

Analisis Jumlah Pengguna pada Traffic *IP- based* dengan *Multi Criteria Decision Making*

MARISA PREMITASARI

Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia
Email : marisa@itenas.ac.id

Received 20 Oktober 2020 | *Revised* 15 November 2020 | *Accepted* 30 November 2020

ABSTRAK

Trafik telekomunikasi sudah bermigrasi ke IP-based Traffic. Salah satunya adalah Laboratorium TIK (Teknologi Informasi dan Komunikasi) ITENAS yang meng-generate invarian trafik. Pada penelitian ini, penulis melakukan monitoring pasif dan aktif untuk mendapatkan berbagai invarian trafik. Monitoring pasif didapatkan dari software ISP Moratel dan SOPHOS Firewall. Monitoring aktif dilakukan dengan capture data secara live pada waktu jam sibuk. Invarian trafik yang berhasil di-captured adalah incoming traffic, outgoing traffic, speed, volume, date dan downtime. Jam sibuk diambil berdasarkan dugaan sementara mulai pukul 10.00-16.00. Invarian ini menjadi input dari sistem untuk dijadikan kriteria dan jam sibuk dijadikan atribut. Kriteria dan atribut diolah dengan metoda Multi Criteria Decision Making yaitu SAW (Simple Additive Weighting) dan AHP (Analytical Hierarchy Process). Output dari sistem adalah prediksi jumlah pengguna di jam sibuk dengan skala fuzzy rules. Hasil penelitian menyimpulkan pukul 11.00 AM-12.00 PM adalah jam tersibuk dengan jumlah user terbanyak.

Kata kunci: *monitoring aktif, monitoring pasif, kriteria, atribut, bobot*

ABSTRACT

Telecommunication traffic has migrated to IP-based traffic .One of the industry is Laboratorium TIK ITENAS (Teknologi Informasi dan Komunikasi) which generates traffic invariant. In this study, the authors conducted passive and active monitoring to obtain various traffic invariance. Passive monitoring were obtained from ISP Moratel software and SOPHOS Firewall. Active monitoring were done by capturing live data during peak hours. Traffic invariance that have been captured consist incoming traffic, outgoing traffic, speed, volume, date and downtime. Busy hours were taken based on personal estimation start from 10.00-16.00. This invariance became the system's input which has been used as criteria and peak hours are used as attributes. Criteria and attributes were processed using the Multi Criteria Decision Making method, namely SAW (Simple Additive Weighting and AHP (Analytical Hierarchy Process). The output of the system is user's number prediction with fuzzy scale. The result concluded that 11.00 AM-12.00 PM is the busiest hours with the most number of users

Keywords: *active monitoring, passive monitoring, criterion, attributes, weight*

1. PENDAHULUAN

Jaringan telekomunikasi saat ini sudah berbasis *Internet Protokol*, disingkat *IP* yang menghasilkan berbagai invarian trafik. Sebelum meledaknya era *4G (forth Generation)*, invarian trafik hanya terdiri dari dua sumber saja, yaitu trafik *telephony* dan trafik *Short Message Services* disingkat *SMS (Khan, Kumar, Jayakody, & Liyanage, 2019)*. Saat dimulainya era *3G (third generation)*, pemodelan trafik menjadi sangat bervariasi dimana bentuk trafik merupakan kombinasi dari teks, audio dan video **(E, Chu, Guo, & Zhang, 2013)**. Pada era *4G* semua jaringan telekomunikasi menggunakan *IP Address* sebagai protokol komunikasi. Hal itu berarti bahwa semua divais terhubung dengan internet dan trafiknya adalah trafik data. Protokol-protokol yang mengatur trafik data ini akan mengirim dan mengirimkan kembali sinyal dalam bentuk paket setiap nano detik yang bergantung pada *Quality of Services* atau disingkat *QoS* dari sebuah jaringan. Aktivitas trafik data ini akan mempengaruhi pemodelan trafik jaringan sehingga *trend*-nya berubah perlahan **(Haryadi & Premitasari, 2014)**.

Untuk mendapatkan data asli dari sebuah jaringan berbasis *IP*, Seorang *network administrator* harus melakukan *data captured* melalui *software-software monitoring* dimana *network administrator* dapat *me-monitor* data dengan dua cara yaitu secara aktif dan secara pasif. *Monitoring* secara aktif atau disebut pengukuran aktif dilakukan bila *user me-monitor* data secara langsung (*live monitoring*) menggunakan sebuah *network monitoring software*. *Monitoring* secara pasif dilakukan apabila *user* tidak memantau data dan hanya mendapat log reportnya saja dari seorang *network administrator* yang disebut pengukuran pasif **(Mohan, Reddy, & Kalpana, 2011)**. Berdasarkan metoda *busy hour*, *user* mengambil data bergantung kepada periode waktu yang dibutuhkan apakah membutuhkan data harian, mingguan, bulanan atau tahunan **(Premitasari, 2018)**.

Banyak metoda yang sudah digunakan untuk peramalan trafik diantaranya adalah metoda dengan pendekatan distribusi matematis yang merupakan metoda konvensional. Berbagai metoda yang berkembang selanjutnya adalah metoda *busy hour* seperti *ADPH*, *TCBH* dan *FDMH*. Ada sebuah metoda yang sering digunakan untuk sistem pendukung keputusan yaitu *MCDM* atau disingkat *Multi Criteria Decision Making* yang dapat digunakan untuk meramalkan trafik *IP-based*. Berbagai tipe *MCDM* yang sering digunakan yaitu *SAW (Simple Additive Weighting)*, *Analytical Hierarchy Process (AHP)*, *ELECTREE*, *PROMETEE*, *TOPSIS (Kaliszewski & Podkopaev, 2016)*

Ada banyak invarian trafik yang dihasilkan dari sebuah jaringan berbasis *IP*. Salah satunya yaitu jumlah pengguna yang mengakses ke jaringan sehingga beban trafik dapat diprediksi. Penelitian ini mengukur trafik *IP-Based* yang diambil dari jaringan *proxy server* ITENAS Bandung dimana cara pengukuran dilakukan melalui pengukuran aktif dan pasif. Pengukuran aktif dilakukan dengan memantau trafik secara langsung melalui *software monitoring* berbayar yaitu *PRTG*, singkatan dari *Paessler Router Traffic Grapher*. Pengukuran pasif dilakukan dengan cara mendapat *log report* dari *software provider ISP Moratel* dan sebuah *firewall* berbayar bernama *SOPHOS*. Penelitian ini menggunakan *software PRTG* dengan batasan 100 sensor dimana hasil dari pengukuran aktif diharapkan dapat mewakili invarian trafik yang mengacu kepada jumlah pengguna **(Harli, 2016)**. Sebagai data perbandingan, penelitian ini juga mengukur secara pasif invarian trafik untuk jumlah pengguna, seperti *incoming* dan *outgoing traffic*. Hasil dari semua invarian trafik yang didapat akan dijadikan kriteria input untuk diolah dengan metoda *Multi Criteria Decision Making (MCDM)*. Adapun metoda yang dipakai pada penelitian ini adalah kombinasi dari Metoda *SAW* dan *AHP*, kependekan dari *Simple Additive Weighting* dan *Analytical Hierarchy Process*. Metoda-

