

Evaluasi Kualitas Jaringan Undiksha Harmoni dengan Menggunakan Metode *Quality of Service*

Evaluation of the Quality of the Undiksha Harmoni Network Using the Quality of Service Method

Gede Arna Jude Saskara¹, I Made Edy Listartha², I Putu Surya Dharma Putra³, Kadek Angga Ariyaya Kusuma^{4*}

Program Studi Sistem Informasi, Universitas Pendidikan Ganesha, Indonesia¹²

Program Studi Pendidikan Teknik Informatika, Universitas Pendidikan Ganesha, Indonesia³⁴

jude.saskara@undiksha.ac.id¹, listartha@undiksha.ac.id², surya.dharma.2@undiksha.ac.id³,

angga.ariyaya@undiksha.ac.id⁴

Abstrak

Salah satu Universitas Negeri yang terletak di Bali Utara yaitu Universitas Pendidikan Ganesha (Undiksha) menyediakan layanan jaringan tanpa menggunakan kabel untuk civitasnya. SSID jaringan yang terdapat di area kampus Undiksha yaitu "Undiksha Harmoni". Jaringan komputer ketika sudah di implementasikan tentunya harus dilakukan Evaluasi kualitas layanannya agar kualitasnya tetap terjaga. Mengukur kualitas jaringan dapat menggunakan metode *Quality of Service* (QoS). Sejak awal jaringan Wi-Fi di Undiksha yaitu "Undiksha Harmoni" diimplementasikan, hingga saat ini belum pernah dievaluasi kualitas layanannya sehingga belakangan ini berdasarkan hasil observasi di lapangan dan kuisioner terhadap mahasiswa sering terjadi permasalahan seperti akses yang lambat dan tidak dapat terhubung ke jaringan. Berdasarkan permasalahan tersebut, tentunya perlu melakukan evaluasi kualitas layanan pada jaringan Wi-Fi "Undiksha Harmoni" dengan menggunakan QoS. Terdapat 4 parameter yang menjadi tolak ukur dalam evaluasi jaringan yang menggunakan QoS yaitu: *Throughput*, *Delay*, *Jitter* dan *Packet Loss*. Parameter tersebut akan diukur di Area Undiksha pada saat jaringan sedang sibuk dan saat sepi. Hasil pengukuran tersebut akan di hitung sesuai dengan persamaan masing-masing parameter dan kemudian ditarik kesimpulan berdasarkan standar penilaian parameter QoS yaitu TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*). Berdasarkan penelitian dengan menggunakan metode *action research* didapatkan bahwa indeks rata-rata *Throughput* adalah 3,93, indeks rata-rata *Delay* adalah 4, indeks rata-rata *Packet Loss* adalah 3,8 dan indeks rata-rata *Jitter* adalah 3, lalu dicari nilai rata-rata dari keempat nilai tersebut maka didapatkan rata-rata yaitu 3,68 yang jika diklasifikasikan berdasarkan standar TIPHON kualitas jaringan Wi-Fi Undiksha dengan SSID "Undiksha Harmoni" Memuaskan.

Kata kunci: Evaluasi; QoS; TIPHON; Undiksha.

Abstract

One of the State Universities located in North Bali, namely Ganesha Education University (Undiksha), provides wireless network services without using cables for its community. The network SSID found in the Undiksha campus area is "Undiksha Harmony". Once the computer network is implemented, it is necessary to evaluate its service quality to maintain its quality. Measuring network quality can be done using the *Quality of Service* (QoS) method. Since the implementation of the Wi-Fi network at Undiksha, namely "Undiksha Harmony", its service quality has never been evaluated until now, thus leading to recent issues observed in the field and through student questionnaires such as slow access and inability to connect to the network. Based on these issues, it is necessary to evaluate the service quality of the "Undiksha Harmony" Wi-Fi network using QoS. There are 4 parameters used as benchmarks in evaluating networks using QoS: *Throughput*, *Delay*, *Jitter*, and *Packet Loss*. These parameters will be measured in the Undiksha area during busy and quiet times. The measurement results will be calculated according to the equations of each parameter and conclusions will be drawn based on the QoS parameter assessment standards, namely TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*). Based on research using the action research method, it was found that the average *Throughput* index is 3.93, the average *Delay* index is 4, the average *Packet Loss* index is 3.8, and the average *Jitter* index is 3. Then, the average value of these four indices is calculated, resulting in an average of 3.68, which, if classified according to TIPHON standards, indicates that the quality of the Undiksha Wi-Fi network with the SSID "Undiksha Harmony" is satisfactory.

Keywords: Evaluation; QoS; TIPHON; Undiksha

Naskah diterima 9 Januari 2024; direvisi 20 Februari 2024; dipublikasi 5 Maret 2024.
JATI is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



1. Pendahuluan

Dalam era digital saat ini, koneksi internet menjadi salah satu kebutuhan pokok bagi kebanyakan orang. Oleh karena itu, jaringan Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) menjadi sangat penting dalam menyediakan akses internet

