- = \begin{cases} \min_i y_{ij}; & \text{jika } j \text{ adalah atribut keuntungan} \\ \max_i y_{ij}; & \text{jika } j \text{ adalah atribut biaya} \end{cases}$$

Langkah selanjutnya menghitung jarak alternatif dari solusi ideal negatif (D_i^-) sesuai persamaan 7 dan solusi ideal positif (D_i^+) sesuai persamaan 8.

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_j^-)^2}$$

untuk $i=1,2,3,\dots,m$

Dimana :

D_i^- = jarak alternatif A_i dengan solusi ideal negatif

y_j^- = solusi ideal negatif [j]

y_{ij} = matriks normalisasi terbobot [i][j]

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_j^+)^2}$$

untuk $i=1,2,3,\dots,m$

Dimana :

D_i^+ = jarak alternatif A_i dengan solusi ideal positif

y_j^+ = solusi ideal positif [j]

y_{ij} = matriks normalisasi terbobot [i][j]

Tabel 5. Tabel Seleksi AP berdasarkan nilai kedekatan

No	Nama AP	Posisi	DI+	DI-
1	AP1	Lab Bis 01	0.00269	0.10160
2	AP2	Lab TI 01	0.00322	0.00950
3	AP3	Lab Bis 02	0.00321	0.01030
4	AP4	Lab TI 02	0.00302	0.01030
5	AP5	Lab Mekatro	0.00408	0.00885
6	AP6	Lab Industri	0.00347	0.01016
7	AP7	Lab TIA Infor	0.00274	0.01017
8	AP8	Lab CIA Infor	0.00450	0.00830
9	AP9	Lab Pemrog Infor	0.00219	0.01092
10	AP10	R.ProdiMI	0.00475	0.00797
11	AP11	R.Prodi TMJ	0.00370	0.00987
12	AP12	R.Prodi Mekatro	0.00406	0.00863
13	AP13	R.Prodi Industri	0.00477	0.00815
14	AP14	R.Prodi Elektro	0.00256	0.01034
15	AP15	Lab Sistem Informasi	0.00376	0.00901

Untuk hasil Jarak alternatif dari solusi ideal positif dan solusi ideal negatif data nilai AP Selanjutnya menghitung nilai preferensi (v_i) sesuai dengan persamaan 9.

dimana $0 < V_i < 1$

$$V_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+}$$

dan $i=1,2,3,\dots,m$,

Dimana :

V_i =kedekatan tiap alternatif terhadap solusi ideal.

Untuk hasil nilai preferensi data menunjukkan cara mengurutkan nilai preferensi dari tiap workstation yang terkoneksi ke Access Point dari yang terbesar ke yang terkecil dimana Nilai preferensi terbesar adalah 0.827 dan yang terkecil adalah 0.333

verifikasi hasil uji sistem terhadap kondisi lapangan. Hasil menunjukkan dari 15 AP terdapat 2 AP dengan selisih kesalahan cukup signifikan dan dianggap sebagai hasil yang salah. Sehingga prosentase hasil uji dapat dihitung sebagai berikut.

$$\frac{\sum \text{score}}{n} \times 100\%$$

Dimana :

Score : jumlah AP yang cocok sesuai dengan sistem perhitungan analisa.

n : total seluruh AP yang memenuhi syarat.

$$=(15-13)/2=0.86$$

Hasil akhir menunjukkan prosentase yang didapat dari verifikasi hasil uji sistem dilapangan sebesar 86%.

SIMPULAN DAN SARAN

Setelah menyelesaikan perancangan dan pembuatan sistem rekomendasi ini, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil uji coba yang telah dilakukan, metode FAHP memberikan bobot throughput = 0.231, Loss=0.134, Delay=0.21, Jitter=0.126, MOS=0.087, Echo=0.087 dan Post Delay=0.125.
2. Pembobotan kriteria menggunakan metode FAHP pada sistem rekomendasi ini lebih konsisten daripada dengan menggunakan AHP dengan memberikan nilai konsistensi 0.281.

Perangkingan alternatif menggunakan metode TOPSIS pada sistem ini memberikan nilai preferensi terbesar adalah 0.759 dan yang terkecil adalah 0.355 dengan uji verifikasi 86%.