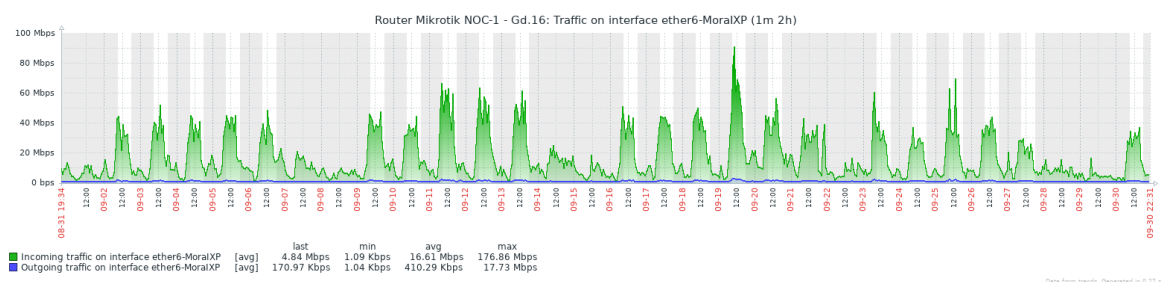
metoda ini akan menghitung invarian trafik yang didapat dari hasil pemantauan untuk diolah sehingga output yang dihasilkan adalah pemeringkatan jam sibuk berdasarkan jumlah pengguna yang mengakses. Pemeringkatan ini sifatnya bisa berupa pembuktian atau peramalan jumlah pengguna tergantung trafik data yang berhasil di-*scanning*. Tujuan dari penelitian ini adalah mengukur bobot kriteria dari data yang berhasil di-*scanning* (*captured*) yang akan menjadi dasar perhitungan jumlah pengguna dilihat dari bobot kriteria terbesar, serta mencari jam sibuk berdasarkan jumlah pengguna.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan mengadopsi dari *Decision Support System (DSS)* yang mengikuti tiga step (fase), yaitu fase *intelligence*, fase *designed* dan fase *choice* yang dijabarkan sebagai berikut (Nofriansyah, 2015)

2.1 Fase Intelligence

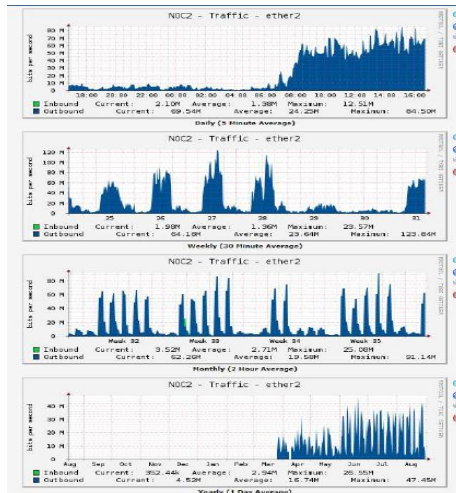
Pada awal fase, sistem peramalan trafik ini perlu ditelusuri, dikenali dan diketahui permasalahannya dengan mendefinisikan rumusan masalah tersebut. Sebuah jaringan berbasis *IP* performanya menjadi tidak optimal karena *engineer* sulit menganalisis jumlah pengguna yang mengakses ke jaringan kalau hanya melihat jumlah *bandwidth* saja. Trafik data perlu diolah dengan diverifikasi, diproses dan diuji untuk mengidentifikasi masalah. Untuk mendapatkan rumusan masalah dari sebuah data mentah, penelitian ini menggunakan dua buah tipe pengukuran yaitu pengukuran aktif dan pasif. Pengukuran pasif dilakukan dengan mengambil data berupa format *log report* dari Laboratorium TIK ITENAS yang berasal dari dua buah sumber informasi yaitu *data-captured* dari *SOPHOS firewall* dan *software default* dari *ISP Moratel*. Ada banyak data yang disajikan, terutama oleh *firewall SOPHOS*, dimana Gambar 1 menampilkan *incoming* dan *outgoing traffic* dalam satuan *Mbps* dari bulan oktober sampai November 2019 dalam periode bulanan.



Gambar 1. Data-captured dari SOPHOS Firewall

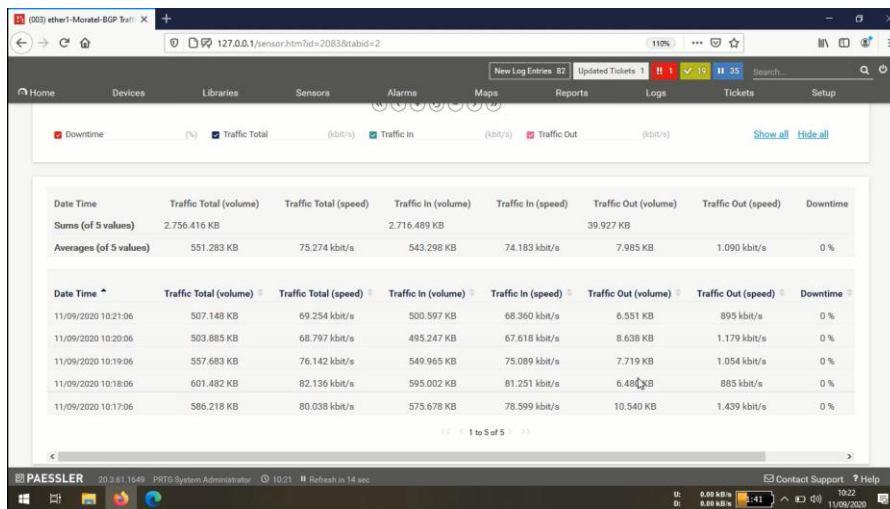
Data pada gambar diatas menampilkan sumber data dalam bentuk grafik, dimana warna hijau menunjukkan *incoming traffic* dan warna biru menunjukkan *outgoing traffic* dari Router *NOC 1* ITENAS yang menjalankan protokol *BGP*. Data yang tersaji di sumbu X mengklasifikasikan nilai waktu per 12 jam dan data pada sumbu Y menampilkan *bandwidth* dalam *Mbps*.

Data lain yang diambil yaitu *log report* yang berasal dari *software* bawaan *Internet Service Provider* dari *Moratel* yang diperlihatkan pada Gambar 2



Gambar 2. Log Report Harian, Mingguan, Tahunan dan Bulanan oleh ISP

Untuk pengukuran aktif, data diambil dari perangkat lunak berbayar yaitu *PRTG*. *PRTG* dipasang pada laptop dan dijalankan selama rentang waktu satu minggu untuk mengambil data dari *router NOC 1 (Network Operating Centre 1)* dan *NOC 2*. Ada banyak tipe dari *software PRTG*, untuk penelitian ini tipe yang digunakan adalah *PRTG Network Monitoring* dengan batas 100 sensor. Gambar 3 menampilkan trafik data secara *time-series* yang di-*captured* dari *NOC 1* dalam bentuk *print screen software*.



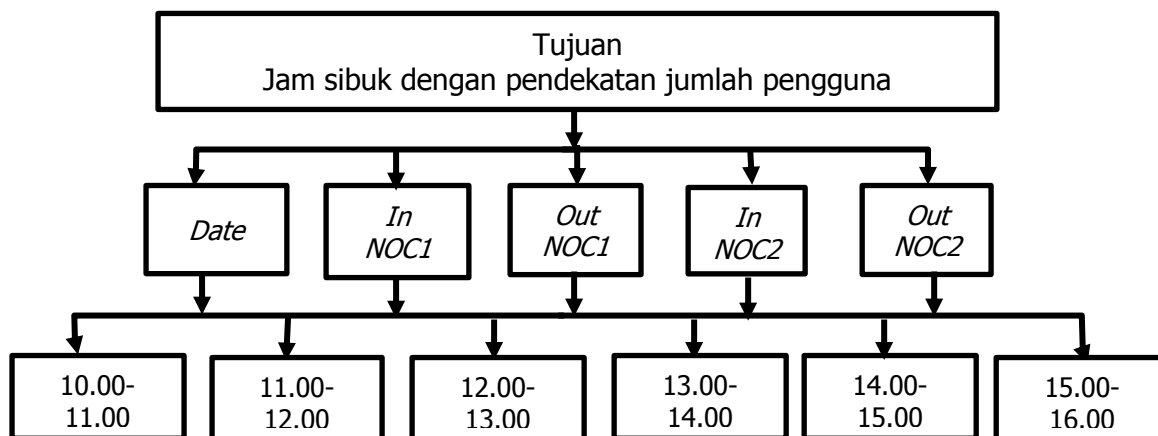
Gambar 3. Trafik Data Secara Time Series oleh PRTG