bagi banyak pengguna. Jaringan *Wi-Fi* dan Internet hampir dapat ditemui di setiap tempat seperti rumah, restoran, kantor, cafe, sekolah, universitas maupun tempat umum [1]. Melakukan konfigurasi jaringan *wireless* untuk terhubung ke internet merupakan proses yang mudah. Hanya dalam waktu beberapa menit sebuah perangkat dapat terhubung ke internet menggunakan jaringan *wireless* [2]. Disamping itu tanpa memerlukan penggunaan kabel, perangkat pengguna bisa terhubung ke internet selama berada dalam jangkauan dari jaringan *wireless*, istilah yang digunakan untuk jenis jaringan ini adalah *Wi-Fi*. *Wi-Fi* adalah istilah umum yang digunakan untuk sistem *Wireless Local Area Network (WLAN)*. *WLAN* menggunakan standar komunikasi *IEEE 802.11*, yang diperkenalkan pertama kali pada tahun 1999 dan dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan konektivitas perangkat *WLAN* di rumah dan kantor [3]. Awalnya, perkembangan *WLAN (Wireless Local Area Network)* kecepatan transfer data maksimum terbatas hanya pada 2 *Megabit Per Second (Mbps)*. Namun, seiring berjalannya waktu dan kemajuan teknologi, industri nirkabel mengalami perkembangan yang signifikan. Saat ini lonjakan kecepatan yang mengagumkan, dengan *WLAN* mampu mencapai 540 *Megabit Per Second (Mbps)*. Peningkatan ini tidak hanya mencakup peningkatan kecepatan, tetapi juga mencerminkan efisiensi dan daya tahan jaringan yang semakin baik [4]. Perkembangan ini menjadi kunci utama dalam mendukung aplikasi dan layanan modern yang semakin kompleks dan menuntut, seperti *streaming* video berkualitas tinggi, *gaming online* tanpa hambatan, dan penggunaan intensif data lainnya. Kecepatan transfer data *WLAN* yang semakin tinggi tidak hanya meningkatkan pengalaman pengguna, tetapi juga mendukung pertumbuhan ekosistem digital yang terus berkembang. Oleh karena itu, evolusi kecepatan *WLAN* menjadi representasi nyata dari kemajuan teknologi nirkabel yang telah memberikan dampak positif dalam menghubungkan dunia secara lebih cepat, andal, dan efisien.

Meskipun teknologi *Wi-Fi* telah berkembang pesat selama beberapa tahun terakhir, namun masih terdapat berbagai masalah yang sering dihadapi dalam penggunaannya, seperti masalah kualitas layanan yang buruk, performa jaringan yang tidak stabil [5]. Hal ini dapat terjadi karena berbagai faktor yang mempengaruhi, misalnya interferensi, gangguan elektromagnetik, dan volume pengguna yang tinggi. Seperti halnya di Kampus Universitas Pendidikan Ganesha, yang saat ini sudah tersedia jaringan *Wi-Fi* dengan nama *SSID "Undiksha Harmoni"*. Berdasarkan hasil observasi dan juga kuisioner kepada mahasiswa terdapat berbagai masalah yang dialami ketika menggunakan *Wi-Fi* di area kampus, beberapa diantaranya adalah terkadang akses *website* yang sangat lambat, jaringan yang sering terputus, dan terkadang tidak dapat masuk ke jaringan *Wi-Fi* kampus.

Untuk mengatasi situasi tersebut, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan penerapan *IEEE* pada jaringan *Wi-Fi* [6]. Menurut penjelasan yang terdapat dalam *CCITT E.800, Quality of Service (QoS)* merujuk pada efek kolektif dari layanan yang menentukan tingkat kepuasan pengguna terhadap layanan tersebut. Konsep *QoS* ini mencakup berbagai aspek, seperti keandalan, latensi, dan kapasitas jaringan. Penilaian kepuasan pengguna melibatkan pengukuran kualitas layanan dari sudut pandang pelanggan, termasuk respons waktu, ketepatan pengiriman data, dan kemampuan jaringan untuk menangani beban lalu lintas. Dengan memahami dan menerapkan standar *QoS* seperti yang diuraikan dalam *CCITT E.800*, organisasi dapat meningkatkan mutu layanan mereka, memastikan pengalaman pengguna yang lebih baik, dan memenuhi ekspektasi yang semakin tinggi dalam lingkungan komunikasi modern [7]. Adapun penjelasan lain, *QoS* dapat dijelaskan sebagai metode pengukuran kualitas jaringan dan upaya untuk mendefinisikan karakteristik serta sifat dari suatu layanan [8]. *QoS* memiliki parameter yang dijadikan acuan untuk melakukan pengukuran diantaranya adalah *Bandwidth*, *Packet Loss*, *Delay*, *Jitter*, dan *Throughput* [9]. Pengukuran parameter *QoS* tersebut tentunya menerapkan standarisasi internasional yaitu *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON)* [10].

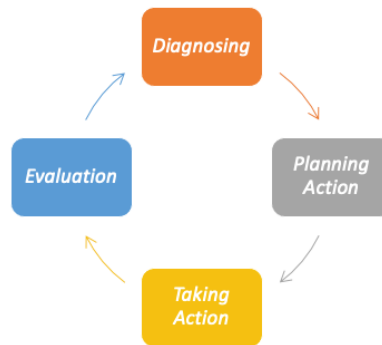
Beberapa penelitian sebelumnya telah dilaksanakan untuk mengevaluasi kualitas jaringan *Wi-Fi* dengan *QoS*. Beberapa penelitian sebelumnya telah dilaksanakan untuk mengevaluasi kualitas jaringan *Wi-Fi* dengan *QoS*. Pada penelitian Trihantoro yang menganalisis kualitas jaringan nirkabel di SMK Negeri 1 Bantul berdasarkan *QoS* melibatkan pengukuran *Delay*, *Packet Loss*, *Jitter* dan *Bandwidth* yang dilakukan pengukuran selama 1 minggu dan akan dicari nilai rata-ratanya dan disesuaikan dengan standar *TIPHON* dan Permenkominfo No. 2 Tahun 2013. Penelitian dilakukan dengan lima tahapan kegiatan. Tahapan-tahapan dalam penelitian ini meliputi penentuan program, penentuan variabel, penentuan indikator, observasi serta analisis data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas layanan (*QoS*) jaringan nirkabel di SMK Negeri 1 Bantul menunjukkan hasil yang bervariasi. Beberapa jaringan nirkabel mendapatkan hasil yang bagus dikarenakan memiliki nilai *Bandwidth* lebih besar dari 1 *mbps*, *Delay* lebih kecil dari 300 *ms*, *Jitter* lebih kecil dari 75 *ms*, dan *Packet Loss* lebih kecil dari 15%, dan ada yang mendapatkan kualitas yang jelek karena memiliki *Bandwidth* lebih kecil dari 1 *mbps*, *Delay* lebih besar dari 450 *ms*, *Jitter* lebih besar dari 150 *ms* dan *Packet Loss* yang lebih besar dari 25% [11]. Dalam penelitian lain yang dilakukan oleh Putra, analisis *Quality of Service* pada jaringan komputer Kesato Digital Agency yang memperhatikan parameter *Throughput*, *Delay*, *Jitter*, dan *Packet Loss*. Pengukurannya dibantu dilakukan selama 1 minggu dengan menggunakan tools *Wireshark* dan menyesuaikan waktu sibuk dan waktu renggang di kantor. Tahap pertama dalam penelitian ini