DAFTAR PUSTAKA

- ASHRAF, Q. M., HABAEBI, M. H. & ISLAM, M. R. 2016. TOPSIS-Based Service Arbitration for Autonomic Internet of Things. *IEEE Access*, 4, 1313-1320, 10.1109/ACCESS.2016.2545741.
- BEEVI, M. J. A fair survey on Internet of Things (IoT). 2016 International Conference on Emerging Trends in Engineering, Technology and Science (ICETETS), 24-26 Feb. 2016 2016. 1-6, 10.1109/ICETETS.2016.7603005.
- JIANG, Z., FENG, X., FENG, X. & SHI, J. An AHP-TFN model based approach to evaluating the partner selection for aviation subcontract production. Information and Financial Engineering (ICIFE), 2010 2nd IEEE International Conference on, 17-19 Sept. 2010 2010. 311-315, 10.1109/ICIFE.2010.5609309.

- JUN, L., YANYONG, Z., YIH-FARN, C., NAGARAJA, K., SUGANG, L. & RAYCHAUDHURI, D. A Mobile Phone Based WSN Infrastructure for IoT over Future Internet Architecture. Green Computing and Communications (GreenCom), 2013 IEEE and Internet of Things (iThings/CPSCoM), IEEE International Conference on and IEEE Cyber, Physical and Social Computing, 20-23 Aug. 2013 2013. 426-433, 10.1109/GreenCom-iThings-CPSCoM.2013.89.
- NEGI, N. & CHANDRA, S. Web service selection on the basis of QoS parameter. Contemporary Computing (IC3), 2014 Seventh International Conference on, 7-9 Aug. 2014 2014. 495-500, 10.1109/IC3.2014.6897223.
- RAFIQUE, W. & SHAH, M. A. Performance evaluation of IoT network infrastructure. 2016 22nd International Conference on Automation and Computing (ICAC), 7-8 Sept. 2016 2016. 348-353, 10.1109/ICoNAC.2016.7604944.
- RAMNEEK, HOSEIN, P., CHOI, W. & SEOK, W. 2016. Congestion detection for QoS-enabled wireless networks and its potential applications. *Journal of Communications and Networks*, 18, 513-522, 10.1109/JCN.2016.0000066.
- SAINI, V. K. & KUMAR, V. AHP, fuzzy sets and TOPSIS based reliable route selection for MANET. Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), 2014 International Conference on, 5-7 March 2014 2014. 24-29, 10.1109/IndiaCom.2014.6828006.
- SASIREKHA, V. & ILANZKUMARAN, M. Heterogeneous wireless network selection using FAHP integrated with TOPSIS and VIKOR. Pattern Recognition, Informatics and Mobile Engineering (PRIME), 2013 International Conference on, 21-22 Feb. 2013 2013. 399-407, 10.1109/ICPRIME.2013.6496510.
- SUN, H., CAI, L., LIU, X., SONG, H., YANG, G., LIU, Z. & MENG, Z. Domain-Specific Software Benchmarking Methodology Based on Fuzzy Set Theory and AHP. Computational

- Intelligence and Software Engineering (CiSE), 2010 International Conference on, 10-12 Dec. 2010 2010. 1-4, 10.1109/CISE.2010.5676892.
- SUN, R., ZHANG, B. & LIU, T. Ranking web service for high quality by applying improved Entropy-TOPSIS method. 2016 17th IEEE/ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD), May 30 2016-June 1 2016 2016. 249-254, 10.1109/SNPD.2016.7515909.
- XIANG, Q., LI, W. & WANG, L. A New Evaluation Method for Single Scheme Based on Incomplete Triangular Fuzzy Numbers Judgment Matrix. Computational Intelligence and Design (ISCID), 2014 Seventh International Symposium on, 13-14 Dec. 2014 2014. 404-407, 10.1109/ISCID.2014.146.
- XIE, M. B. & QIAN, Q. Fuzzy set based data publishing for privacy preservation. 2016 17th IEEE/ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD), May 30 2016-June 1 2016 2016. 569-574, 10.1109/SNPD.2016.7515960.
- XU, L., LI, H., SUN, J., PAN, K. & ZHANG, G. QoS Oriented Embedding for Network Virtualization. 2016 IEEE 14th Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, 14th Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, 2nd Intl Conf on Big Data Intelligence and Computing and Cyber Science and Technology Congress(DASC/PiCom/DataCom/CyberSciTech), 8-12 Aug. 2016 2016. 660-665, 10.1109/DASC-PiCom-DataCom-CyberSciTec.2016.119.
- ZANG, T., QIU, L., HE, Z. & QIAN, Q. A group evaluation method for science popularization using generalized fuzzy similarity and TOPSIS. 2016 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, 7-10 Aug. 2016 2016. 2487-2493, 10.1109/ICMA.2016.7558957.