Ada delapan parameter yang berhasil di-*captured* oleh perangkat lunak *PRTG* yaitu *date/time*, *traffic total (volume)*, *traffic total (speed)*, *traffic in (volume)*, *traffic in (speed)*, *traffic out (volume)*, *traffic out (speed)* dan *downtime*. Pada fase selanjutnya, semua data pengukuran pasif dan aktif yang berhasil dikumpulkan, akan dipecah untuk dideteksi dan diklasifikasikan sebagai input sistem dengan pengolahan data yang menggunakan kombinasi perhitungan *AHP* dan *SAW* (Pawestri & Sihwi, 2012)

2.2 Fase Designed

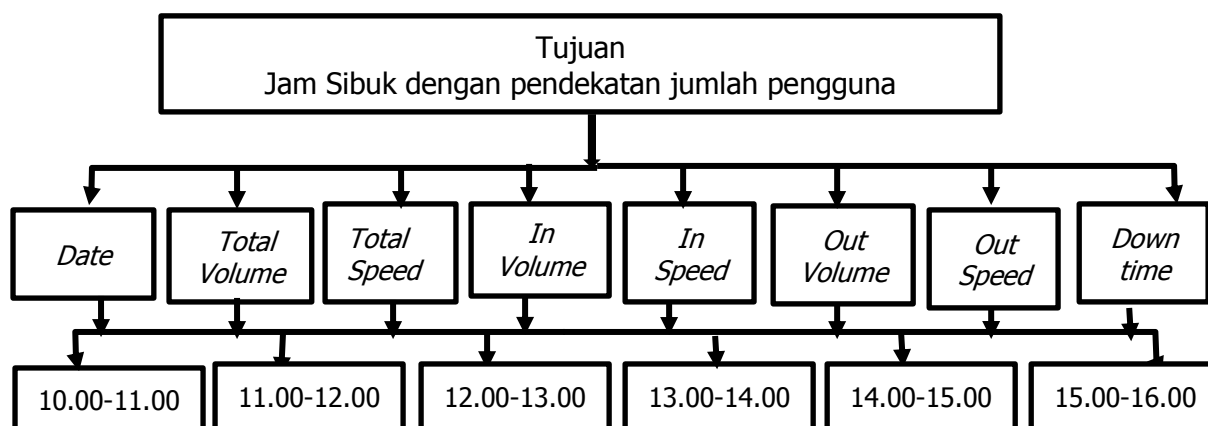
Fase ini memecah semua data mentah dari kedua pengukuran menjadi bentuk hirarki tiga level. Level pertama menjelaskan data yang berangkat dari tujuan penelitian (*goal*) level kedua yaitu kriteria dan level ketiga adalah atribut. Hirarki ini disusun berdasarkan metoda

AHP, dimana Gambar 4 menjelaskan hirarki untuk pengukuran pasif (Dede, Kamalakis, & Varoutas, 2011)



Gambar 4. Hirarki Data untuk Pengukuran Pasif

Tujuan (*goal*) dari sistem adalah jumlah pengguna dan data yang berhasil di-*captured* pada pengukuran pasif untuk dijadikan kriteria yaitu *Date*, *In NOC 1*, *Out NOC 1*, *In NOC 2* dan *Out NOC 2*. *Date* menjelaskan waktu *captured* data, *In NOC 1* dan *Out NOC 1* adalah *incoming* dan *Outgoing traffic* pada *router NOC 1*, sementara *In NOC 2* dan *Out NOC 2* menjelaskan *incoming* dan *outgoing traffic* pada *router NOC 2*. Kriteria-kriteria ini memiliki atribut yang sama pada level ketiga, yaitu periode waktu yang diambil pada jam sibuk yaitu jam 10.00-16.00 dan diakumulasikan setiap jam-nya sehingga setiap kriteria memiliki enam atribut seperti diperlihatkan pada Gambar 4 dan 5. Pada Gambar 5, terdapat delapan kriteria yang dipecah dari tujuan yang sama, yaitu jam sibuk dengan mencari jumlah pengguna. Kriteria-kriteria ini didapat dari pengukuran aktif yang terdiri dari *date*, *total speed*, *total volume*, *In volume*, *In speed*, *Out volume*, *out speed* dan *downtime*. *Date* menjelaskan pukul berapa data diambil, *total volume* yaitu *volume traffic total* keseluruhan yang dalam satu periode waktu untuk *incoming* dan *outgoing traffic* dengan satuan *Kilo Bytes (KB)* dan *Mega Bytes (MB)*, sementara *total speed* menunjukkan total kecepatan data *incoming* dan *outgoing traffic* dalam satuan *kbit/s*. *Volume* dan kecepatan setiap *incoming* dan *outgoing traffic* ditunjukkan oleh *In Volume*, *In Speed*, *Out Volume* dan *Out Speed*. Untuk kriteria *Downtime*, *tools* ini merekam *traffic* bila *server* mengalami *downtime*.



Gambar. 5 Hirarki Data untuk Pengukuran Aktif

Kriteria pada pengukuran aktif dikodekan sebagai C1-C5, dan kriteria pada pengukuran pasif disimbolkan sebagai C1-C8 (Tabel 1). Setiap kriteria diberi bobot dimana pada pengukuran pasif urutan bobot mulai dari bobot terendah yaitu *In NOC 1* dengan bobot 1, *In NOC 2* dengan bobot 2, *date* diberi bobot 3, kemudian *In NOC 2* dan *Out NOC 2* dengan bobot 4 dan 5. Untuk pengukuran aktif urutan bobot dimulai dari *downtime* dengan bobot 1, *total volume* dan *in volume* diberi bobot 2 dan 3, sementara *out volume* diberi bobot 4. *Date* diberi bobot 5, sementara *total speed*, *in speed* dan *out speed* mempunyai bobot 6,7 dan 8 (Tabel 1) .

Tabel 1. Kriteria Bobot untuk Pengukuran Aktif Dan Pasif

Kode	Pasif		Aktif	
	Kriteria	Bobot	Kriteria	Bobot
C1	<i>date</i>	3	<i>Date</i>	5
C2	<i>In NOC1</i>	1	<i>total volume</i>	2
C3	<i>Out NOC1</i>	4	<i>total speed</i>	6
C4	<i>In NOC2</i>	2	<i>in volume</i>	3
C5	<i>Out NOC2</i>	5	<i>in speed</i>	7
C6	X	x	<i>out volume</i>	4
C7	X	X	<i>Out speed</i>	8
C8	x	X	<i>downtime</i>	1

Dengan pemberian bobot kriteria secara berurutan ini, sistem akan merangking kriteria yang paling relevan atau mendekati parameter aktivitas pengguna yang mengaju kepada tujuan sistem. Bobot tertinggi menunjukkan kriteria yang paling dekat atau relevan dengan jumlah pengguna yang tertangkap oleh *software*, sementara bobot terendah memperlihatkan kriteria yang paling tidak relevan dengan jumlah pengguna. Untuk *data records*, atribut-atribut digunakan pada sistem ini , dimana Tabel 2 menunjukkan atribut A1- A6 yang berisi data trafik yang tertangkap setiap lima menit dimana seluruh data trafik dibagi menjadi 6 periode yang mengambil waktu jam sibuk dimulai pukul 10 pagi sampai 4 sore dan diakumulasikan setiap jamnya.