mengumpulkan studi literatur yang terkait dengan penilaian kualitas jaringan. Selanjutnya tahap kedua adalah mengidentifikasi atas permasalahan jaringan yang ada. Tahapan berikutnya yaitu mengumpulkan data yang berkaitan dengan penelitian melalui observasi dan wawancara. Tahapan Selanjutnya yaitu mendeskripsikan topologi jaringan. Tahap kelima yaitu mengamati paket data dengan menggunakan aplikasi *wireshark* untuk menilai kualitas jaringan dengan menggunakan parameter *QoS*. Proses terakhir adalah menganalisa kualitas jaringan dan memberikan evaluasi pada pengelolaan jaringan komputer. Penilaian pada *Jitter* menunjukkan pada *Graphic Design Division (GDD)*, *Social Media Division (SMD)*, *Public & Meeting Room (PMR)* dan *SEO Division* masuk kedalam kategori baik. Sedangkan pada *Development Division (DD)* masuk ke kategori tidak bagus. Penilaian *Packet Loss* menunjukkan *Social Media Division (SMD)*, *Public & Meeting Room (PMR)* *SEO Division* dan *Development Division (DD)* dalam kategori sangat bagus dan *Graphic Design Division (GDD)* dalam kategori bagus. Penilaian *Delay* menunjukkan rata-rata *Delay* < 150 ms, sesuai standar *TIPHON* masuk kedalam kategori sangat bagus. Penilaian *Throughput* menunjukkan rata-rata masuk kedalam kategori buruk sedangkan *SEO Division* masuk kedalam kategori Cukup [12]. Penelitian yang dilakukan oleh Hasbi membahas evaluasi *Quality of Service (QoS)* pada jaringan internet di kantor pusat King Bukopin. Dalam riset ini, pengukuran dilaksanakan dengan menggunakan bantuan *software Wireshark* untuk mengukur parameter *Throughput*, *Packet Loss*, *Delay*, dan *Jitter*. Pengukuran dilaksanakan sekali selama jangka waktu 42 detik agar mendapatkan data yang mewakili. Temuan dari penelitian menunjukkan bahwa kualitas jaringan internet di kantor pusat King Bukopin tergolong sangat baik, dengan nilai *Throughput* mencapai 345 kbits/s, tingkat *Packet Loss* sebesar 0%, *Delay* sekitar 1.124 ms, dan *Jitter* sekitar 8.165 ms. Hasil ini mengindikasikan bahwa jaringan internet di kantor pusat King Bukopin dapat dianggap sebagai stabil dan unggul. Selain itu, analisis *PIECES* juga menunjukkan performa yang memuaskan dalam kategori kinerja, informasi, ekonomi, pengendalian, efisiensi, dan layanan. Dengan demikian, penelitian ini memberikan pemahaman mendalam mengenai kualitas jaringan internet di kantor pusat King Bukopin dan menghasilkan evaluasi yang memuaskan berdasarkan analisis *PIECES* [8]. Penelitian lain dilakukan oleh Mahmud dengan melakukan penerapan *Quality of Service (QoS)* dalam evaluasi kualitas jaringan komputer di Hotel MaxOne Palembang. Penelitian ini menggunakan metode action research dan mengukur empat parameter kunci, yakni *Throughput*, *Packet Loss*, *Delay*, dan *Jitter*, dengan *Wireshark* sebagai alat pengukuran. Metodologi penelitian melibatkan tahapan diagnosa, perencanaan tindakan, pelaksanaan tindakan, dan evaluasi. Penelitian ini memberikan wawasan mendalam tentang kinerja jaringan *Wi-Fi* di Hotel MaxOne Palembang. Hasil riset menunjukkan bahwa kualitas jaringan di hotel tersebut sangat memuaskan, yang dapat dijadikan sebagai referensi bagi hotel-hotel lain dalam meningkatkan mutu layanan jaringan komputer mereka. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pemahaman implementasi *QoS* dalam evaluasi kualitas jaringan komputer, khususnya di lingkungan hotel [9].

Meskipun banyak penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, namun masih banyak terdapat kekurangan dalam menerapkan *QoS* pada jaringan *Wi-Fi*, Sebagian besar masih dalam pengguna jaringan yang tidak terlalu padat dibandingkan dengan sebuah Universitas. Selain itu juga pengukuran dilakukan pada jaringan yang terhubung internet. Dari permasalahan yang didapatkan dari hasil observasi dan kuisioner dan juga berdasarkan permasalahan yang sering terjadi pada jaringan pada penelitian sebelumnya, perlu dilakukan penelitian Evaluasi Kualitas Jaringan Undiksha Harmoni dengan menggunakan *Quality of Service (QoS)*. Pengukuran parameter dalam penelitian ini mencakup *Bandwidth*, *Throughput*, *Delay*, *Jitter*, dan *Packet Loss*. Pengukuran akan dilaksanakan selama 3 hari pada saat kondisi jaringan sedang sibuk dan saat sepi.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini secara khusus mengadopsi metode penelitian pengembangan yang dikenal sebagai *Action Research*. Model *Action Research* menciptakan sintesis unik antara praktik dan teori, di mana penelitian tidak hanya dipahami sebagai suatu tindakan ilmiah, tetapi juga sebagai proses pelaksanaan tindakan konkret. Dalam pendekatan ini, penelitian tidak terpisah dari implementasi tindakan, melainkan terjadi secara simultan. Tujuan utama dari *Action Research* adalah memberikan kontribusi pada dua tingkat utama. Pertama, pada tingkat praktis, penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi konkret dan efektif terhadap permasalahan yang dihadapi manusia atau organisasi. Kedua, pada tingkat akademis, penelitian ini berupaya untuk memajukan pemahaman ilmu dan masyarakat, membawa pengembangan pengetahuan dan sosial secara bersamaan. Dengan mengintegrasikan pengetahuan praktis dan teoretis, *Action Research* menjadi alat yang kuat untuk merangsang perubahan positif [13]. Tahapan pada *Action Research* terdiri atas siklus *Diagnosing* (masalah), *Planing Action* (Perencanaan Tindakan), *Taking Action* (Pelaksanaan Tindakan) dan *Evaluation Action* (Evaluasi Tindakan). Gambaran proses *Action Research* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses Action Research

Berikut merupakan penjelasan untuk setiap tahapan penelitian *Action Research*:

a. Tahap *Diagnosing*

Tahapan *Diagnosing* merupakan tahapan untuk melakukan identifikasi permasalahan pokok yang menjadi inti dari penelitian. Tahapan *diagnosing* dilakukan melalui analisis pada jaringan *Wi-Fi* "Undiksha Harmoni", selain melakukan analisis dilakukan juga pengumpulan data-data mengenai infrastruktur jaringan, dan data trafik penggunaan jaringan.

b. Tahap *Planning Action*

Tahapan selanjutnya adalah melakukan perancangan atau *Planning Action*. Tahapan ini melibatkan analisis dan pemahaman terhadap permasalahan dan diikuti dengan perencanaan tindakan yang tepat untuk melakukan pengujian terhadap kinerja jaringan *Wi-Fi* "Undiksha Harmoni". Tahapan *planing action* adalah menyusun topologi tahapan evaluasi dan juga cara pengukuran.

c. Tahap *Taking Action*

Pada tahapan ini adalah melakukan atau menerapkan semua yang sudah di rencanakan pada tahapan *Planning Action*, yaitu melakukan pengukuran *QoS* pada jaringan *Wi-Fi* "Undiksha Harmoni" pada waktu, tempat dan juga skenario yang sudah di rencanakan pada tahapan sebelumnya.

d. Tahap *Evaluation*

Tahap terakhir yaitu melakukan evaluasi dari tahapan sebelumnya yaitu *Taking Action*. Tahapan ini melakukan penilaian berdasarkan hasil pengukuran *QoS* pada jaringan yang kemudian di simpulkan berdasarkan standar yang sudah tentukan yaitu berdasarkan standar *TIPHON*. Parameter yang digunakan sebagai standar *TIPHON* adalah *Throughput*, *Delay*, *Jitter*, dan *Packet Loss*. Berikut Penjelasan dari masing-masing parameter.

1. *Throughput*

Throughput adalah istilah untuk *Bandwidth* sebenarnya yang diukur pada rentang waktu tertentu ketika data dikirim melalui media transmisi. *Throughput* juga dapat menggambarkan banyaknya paket yang berhasil dikirim melalui suatu media, paket tersebut diperhatikan selama periode tertentu, lalu dibagi dengan waktu yang diperlukan untuk pengiriman paket tersebut hingga diterima oleh perangkat lain [14]. Dengan kata lain, *Throughput* dihitung sebagai hasil bagi antara total keseluruhan data yang berhasil terkirim dan waktu yang dibutuhkan untuk mengirim data. Oleh karena itu, untuk mengukur *Throughput* dapat menggunakan Persamaan 1 berikut:

$$Throughput = \frac{\text{jumlah Data yang diterima (Kb)}}{\text{Lama Pengiriman data (s)}} \quad (1)$$

Berdasarkan standarisasi dari *TIPHON*, kualitas layanan jaringan komputer dapat dikategorikan menjadi 4 kategori. Berikut merupakan tabel kategori *Throughput* yang ditunjukkan pada tabel 1 berikut:

Kategori	<i>Throughput</i> (%)	Indeks
Sangat bagus	100%	4
Bagus	75%	3
Sedang	50%	2
Jelek	<25%	1

Kategori *Throughput* menurut *TIPHON* diklasifikasikan menjadi 4 kategori sesuai dengan tabel 1. Perhitungan untuk menentukan persentase *Throughput*, dapat digunakan Persamaan 2 berikut ini:

$$\text{Persentase Throughput} = \frac{\text{Throughput}}{\text{Alokasi Bandwidth User}} \times 100\% \quad (2)$$

Dari pengukuran tersebut tentunya nanti akan mendapatkan nilai besaran persentase *Throughput*. Besaran persentase ini nantinya dapat dikategorikan berdasarkan standar yang sudah ditetapkan.