Tabel 2. Atribut dari Sistem

A1	A2	A3	A4	A5	A6
10AM-11PM	11AM-12PM	12PM-13PM	13PM-14PM	14PM-15PM	15PM-16PM

2.3 Fase Choice

Penggabungan metoda *SAW* dan *AHP* akan diimplementasikan pada fasa ini, dimana langkah-langkah perhitungannya dijelaskan sebagai berikut (**Afshari, Mohajed, & Yusuff, 2010**):

- a. Bobot kriteria akan diubah ke dalam *matrix pairwise comparasion* dengan mengikuti Persamaan (1) dan Persamaan (2).

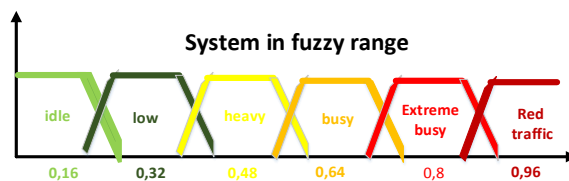
$$W_i = \sum_i n(ij) \tag{1}$$

W adalah bobot dalam baris matrix, dan n menunjukkan jumlah kriteria

$$A(w^T) = n(w^T) \tag{2}$$

A kependekan dari atribut, W menjelaskan nilai bobot dan T menunjukkan matriks transpose

- b. Kriteria diseleksi dan nilai dari setiap alternatif kriteria dijabarkan dalam bentuk skala prioritas. Perhitungan selanjutnya adalah memberi rating yang mungkin untuk setiap kriteria yang terdapat masing-masing atribut dan akan diisi dengan bobot aturan *fuzzy*, dijelaskan pada Gambar 6 (**Nofriansyah, 2015**)



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Ada enam skala *fuzzy* yang didisain pada sistem ini untuk menggambarkan kepadatan trafik mulai dari yang terendah yaitu *idle*, *low*, *heavy*, *busy*, *extreme busy* dan paling tinggi yaitu *red traffic*. Skala terendah yaitu *idle* diberi nilai *fuzzy* 0.16 , diikuti oleh *low* pada 0.32 , kemudian *heavy* bernilai 0.48 , *busy* diberi angka 0.64, *Extreme busy* bernilai 0.8 dan *red traffic* yang menggambarkan trafik tertinggi bernilai 0.96. Nilai dari fungsi keanggotaan *fuzzy* didapat dari rasio keenam aturan *fuzzy* yang didapat dari *range* 0 sampai 1 dengan perbandingan skala 1/n dikali deret ke-k, dimana n adalah 6 yang merupakan jumlah kondisi *fuzzy* seperti pada Persamaan 3.

$$\sum_1^k = \frac{k}{n} \tag{3}$$

Selanjutnya pada Tabel 3 kondisi aturan *fuzzy* disetarakan dengan besar *bandwidth* untuk *incoming* dan *outgoing* serta tinggi rendahnya *speed* atau kecepatan data transfer . Nilai *bandwidth* untuk *incoming* dan *outgoing traffic* yang semakin besar menandakan nilai *fuzzy* yang semakin besar (paling besar *red traffic* dengan nilai 0,96), sementara *Speed* yang semakin tinggi akan menunjukkan nilai *fuzzy* yang semakin kecil (paling kecil *idle* pada 0,16) dimana *bandwidth* memiliki *range* dari 0 GB sampai 50 GB sementara *speed* memiliki *range* dari 0 Gbps sampai 50 Gbps dimana data ini di-*captured* secara harian

Tabel 3. Pembagian Range Kriteria

Skala	Nilai fuzzy	Bandwidth	Speed	Atribut
<i>idle</i>	0,16	0- 5KB	50Gbps-35Gbps	11-12
<i>low</i>	0,32	5KB-5MB	5 Gbps-500 Mbps	10-11
<i>heavy</i>	0,48	5MB-50MB	500 Mbps-50 Mbps	12-13
<i>busy</i>	0,64	50MB-500MB	50 Mbps-5Mbps	15-16
<i>Extreme busy</i>	0,8	500MB-5GB	5 Mbps-5 Kbps	13-14
<i>Red traffic</i>	0,96	5GB-50GB	5 Kbps-0	14-15

Data atribut pada Tabel diatas menandakan asumsi jam sibuk yang dihitung di Tabel 4 yaitu bobot dari *bandwidth* total perminggu. Data pada Tabel 4 diambil dari *SOPHOS Firewall* ,yang sudah di-*captured* sebelum tanggal pengukuran pasif dan aktif. Data ini diakumulasikan dari setiap jamnya selama satu bulan. Adapun pengumpulan data dalam bentuk bobot ini akan menjadi acuan nilai *fuzzy* untuk atribut dimana kondisi *idle* ada pada jam 11-12, sementara kondisi *red traffic* di jam 14-15 yang tertuang pada Tabel 3.

Tabel 4. Bobot dari Bandwidth Total Perminggu

minggu/jam	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
Minggu-1	2,6	2,8	2,4	4	4,4	4,8
Minggu-2	3,2	3	2	4,6	4,6	3,6
Minggu-3	3	3,2	3,4	4,2	3,6	3,6
Minggu-4	1,8	1,2	3,8	4,8	5,8	3,6
Jumlah	10,6	10,2	11,6	17,6	18,4	15,6
Bobot	2	1	3	5	6	4

Akumulasi *bandwidth* pada Tabel 4 diatas dijumlahkan per-minggu dan menghasilkan jumlah *bandwidth* yang dibandingkan setiap jamnya, sesuai periode jam sibuk pada

penelitian ini. Setelah pemberian nilai *fuzzy*, tahap selanjutnya adalah mengkonversikan data pengukuran pasif dan pengukuran aktif ke dalam nilai *fuzzy* (Tabel 6 dan Tabel 7) dan merubahnya ke dalam bentuk matriks

- c. Tahapan ini menormalisasi kolom pada hasil matriks dari poin (b). cara menormalisasikannya yaitu dengan menghitung nilai performa ternormalisasi yang ditunjukkan oleh Persamaan (4)

$$r_{ij} = \begin{cases} \frac{X_{ij}}{MaxX_{ij}} \\ \\ \frac{Min_{ij}}{X_{ij}} \end{cases} \quad (4)$$

dimana r_{ij} menunjukkan rating performa performance rating dari matriks pada Tabel 6 dan 7 sementara X_{ij} adalah data matriks berupa nilai *fuzzy* yang sudah ditentukan pada Tabel 3. *Min* berarti *minimum*, yang merupakan atribut cost sebagai beban sistem dalam kasus ini yaitu bandwidth sebagai *cost*. Simbol *Max* berarti *Maximum*, yang merupakan atribut benefit, yaitu keuntungan dari sistem, dimana kriteria *speed* yang menjadi atribut benefit.