2. Delay

Dalam konteks *Quality of Service (QoS)*, Delay atau sering disebut sebagai waktu tunda, merujuk pada interval waktu yang dibutuhkan oleh data untuk dikirimkan dari titik awal hingga berhasil diterima di tujuan. *Quality of Service (QoS)*, Delay merujuk pada interval waktu yang dibutuhkan oleh data untuk dikirimkan dari titik awal hingga diterima di tujuan [15]. Dalam suatu jaringan, mengukur dan mengelola *delay* menjadi kritis untuk memastikan performa yang diinginkan, terutama dalam aplikasi yang memerlukan respons cepat seperti video konferensi atau *game online*. Delay dapat disebabkan oleh berbagai hal diantaranya yaitu media transmisi yang digunakan, kemudian jarak dari perangkat pengguna hingga ke penerima, terjadi kongesti dikarenakan pengalamatan dan juga kualitas perangkat jaringan. Yang perlu diperhatikan pada *delay* adalah semakin besar nilai *delay* maka jaringan sedang mengalami peningkatan jumlah pengguna [16]. Tabel 2 di bawah ini menunjukkan kategori standarisasi *TIPHON*, yang merupakan evaluasi kualitas jaringan.

Tabel 2. Kategori Delay

Kategori Delay	Besar Delay	Indeks
Sangat Bagus	< 150 ms	4
Bagus	150 ms – 300 ms	3
Sedang	300 ms – 450 ms	2
Tidak Bagus	> 450 ms	1

Kategori *Delay* menurut *TIPHON* diklasifikasikan menjadi 4 kategori sesuai dengan tabel 2. Persamaan 3 berikut ini berfungsi untuk menentukan nilai rerata *Delay* yang dilakukan dengan pemantauan jaringan pada interval waktu tertentu.

$$\text{Rata – rata Delay} = \frac{\text{Jumlah Delay}}{\text{Jumlah Paket yang diterima}} \quad (3)$$

3. Jitter

Variasi waktu kedatangan atau paket yang diterima (*Delay*) merupakan *Jitter*, variasi tersebut berkaitan dengan *latency*, yang merupakan banyaknya variasi *delay* ketika data ditransmisikan melalui media transmisi [17]. Delay antrian data pada perangkat jaringan seperti *Router* dan *Switch* akan menghasilkan *Jitter*. Variasi tersebut dikarenakan oleh Variasi pengolahan data dari perangkat jaringan, banyaknya paket yang mengantri pada jaringan, hingga waktu yang digunakan untuk mengumpulkan paket sampai pada [18]. Tabel 3 di bawah ini merupakan kategori kualitas layanan jaringan berdasarkan dengan nilai *jitter* menurut standar *TIPHON*.

Tabel 3. Kategori Jitter

Kategori Jitter	Jitter	Indeks
Sangat Bagus	0 ms	4
Bagus	0 ms – 75 ms	3
Sedang	75 ms – 125 ms	2
Jelek	125 ms – 225 ms	1

Kategori *jitter* menurut *TIPHON* diklasifikasikan menjadi 4 kategori sesuai dengan tabel 3. Perhitungan untuk mendapatkan nilai *jitter* adalah dengan mengukur nilai *delay* rata-ratanya terlebih dahulu, kemudian nilai *delay* dikurangi dengan nilai *delay* rata-rata. Kemudian dibagi dengan jumlah paket yang diterima. Berikut Persamaan 4 dan 5 untuk menghitung *Jitter*:

$$\text{Variasi Delay} = \sum_1^n (\text{Delay } 1 - \text{Nilai Rata – rata Delay}) \quad (4)$$

$$Jitter = \frac{Variasi\ Delay}{Total\ Packet\ Yang\ diterima} \quad (5)$$

4. Packet Loss

Parameter *Packet Loss* mengindikasikan seberapa banyaknya paket data yang tidak berhasil sampai ke tujuan melalui media transmisi. Kehilangan paket tersebut sering kali terjadi karena adanya tabrakan antar paket data (*Collision*) dan kepadatan paket data (*Congestion*) dalam jaringan [19]. Sehingga adanya *Collision* dan *Congestion* tersebut sangat berpengaruh pada seluruh aplikasi sehingga menyebabkan aplikasi melakukan pengiriman paket kembali, yang menyebabkan efisiensi jaringan menjadi berkurang [20]. Nilai *Packet Loss* berdasarkan standar *TIPHON* dapat dikategorikan seperti pada tabel 4 berikut:

Kategori Packet Loss	<i>Packet Loss</i>	Indeks
Sangat Bagus	0%	4
Bagus	3%	3
Sedang	15%	2
Jelek	25%	1

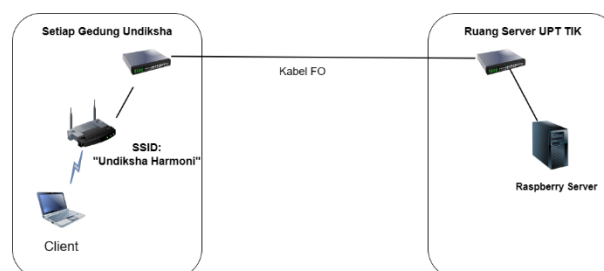
Kategori *Packet Loss* menurut *TIPHON* diklasifikasikan menjadi 4 kategori sesuai dengan tabel 4. Berikut Persamaan 6 yang digunakan untuk mengetahui kategori dari *Packet Loss*:

$$Packet\ loss = \frac{(Packet\ yang\ dikirim - Packet\ yang\ diterima)}{Packet\ data\ yang\ dikirim} \times 100\% \quad (6)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Proses evaluasi kualitas jaringan yang menggunakan metode *QoS* terdapat beberapa tahapan, tahapan pertama adalah melakukan *Diagnosing*, pada tahapan ini peneliti menganalisis lokasi penelitian. Lokasi penelitian adalah Universitas Pendidikan Ganesha. Di Undiksha terdapat banyak Gedung diantaranya, Gedung Rektorat, Gedung Fakultas Kedokteran, Gedung Fakultas Teknik dan Kejuruan, Gedung Fakultas Matematika dan IPA, Gedung Perpustakaan, Gedung Pascasarjana, Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan, Gedung Fakultas Bahasa dan Seni, Gedung Fakultas Hukum dan Ilmu Sosial, Gedung Fakultas Ekonomi, Gedung Plaza Undiksha, Gedung Seminar Umum, Gedung Auditorium dan Parhyangan. Setiap gedung dilengkapi dengan ruangan yang menyediakan *access point*, namun dikarenakan jumlah ruangan yang cukup banyak, penulis menggabungkan data dari seluruh ruangan ke dalam satu gedung.

Setelah tahapan *diagnosing*, dilanjutkan dengan tahapan *Planing Action*. Pada tahapan ini peneliti menyusun rencana evaluasi. Tahapan pertama pada *planning action* adalah menyusun topologi evaluasi. Dimana topologinya adalah peneliti akan terhubung pada *SSID* di setiap Gedung dan melakukan pengujian dengan menggunakan Iperf3 dan *ICMP* yang ditujukan ke *Server* yang berada pada lokasi UPA TIK yang berdekatan dengan *Router*. Berikut gambaran dari topologinya pada gambar 2.



Gambar 2. Evaluasi *QoS* Undiksha Harmoni

Selain merencanakan topologi jaringan, juga membuat agenda untuk melakukan pengukuran selama lima hari kerja: Senin, Selasa, Rabu, Kamis, dan Jumat. Pengukuran dilakukan pada waktu yang berbeda, seperti pagi, siang, dan sore dengan mempertimbangkan aktivitas sibuk di kampus. Waktu pengujian pada pagi hari dilakukan mulai jam 7 pagi hingga jam 10 pagi karena pada jam tersebut banyak mahasiswa dan staf akademik mulai datang ke kampus untuk memulai hari kerja dan kuliah, siang hari dari jam 11 pagi sampai 1 siang dipilih karena pada rentang waktu tersebut merupakan waktu istirahat atau makan siang bagi sebagian besar mahasiswa dan staf kampus, sehingga dapat memberikan gambaran respons saat kampus sedang ramai dengan

aktivitas sosial dan akademik, dan sore hari dari jam 5 sore hingga jam 7 malam dipilih karena pada jam tersebut kampus cenderung sepi, karena rendahnya mahasiswa dan staf kampus yang beraktivitas di kampus. Dengan demikian, pemilihan waktu pengukuran pada jam-jam tersebut di kampus ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang representatif tentang respons terhadap berbagai situasi yang terjadi selama hari di lingkungan kampus.

Setelah ditetapkan jadwal pengukuran dan teknis pengukuran pada tahapan *Planing Action*, Selanjutnya adalah melakukan pengujian terhadap kualitas *SSID* undiksha harmoni dengan menggunakan aplikasi *iperf3* dan *ICMP*. Pada tahapan ini juga *server* sudah siap dengan alamat yaitu 10.10.10.10. pada pengujian tentunya mengukur *Throughput*, *Delay*, *Jitter* dan *Packet lost*. Sebelum melakukan pengukuran tahapan pertama adalah menginstall aplikasi yang akan digunakan yaitu *iperf3*. Untuk mendownload aplikasi dapat mengakses link : <https://iperf.fr/iperf-download.php> silahkan pilih sesuai dengan jenis Sistem Operasi yang digunakan. Kemudian ketika sudah selesai *download* kemudian di *extract* dan simpan pada *folder* yang diinginkan (contoh: My Document, dll). Untuk menjalankan *Iperf3* tidak dapat langsung di klik 2x, namun harus dijalankan melalui *command prompt/terminal*. Cara singkat untuk masuk ke *terminal/command prompt* adalah dengan membuka *file explorer* tempat penyimpanan *file* *iperf3.exe*. kemudian pada *URL* folder, ketik *cmd*, kemudian tekan *enter*, sehingga muncul *command prompt* dan direktori sesuai dengan lokasi penyimpanan *iperf3.exe*. sebelum memulai sebaiknya penulis memahami beberapa *syntax* yang dapat digunakan pada *iperf3* untuk mengetahui *syntax* yang dapat digunakan penulis dapat menjalankan perintah: `<dir>iperf3.exe -h`. Beberapa *syntax* untuk menjalankan *iperf3* yaitu:

<code>-s</code>	: sebagai mode <i>server</i>
<code>-c</code>	: sebagai mode <i>client</i>
<code>-u</code>	: <i>protocol UDP</i>
<code>-i</code>	: interval waktu pengiriman paket dalam <i>second</i>
<code>-p</code>	: <i>port</i> yang akan diaktifkan dan dituju
<code>-t</code>	: waktu pengiriman paket
<code>-b</code>	: besaran <i>bandwidth</i> pengiriman
<code>--get-server-output</code>	: menampilkan <i>output</i> yang dihasilkan di sisi <i>server</i> pada <i>client</i>
<code>--logfile</code>	: menyimpan hasil <i>output</i> menjadi <i>file</i>

Tahapan Selanjutnya menjalankan *iperf3* sebagai mode *server* untuk dapat menerima semua data yang dikirimkan sesuai dengan *protocol* yang akan digunakan. *Syntax* untuk menjalankan *iperf3* menjadi mode *server* adalah:

```
<dir>iperf3.exe -s
```

Selain dengan menggunakan *iperf3.exe*, pengujian juga menggunakan perintah *Ping* pada *command prompt* untuk *protocol ICMP*. Perintah ini digunakan untuk mengukur *delay* dan juga *packet loss*.