- d. Step selanjutnya adalah step terakhir untuk penentuan pemeringkatan jam sibuk dimana nilai *preference* dihasilkan untuk setiap alternatif atribut dengan cara menjumlahkan perkalian matriks yang dihasilkan dengan nilai bobot yang ditulis pada Persamaan (5)

$$V_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij} \quad (5)$$

dimana V menjelaskan nilai dari setiap alternatif untuk diranking, W yaitu bobot perankingan dan r adalah nilai performa *rating* (Sahir, Rosmawati, & Minan, 2017). V kemudian disortir mulai dari nilai V yang tertinggi sampai ke nilai V terendah. (Nofriansyah, 2015)

Untuk validasi hasil pemeringkatan nilai V , sistem ini menggabungkan metoda *SAW* untuk meranking nilai *preference* V dan metoda *AHP* sebagai validasi pemeringkatan dengan cara menghitung nilai C_i dan CR yang ditunjukkan oleh Persamaan (6) dan Persamaan (7) sebagai berikut (Yigit, Isik & Ince, 2013)

$$C_i = \frac{t - n}{n - 1} \quad (6)$$

t adalah *eigen max* atau *Imax*, dan n menjelaskan jumlah atribut

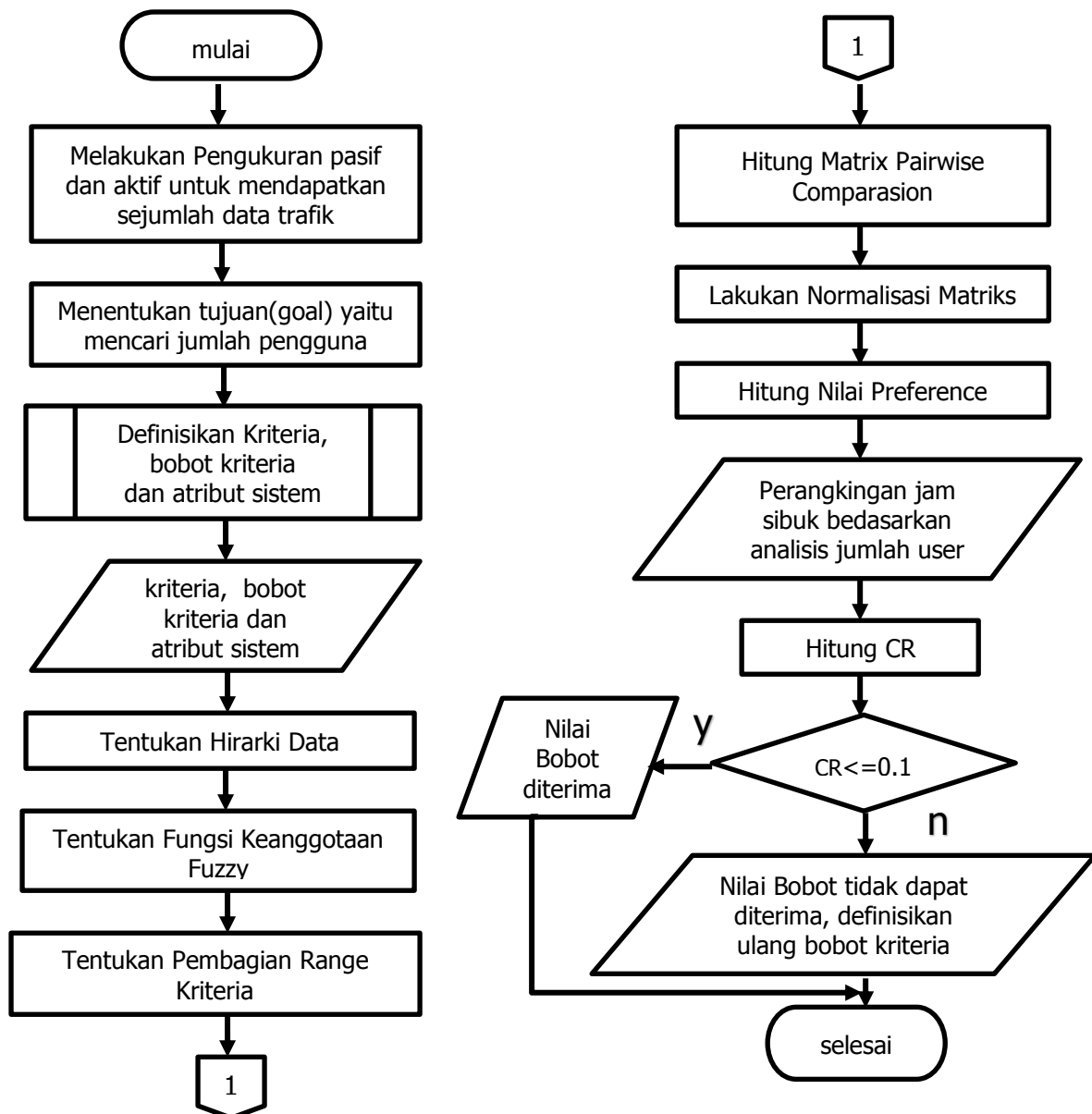
$$CR = \frac{CI}{IR} \quad (7)$$

CR singkatan dari *Consistency Ratio*, CI yaitu *Consistency Index* dan IR berarti *Index Ratio* dimana nilai n dijelaskan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Rasio Indeks

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0,00	0,00	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Nilai *CR* akan dianggap valid bila hasilnya kurang dari sama dengan 0,1 atau 10 %. (**Ungkawa, Faruqi, & Fachrudin, 2019**). Gambar 6 menjelaskan metodologi penelitian dalam bentuk diagram alir, yang menjelaskan langkah-langkah penelitian seluruh fase.



Gambar 6. Diagram Alir Metodologi Penelitian

Perhitungan *Multi Criteria Decision System* yang menggabungkan metoda *Simple Additive Weighting* dan *Analytical Hierarchy Process* ini akan menghasilkan data berupa proses pemeringkatan nilai *V* yang dihasilkan mulai dari nilai *V* tertinggi sampai terendah sebagai hasil peramalan jumlah pengguna di jam sibuk dan menginterpretasikan bahwa peringkat tertinggi sama dengan jumlah maksimum pengguna begitu juga sebaliknya

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 6 adalah data pengukuran pasif dan Tabel 7 merupakan data pengukuran aktif yang semuanya dikonversikan ke dalam skala fuzzy .

Tabel 6. Data Akumulasi Pengukuran Pasif

A	C1	C2 (KB)	Nilai Fuzzy	C3 (MB)	Nilai Fuzzy	C4 (MB)	Nilai Fuzzy	C5 (MB)	Nilai Fuzzy	Nilai Fuzzy
A1	2	1,29	0,16	178,5	0,64	94	0,64	75	0,64	0,32
A2	1	1,24	0,16	279	0,64	120.1	0,64	68.9	0,64	0,16
A3	3	1,27	0,16	236	0,64	49,4	0,48	67,6	0,64	0,48
A4	5	1,27	0,16	261,5	0,64	38,85	0,48	68,6	0,64	0,8
A5	6	1,26	0,16	263	0,64	37,1	0,48	82,8	0,64	0,96
A6	4	1,29	0,16	207,5	0,64	38,8	0,48	77,6	0,64	0,64

Seperti yang sudah dijelaskan pada Tabel 1, C1-C5 pada pengukuran pasif mengkodekan kriteria yang didapat dari pengukuran pasif, dan A1-A6 adalah atribut untuk semua pengukuran (Tabel 2). C1 yaitu *date*, C2 adalah *In NOC 1*, C3 yaitu *In NOC 2*, sementara C4 dan C5 adalah *In* dan *Out* untuk *NOC2*. C2 diakumulasikan dalam satuan *KB (Kilo Bytes)*, C3 –C5 mempunyai satuan *MB (Mega Bytes)*, dan C1 tidak diberi satuan. Untuk atribut , A1 berarti periode jam 10.000-11.00, A2 mengkodekan periode jam 11.00-12.00, begitu seterusnya sampai A6 yang berarti periode 15.00-16.00. Tabel 7 berikut merepresentasikan data pengukuran aktif yang diakumulasikan.

Tabel 7. Data Akumulasi Pengukuran Aktif

A	C 1	Nilai Fuzzy	C2 (G B)	Nilai Fuzzy	C3 (Gbps)	Nilai Fuzzy	C4 (G B)	Nilai Fuzzy	C5 (Mbps)	Nilai Fuzzy	C6 (G B)	Nilai Fuzzy	C7 (Gbps)	Nilai Fuzzy	C 8	Nilai Fuzzy
A 1	2	0,32	29.5	0,8	0,8	0,64	2.8	0,8	83	0,64	27	0,8	0.7	0,32	0	0,16
A 2	1	0,16	45	0,96	1.2	0,64	6.4	0,96	175	0,64	39	0,8	1	0,32	0	0,16
A 3	3	0,48	34	0,8	0.9	0,64	3.9	0,8	108	0,64	30	0,8	0.8	0,32	0	0,16
A 4	5	0,8	52	0,96	1.4	0,64	5.2	0,96	142	0,64	47	0,8	1.3	0,32	0	0,16
A 5	6	0,96	55	0,96	1.5	0,64	6.15	0,96	168	0,64	49	0,8	1.2	0,32	0	0,16
A 6	4	0,64	42	0,8	1.2	0,64	4.4	0,8	121	0,64	38	0,8	1	0,32	0	0,16

C1-C8 menunjukkan kriteria yang berhasil ditangkap dari perangkat lunak *PRTG*. C1 merupakan *date*, C2 merupakan *total bandwidth* dalam satuan *GB (Giga Bytes)*, C3 adalah *total speed* dalam satuan *Gbps (Giga bit per second)*, C4 adalah *Incoming traffic bandwidth (GB)*, C5 yaitu *incoming traffic speed (Mbps)*, C6 adalah *Outgoing traffic bandwidth (GB)*, C7 yaitu *Outgoing traffic speed (GB)* dan C8 mengkodekan waktu *downtime*. Hasil akumulasi untuk semua kriteria pada kedua pengukuran dikonversikan ke dalam nilai *fuzzy* dan diubah ke dalam matrik R_p dan R_a sebagai berikut (p berarti pasif dan a berarti aktif)

$$R_p = \begin{matrix} 0,16 & 0,64 & 0,64 & 0,64 & 0,32 \\ 0,16 & 0,64 & 0,64 & 0,64 & 0,16 \\ 0,16 & 0,64 & 0,48 & 0,64 & 0,48 \\ 0,16 & 0,64 & 0,48 & 0,64 & 0,8 \\ 0,16 & 0,64 & 0,48 & 0,64 & 0,96 \\ 0,16 & 0,64 & 0,48 & 0,64 & 0,64 \end{matrix} R_a = \begin{matrix} 0,32 & 0,8 & 0,64 & 0,8 & 0,64 & 0,8 & 0,32 & 0,16 \\ 0,16 & 0,96 & 0,64 & 0,96 & 0,64 & 0,8 & 0,32 & 0,16 \\ 0,48 & 0,8 & 0,64 & 0,8 & 0,64 & 0,8 & 0,32 & 0,16 \\ 0,8 & 0,96 & 0,64 & 0,96 & 0,64 & 0,8 & 0,32 & 0,16 \\ 0,96 & 0,96 & 0,64 & 0,96 & 0,64 & 0,8 & 0,32 & 0,16 \\ 0,64 & 0,8 & 0,64 & 0,8 & 0,64 & 0,8 & 0,32 & 0,16 \end{matrix}$$

R_p menunjukkan matriks 5x6 dan R_a adalah matriks 8x6. Untuk menghasilkan matriks-matriks bobot, Tabel 8 dan 9 menghitung *matrix pairwise comparasion* untuk kedua pengukuran yang menggunakan Persamaan 1 & 2.

Tabel 8 *Matris Pairwise Comparasion* pada Pengukuran Pasif

Tujuan	C1	C2	C3	C4	C5	Bobot
C1	1	1/4	1/2	1/5	1/3	0,44
C2	4	1	2	4/5	4/3	0,11
C3	2	1/2	1	2/5	2/3	0,22
C4	5	5/4	5/2	1	5/3	0,09
C5	3	3/4	3/2	3/5	1	0,15
Jumlah	15	3,75	7,5	3	5	1

Tabel 8 diatas membandingkan kriteria dari pengukuran pasif secara diagonal berdasarkan bobot yang sudah diberikan pada Tabel 1 dimana setiap baris kriteria berisikan bobot yang sudah dibuat rasionya terhadap setiap kolom kriteria dan begitu sebaliknya. Kolom C1 sampai C5 dijumlahkan ratio perbandingannya pada baris Jumlah agar dihasilkan bobot perbandingan pada kolom bobot dimana bila seluruh bobot dijumlahkan bernilai 1. Dengan perhitungan yang sama , bobot untuk pengukuran aktif diperlihatkan pada Tabel 9.

Tabel 9. *Matrix Pairwise Comparasion* pada Pengukuran Aktif

Kriteria	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Bobot
C1	1	5/2	5/6	5/3	5/7	5/4	5/8	5	0,07
C2	2/5	1	1/3	2/3	2/7	1/2	2/4	2	0,18
C3	6/5	3	1	2	6/7	3/2	6/8	6	0,06
C4	3/5	3/2	3/6	1	3/7	3/4	3/8	3	0,12
C5	7/5	7/2	7/6	7/3	1	7/4	7/8	7	0,05
C6	4/5	2	4/6	4/3	4/7	1	4/8	4	0,09
C7	8/5	4	4/3	8/3	8/7	2	1	8	0,05
C8	1/5	1/2	1/6	1/3	1/7	1/4	1/8	1	0,39
Jumlah	7,2	18	6	12	5,14	9	4,75	36	1

Kedua *matrix pairwise comparasion* ini menghasilkan bobot yang dibutuhkan untuk perhitungan selanjutnya, yaitu mengalikan matriks R_{pn} (*pn=passive normalized*) dengan W_p , dan R_{an} (*an= active normalized*) dengan W_a

$$R_{pn} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0,75 & 1 & 0,32 \\ 1 & 1 & 0,75 & 1 & 0,16 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0,48 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0,8 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0,96 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0,64 \end{bmatrix} W_p = \begin{bmatrix} 0,44 \\ 0,11 \\ 0,22 \\ 0,09 \\ 0,15 \end{bmatrix} R_{an} = \begin{bmatrix} 0,32 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,16 & 0,83 & 1 & 0,83 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,48 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,8 & 0,83 & 1 & 0,83 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,96 & 0,83 & 1 & 0,83 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,64 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} W_a = \begin{bmatrix} 0,07 \\ 0,18 \\ 0,06 \\ 0,12 \\ 0,05 \\ 0,09 \\ 0,05 \\ 0,39 \end{bmatrix}$$

R_{pn} dan R_{an} didapat dari persamaan 3, dimana matriks R_p dan R_a dinormalisasi sesuai dengan kriteria yang menjadi *benefit* atau *cost*. Kolom 1 sampai kolom 5 dari R_{pn} menandakan C1-C5 pada pengukuran pasif dimana semua kriteria *incoming* dan *outgoing* merupakan *benefit* dan hasil normalisasi angkanya merupakan hasil pembagian dengan nilai maksimum bobot angka pada kolom yang sedang dihitung . Kriteria *date* tidak dinormalisasikan karena tidak berhubungan dengan *benefit* ataupun *cost*. R_{pn} akan dikalikan dengan W_p ,dalam bentuk matriks 5x1 yang nilainya didapat dari rasio bobot pada Tabel 8. Untuk pengukuran aktif, Kolom 1 sampai kolom 8 dari R_{an} menunjukkan C1-C8. Kriteria – kriteria dengan sataun *GB* yaitu C2, C4 dan C6 merupakan kriteria benefit sementara C3, C5

dan C7 adalah kriteria *cost*. C1 dan C8 tidak ada hubungannya dengan kriteria *benefit* ataupun *cost*. Sama halnya dengan pengukuran pasif, normalisasi data setiap angka untuk pengukuran aktif didapat dari hasil pembagian dengan nilai maximum, bila datanya merupakan kriteria *benefit*, dan nilai minimum bila data menunjukkan kriteria *cost*. Selanjutnya R_{an} akan dikalikan dengan W_a yang berbentuk matriks 8x1 dimana angkanya didapat dari rasio bobot pada Tabel 9. Matriks R_{pn} setelah dikalikan dengan W_p akan menghasilkan nilai *Preference* (V_i) untuk pengukuran pasif. Begitu juga dengan pengukuran aktif, matriks R_{an} dikalikan dengan W_a menghasilkan nilai *Preference* (V_i) yang keduanya ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Nilai *Preference*