3.1 Pengujian

Jika sudah menjalankan mode *server*, selanjutnya penulis dapat melakukan pengukuran:\

1. Mengukur *Throughput*

Untuk mengukur *Throughput* menggunakan bantuan aplikasi *Iperf3* yang menggunakan *protocol TCP* dalam proses *capture* datanya. *Syntax* untuk menjalankan dan mengukur *throughput* adalah:

```
<dir>iperf3.exe -c (ip server) -i 1 -t 600 --get-server-output --logfile coba1.csv
```

Penjelasan dari *syntax* diatas adalah: Contoh, Melakukan *iperf3* dengan tujuan IP 10.10.10.10 dengan interval 1 *second* selama 600 *second* atau selama 10 menit, dan menampilkan *output* yang sama seperti pada *server*, dan disimpan pada file yaitu *coba1.csv*. Ketika sudah 10 Menit, pada folder tempat penyimpanan *iperf3.exe* akan muncul file *coba1.csv* kemudian dapat dibuka dengan menggunakan *excel*. Dari data tersebut, sesuaikan satuan dari masing-masing data, yaitu *file transfer* dan *bitrate*, dll. Untuk mengukur *throughput*, pada file *excel* silahkan cari jumlah besar file yang dikirim selama 600 s. Dari file *Coba1.csv*, didapatkan besar file yang dikirim selama 600 s adalah sebesar 8.17 *GBytes*. Dengan *bitrate* 117 *Mbits/second*. Kemudian perhitungan *throughput* ditunjukkan pada perhitungan berikut.

$$\text{Throughput} = \frac{8.17 \text{ Gbytes}}{600 \text{ s}} = \frac{66928.64 \text{ Mbits}}{600 \text{ s}} = 111.548$$

Dari perhitungan sesuai dengan persamaan pada penjelasan diatas, didapatkan besaran *Throughput* adalah 111.548. kemudian persentasi *throughput*nya ditunjukkan pada perhitungan berikut.

$$\text{Persentase Throughput} = \frac{111.548 \text{ Mbits/s}}{117 \text{ Mbits/s}} \times 100 = 95,34\%$$

Dari evaluasi persentase *Throughput*, dapat disimpulkan bahwa jaringan berada pada kondisi yang sangat baik, mencapai skor 3,75 pada standar *TIPHON*. Hasil ini menunjukkan performa yang memuaskan dalam hal kapasitas dan kecepatan transfer data pada jaringan *Wi-Fi* di area Undiksha.

2. Mengukur Delay

Untuk mengukur *delay* dalam jaringan, digunakan *protocol ICMP* dengan menggunakan perintah *ping*. *Protocol ICMP* adalah salah satu cara untuk mengevaluasi performa jaringan terkait *delay* dan *packet loss*. Beberapa perintah yang dapat penulis jalankan pada *protocol ICMP/Ping* adalah sebagai berikut:

```
<dir>ping (alamat ip tujuan) -t -l 65500 -n 30
```

- t : melakukan perintah *ping* secara berkala
- l : besaran buffer yang akan dikirimkan kepada *server*
- n : lama waktu pengiriman perintah, dalam *second*

Contoh, apabila menjalankan perintah *ping* dengan tujuan adalah 10.10.10.10, dengan -t yang mengartikan bahwa paket/*ping* dijalankan secara berkala dengan besaran ukuran *file/buffer* 65500 (nilai *maximum buffer*) yang dilakukan selama 30 *second*, maka nantinya akan muncul hasil dari minimum, maksimum, dan *average* dari *Delay*, asumsikan bahwa nilai minimum *delay* sama dengan 2ms, maksimum *delay* sama dengan 16ms dan rata-rata *delay* sama dengan 3 ms. Merujuk pada perhitungan berikut jika dipetakan ke dalam tabel kategori *delay* didapatkan *delay* kurang dari 150ms yang artinya jaringan sangat bagus dengan *score* 4.

$$\text{Rata - rata delay} = \frac{\text{Total delay}}{\text{Total paket yang diterima}} = \frac{91}{30} = 3,034 \text{ ms}$$

3. Mengukur Packet Loss

Pengukuran *packet loss* didasarkan pada *output ping* yang telah dijalankan sebelumnya, asumsikan bahwa hasil pengukuran *Delay*, didapatkan *packet loss* sebesar 0% yang jika dibandingkan dengan tabel referensi *packet loss* artinya jaringan sangat bagus. Karena *packet loss*nya 0%, berdasarkan standar didapatkan *score* 4 untuk *packet loss*.

4. Mengukur Jitter

Pengukuran *Jitter* sama seperti menggunakan *iperf3.exe* yang digunakan untuk mengukur *Throughput*, namun yang dicoba berapa lama variansi dari nilai *delay*. Pengukuran *jitter* kali ini menggunakan *protocol UDP*, *Syntax* untuk menjalankan dan mengukur *jitter* adalah sebagai berikut:

```
<\dir>iperf3.exe -c (ip server) -u -i 1 -t 600 --get-server-output --logfile jitter1.csv.
```

Contoh, apabila melakukan *iperft* dengan tujuan IP 10.10.10.10 dengan *protocol UDP* interval 1 *second* selama 600 *second* atau selama 10 menit, dan menampilkan *output* yang sama seperti pada *server*, dan disimpan pada file yaitu *jitter1.csv*. Ketika sudah 10 Menit, pada folder tempat penyimpanan *iperf3.exe* akan muncul file *jitter1.csv* kemudian dapat dibuka dengan menggunakan excel. Dari file *jitter1.csv* tersebut penulis asumsikan bahwa rata-rata *Jitter*nya sama dengan 0,156 ms, maka jika disesuaikan dengan standar yang sudah ditetapkan didapatkan hasil jaringan bagus dengan *score* 3.