Atribut	Pasif			Aktif		
	V_i	Peringkat	Nilai Fuzzy	V_i	Peringkat	Nilai Fuzzy
A1 (10-11)	$V1=0,853$	5	<i>Extremely Busy</i>	$V1=0,9624$	3	<i>Heavy</i>
A2 (11-12)	$V2=0,829$	6	<i>Red Traffic</i>	$V2=0,9002$	6	<i>Red Traffic</i>
A3 (12-13)	$V3=0,932$	4	<i>Busy</i>	$V3=0,9736$	2	<i>Low</i>
A4(13-14)	$V4=0,98$	2	<i>Low</i>	$V4=0,945$	5	<i>Extremely Busy</i>
A5(14-15)	$V5=1,004$	1	<i>Idle</i>	$V5=0,9562$	4	<i>Busy</i>
A6(15-16)	$V6=0,956$	3	<i>Heavy</i>	$V6=0,9848$	1	<i>Idle</i>

Nilai *preference* tertinggi menjadi nilai trafik terendah di jam sibuk dengan acuan jumlah pengguna, sementara nilai *preference* terendah menjadi nilai acuan trafik tertinggi. Pada pengukuran pasif, nilai *preference* tertinggi yaitu 1,004 ada di A5 (V5) pada pukul 14.00-15.00, sementara nilai *preference* terendah yaitu 0.829 ada di A2 (V2) pada jam 11.00-12.00. Hasil yang serupa tapi berbeda ditunjukkan oleh pengukuran aktif, dimana periode *idle* berada di A6 (V6) yaitu pukul 15.00-16.00 dengan nilai *preference* 0.9848, sementara nilai *preference* terendah dengan nilai 0.9002 menunjukkan trafik tertinggi yang sama-sama berada pada jam 11.00-12.00. Karena sistem ini menghitung kriteria *bandwidth* sebagai *cost* dan *speed* sebagai *benefit*, maka atribut dengan nilai *preference* tertinggi memiliki jumlah user paling sedikit dan atribut dengan nilai *preference* terendah memiliki jumlah user terbanyak. Untuk pengukuran pasif jumlah pengguna terbanyak ada di jam 11-12 siang dan jumlah pengguna paling sedikit ada pada jam 14-15. Pengukuran aktif juga memiliki pengguna terbanyak pada jam 11-12 siang, sementara pengguna paling sedikit ada di jam 15-16, yang periodanya sedikit berbeda satu jam lebih mundur dari pengukuran pasif. Sebagai bentuk validasi dari perancangan ini Tabel 11 sampai Tabel 13 menunjukkan hasil dari perhitungan metoda *AHP* untuk pembuktian nilai *CR*, dimana nilai *CR* akan valid bila hasilnya kurang dari sama dengan 0,1 atau 10% (Ungkawa et al., 2019). Tahapan perhitungan nilai *CR* dimulai dari menghitung vektor prioritas seperti yang ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Vektor Prioritas (V_p)

Kriteria	Pasif		Aktif					
	C1-C5	Bobot	C1-C4	C5	C6	C7	C8	Bobot
C1	0,06	0,06	0,14	0,14	0,14	0,13	0,14	0,14
C2	0,26	0,26	0,5	0,06	0,05	0,1	0,05	0,06
C3	0,13	0,13	0,16	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16
C4	0,3	0,3	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
C5	0,2	0,2	0,19	0,2	0,19	0,18	0,19	0,19
C6	x	X	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
C7	x	X	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
C8	X	x	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

Semua kriteria pada tabel diatas merupakan vektor prioritas yang nilainya dihitung dari rasio kriteria dibagi dengan jumlah kolom dari Tabel 8 untuk pengukuran pasif dan Tabel 9 untuk

pengukuran aktif. Semua rasio pada pengukuran pasif untuk baris C1 terhadap C1-C5 adalah 0.06, untuk C2 adalah 0.26, C3 bernilai 0.13, C4 semua barisnya bernilai 0.3 dan C5 bernilai 0.2 sehingga menghasilkan rata-rata bobot yang sama. Pada pengukuran aktif baris C1-C8 bernilai sama terhadap C1-C4, yaitu 0.14 untuk C1, 0.5 untuk C2, 0.16 pada C3, 0.08 pada C4, 0.19 di C5, 0.1 di C6, 0.2 di C7 dan 0.03 untuk C8. Untuk Kolom C5-C6, ratio terhadap kolom C1-C8 mengalami variasi nilai sehingga dihasilkan bobot rata-rata 0.14 pada C1, 0.06 pada C2, 0.16 pada C3, 0.08 di C4, 0.19 di C5, 0.1 di C6, 0.2 di C7 dan 0.03 pada C8. Tabel 12 menghitung nilai *weight product* yang berasal dari Nilai bobot pada Tabel 8 dan 9 dengan masing- masing nilai vektor prioritas. Sebagai contoh, baris C1 untuk pengukuran pasif pada Tabel 8 dikalikan dengan kolom bobot pengukuran pasif pada vektor prioritas yaitu $(1 \times 0,06) + ((1/4) \times 0,26) + ((1/2) \times 0,13) + ((1/5) \times 0,3) + ((1/3) \times 0,2)$ dan seterusnya sampai C5. Pada pengukuran aktif, baris C1 dikalikan dengan kolom vektor prioritas pengukuran aktif yaitu $1 \times 0,14 + (5/2) \times 0,06 + (5/6) \times 0,16 + (5/3) \times 0,08 + (5/7) \times 0,19 + (5/4) \times 0,1 + (5/8) \times 0,2 + (5 \times 0,03)$ dan seterusnya sampai C8. Nilai-nilai ini menghasilkan *weight product* pada Tabel 12 ditandai dengan kolom $W_c * V_p$ pada kedua pengukuran

Tabel 12. Weight Product

Kriteria	Pasif	Aktif
	$W_c * V_p$	$W_c * V_p$
C1	0,316	1,09
C2	1,26	0,49
C3	0,63	1,31
C4	1,57	0,67
C5	0,95	1,53
C6	X	0,87
C7	X	1,75
C8	x	0,22

Tabel 13 menunjukkan nilai *CI* dan *CR* yang didapat dari membagi nilai *weight product* dengan vector prioritas yang menjadi input untuk menghitung nilai eigen max (*t*) sehingga menghasilkan *CI* dan *CR* sebagai berikut (Tabel 13)

Tabel 13. Hasil CI dan CR

Pasif				Aktif			
$\frac{(W_c * V_p)}{V_p}$	t	CI	CR	$\frac{(W_c * V_p)}{V_p}$	t	CI	CR
5,26	$t = \frac{24,94}{5}$	$CI = \frac{(4,99 - 5)}{(5 - 1)}$	$CR = \frac{-0,01}{1,12}$	7,79	$t = \frac{65,32}{8}$	$CI = \frac{(8,165-8)}{8-1}$	$CR = \frac{0,02}{1,41}$
4,85				8,16			
4,85				8,19			
5,23				8,38			
4,75				8,05			
				8,7			
SUM= 24,94	t=4,99	CI=-0,01	CR=-0,0025	SUM= 65,32	t=8,165	CI=0,02	CR= 0,01

Nilai eigen max (*t*) didapat dari penjumlahan total nilai *weight product* dibagi dengan vektor prioritas dan kemudian dibagi dengan jumlah kriteria. Nilai *t* ini menjadi masukan untuk perhitungan *CI* dan *CR* sesuai dengan persamaan (5) dan persamaan (6). Pada pengukuran pasif dihasilkan nilai $t=4,99$ dan menghasilkan nilai $CI=0,01$ dan $CR=-0,0025$. Sementara pada pengukuran aktif, nilai *eigen max* yang dihasilkan adalah 8,165 sehingga menghasilkan $CI=0,02$ dan $CR=0,01$. Nilai yang menjadi validasi kurang dari sama dengan 10% adalah nilai *CR* (Rohandi, Tuloli, & Jassin, 2018).

4. KESIMPULAN

Hasil perhitungan *CI* dan *CR* pada pengukuran aktif dan pasif membuktikan bahwa nilai kriteria pada tabel 1 bersifat *valid* atau dapat diterima. Pada pengukuran pasif nilai *CI* yang dihasilkan sebesar 0,01 dan nilai *CR* sebesar -0,0025 dan dapat dibulatkan 0. Nilai ini membuktikan bahwa kriteria *In NOC 1* dengan bobot 1, kriteria *In NOC 2* dengan bobot 2, kriteria *date* dengan bobot 3, kriteria *Out NOC 1* dengan bobot 4 dan kriteria *Out NOC 2* dengan bobot 5 dapat diterima. Sementara pada pengukuran aktif nilai *CI* sebesar 0,02 menghasilkan nilai *CR*=0,01 yang artinya bobot kriteria *downtime*, dengan nilai bobot 1, *Total Volume* dengan bobot 2, *In Volume* dengan bobot 3, *Out Volume* yang berbobot 4, *Date* dengan nilai bobot 5, *Total Speed* dengan bobot 6, *In Speed* yang berbobot 7 dan *Out Speed* dengan bobot 8 dapat diterima. Sehingga hasil ini menyimpulkan bahwa jumlah pengguna paling besar dipengaruhi oleh kecepatan *upload (Out speed)*, Kecepatan *download (In Speed)*, *bandwidth upload (Out NOC 2, Out NOC 1, Out Volume)*, diikuti *date*, kemudian *bandwidth download (In Volume, In NOC 2, In NOC 1)* dan kriteria yang paling tidak mempengaruhi adalah *downtime*. Hasil penentuan bobot kriteria yang menyimpulkan seberapa besar pengaruhnya terhadap jumlah pengguna ini, dapat berubah bila kriteria yang dimasukkan atau dijadikan acuan tidak sama dengan kriteria yang telah disebutkan tadi. Bila hal ini terjadi, maka sistem perlu menghitung ulang kriteria-kriteria yang telah didapatkan dengan proses yang sama, yaitu proses *multicriteria decision making* yang mengkombinasikan metoda *SAW* pada proses perankingan dan metoda *AHP* pada pembuktian validasi *CI* dan *CR*. Pada hasil pemeringkatan dengan metoda *SAW*, sistem ini membuktikan bahwa jam sibuk dengan jumlah pengguna terbanyak ada pada jam 11-12 baik untuk pengukuran pasif dan juga aktif. Urutan jam sibuk dengan pengguna terbanyak untuk pengukuran pasif yaitu 11-12, 10-11, 12-13, 15-16, 13-14 dan pengguna paling sedikit ada di jam 14-15. Untuk pengukuran aktif urutan jam sibuknya adalah 11-12, 13-14, 14-15, 10-11, 12-13 dan pengguna paling sedikit ada di jam 15-16.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua karyawan laboratorium TIK dan LPPM ITENAS yang telah mendanai dan juga ikut membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Afshari, A., Mohajed, M., & Yusuff, R. M. (2010). Simple Additive Weighting Approach to Personal Selection Problem. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 1(5), 511-515. doi:10.7763/IJIMT.2010.V1.89
- Dede, G., Kamalakis, T., & Varoutas, D. (2011). Evaluation of Optical Wireless Technologies in Home Networking : An Analytical Hierarchy Approach. *Journal of Optical Communication and Networking*, 3(11), 850-859. doi:https://doi.org/10.1364/JOCN.3.000850

- E, N., Chu, X., Guo, W., & Zhang, J. (2013). *User Data Traffic Analysis For 3G Cellular Networks*. Paper presented at the 2013 8th International Conference on Communications and Networking in China (CHINACOM), Guilin, China.
- Harli, E. (2016). Pemilihan Network Monitoring System Berdasarkan Kajian Efektifitas Sistem Informasi dengan Pendekatan AHP : Studi Kasus pada "PT.TUV". *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, 2(1), 64-70. doi:10.26418/jp.v2i1.15555
- Haryadi, S., & Premitasari, M. (2014). *Traffic analysis of number of request per user and Volume per Request Hits on IP networks*. Paper presented at the 2014 8th International Conference on Telecommunication Systems Services and Applications (TSSA), Kuta, Indonesia.
- Kaliszewski, I., & Podkopaev, D. (2016). Simple additive weighting—A metamodel for multiple criteria decision analysis methods. *Expert Systems with Applications*, 54, 155-161. doi:10.1016/j.eswa.2016.01.042
- Khan, R., Kumar, P., Jayakody, D. N. K., & Liyanage, M. (2019). A Survey on Security and Privacy of 5G Technologies: Potential Solutions, Recent Advancements and Future Directions. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 22(1), 196-248. doi: 10.1109/COMST.2019.2933899
- Mohan, V., Reddy, Y. R. J., & Kalpana, K. (2011). Active and Passive Network Measurements : A Survey. *International Journal of Computer Science and Information Technologies (IJCSIT)*, 2(4), 1372-1385.
- Nofriansyah, D. (2015). *Konsep Data Mining Vs Sistem Pendukung Keputusan* (1 ed.). Sleman: Deepublish.
- Pawestri, D., & Sihwi, S. W. (2012). Perbandingan Penggunaan Metode AHP dan SAW untuk Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Paket Layanan Internet. *ITSMART: Jurnal Teknologi dan Informasi*, 1(2), 74-81. doi: <https://doi.org/10.20961/itsmart.v1i2.596>
- Premitasari, M. (2018). Volume Traffic IP-Based dengan Pemodelan Jam Sibuk. *MIND*, 3(1), 1-14.
- Rohandi, M., Tuloli, M. Y., & Jassin, R. T. (2018). *Priority Determination of Underwater Tourism Site Development in Gorontalo Province using Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Paper presented at the ICIEVE 2017, Manado Indonesia.
- Sahir, S. H., Rosmawati, R., & Minan, K. (2017). Simple Additive Weighting Method to Determining Employee Salary Increase Rate. *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology (IJSRSET)*, 3(8), 42-48.

- Yigit,T., Isik, A. H., & Ince,M. (2013). Web-based Learning Object Selection Software Using Analytical Hierarchy Process. *IET Software*, 174-183.
- Ungkawa, U., Faruqi, R., & Fachrudin, N. F. (2019). Perbandingan Metode Multifactor Evaluation Process dan Analytical Hierarchy Process. Studi kasus :Promosi Jabatan di Biro Kepegawaian Institut Teknologi Nasional Bandung. *MIND Journal*, 4(2), 111-121.