5. Rata-rata Score

Berdasarkan hasil yang sudah didapatkan, kemudian dicari rata-rata dari hasil pengujian, kemudian dicari scorenya berdasarkan standar yang sudah ditentukan. Hasil perhitungan ditunjukkan pada perhitungan berikut.

$$\text{Rata - rata} = \frac{\text{Througput} + \text{Delay} + \text{Packet Loss} + \text{Jitter}}{4} = \frac{3,75 + 4 + 4 + 3}{4} = 3,69$$

Hasil menunjukkan rata-rata *score* berada pada angka 3,69. Berdasarkan hasil rata-rata yang dipetakan dengan kualitas jaringan, didapatkan hasil bahwa jaringan sudah memuaskan.

3.2 Analisis

Data *throughput delay*, *jitter*, dan *packet loss* diperoleh dari tahapan *action* dan dibandingkan dengan standar *TIPHON* untuk menilai kualitas jaringan. Berikut hasil rata-rata pengujian dari seluruh gedung di Universitas Pendidikan Ganesha.

Tabel 5. Rata-Rata *Throughput* Seluruh Gedung di Universitas Pendidikan Ganesha

Hari	<i>Throughput</i>		
	Pagi	Siang	Sore
Senin	89,68%	90,32%	85,02%
Selasa	84,30%	88,72%	87,17%
Rabu	73,93%	88,22%	90,41%
Kamis	92,54%	90,12%	90,34%
Jumat	90,70%	93,05%	85,60%

Pada Tabel 5 menunjukkan nilai rata-rata *Throughput* untuk semua Gedung di Undiksha, yang diukur pada hari Senin hingga Jumat, dengan rentang waktu pagi, siang, dan sore. Rata-rata dari nilai *Throughput* di tabel 5 adalah 88,01%.

Tabel 6. Rata-Rata *Jitter* Seluruh Gedung di Universitas Pendidikan Ganesha

Hari	<i>Jitter</i>		
	Pagi	Siang	Sore
Senin	10,81 ms	9,08 ms	3,62 ms
Selasa	5,46 ms	6,03 ms	8,80 ms
Rabu	9,14 ms	5,35 ms	9,25 ms
Kamis	9,82 ms	8,71 ms	9,75 ms
Jumat	9,31 ms	8,82 ms	8,45 ms

Pada Tabel 6 menunjukkan nilai rata-rata *Jitter* untuk semua Gedung di Undiksha, yang diukur pada hari Senin hingga Jumat, dengan rentang waktu pagi, siang, dan sore. Rata-rata dari nilai *Jitter* di tabel 6 adalah 8,16 ms.

Tabel 7. Rata-Rata *Packet Loss* Seluruh Gedung di Universitas Pendidikan Ganesha

Hari	<i>Packet Loss</i>		
	Pagi	Siang	Sore
Senin	5,22%	2,49%	2,59%
Selasa	3,28%	2,76%	2,14%
Rabu	1,12%	2,19%	1,54%
Kamis	3,75%	1,67%	1,96%
Jumat	2,74%	1,73%	2,14%

Pada Tabel 7 menunjukkan nilai rata-rata *Packet Loss* untuk semua Gedung di Undiksha, yang diukur pada hari Senin hingga Jumat, dengan rentang waktu pagi, siang, dan sore. Rata-rata dari nilai *Packet Loss* di tabel 7 adalah 2,49%.

Tabel 8. Rata-Rata *Delay* Seluruh Gedung di Universitas Pendidikan Ganesha

Hari	<i>Delay</i>		
	Pagi	Siang	Sore
Senin	25,60	30,92	32,18
Selasa	33,48	44,86	34,66
Rabu	24,88	42,03	21,03
Kamis	39,85	30,37	21,16
Jumat	23,24	25,18	23,02

Pada Tabel 8 menunjukkan nilai rata-rata *Delay* untuk semua Gedung di Undiksha, yang diukur pada hari Senin hingga Jumat, dengan rentang waktu pagi, siang, dan sore. Rata-rata dari nilai *Delay* di tabel 8 adalah 30,16 ms.

Setelah mendapatkan nilai *Throughput*, *Jitter*, *Delay*, dan *Packet Loss*, selanjutnya nilai tersebut di klasifikasikan berdasarkan dengan standar *TIPHON*. Berikut kualitas jaringan undiksha berdasarkan *Throughput*, *Jitter*, *Delay*, dan *Packet Loss* jika menggunakan standar *TIPHON*.

Tabel 9. Indeks *Throughput* Seluruh Gedung di Universitas Pendidikan Ganesha

Hari	<i>Throughput</i>		
	Pagi	Siang	Sore
Senin	4	4	4
Selasa	4	4	4
Rabu	3	4	4
Kamis	4	4	4
Jumat	4	4	4

Pada Tabel 9 merupakan Indeks *Throughput* dari rata-rata nilai *Throughput* untuk seluruh Gedung di Undiksha, pada hari Senin, Selasa, Rabu, Kamis dan Jumat yang dilaksanakan pada Pagi, Siang dan Sore. Rata-rata dari nilai indeks *Throughput* di tabel 9 adalah 3,93.

Tabel 10. Indeks *Jitter* Seluruh Gedung di Universitas Pendidikan Ganesha

Hari	<i>Jitter</i>		
	Pagi	Siang	Sore
Senin	3	3	3
Selasa	3	3	3
Rabu	3	3	3
Kamis	3	3	3
Jumat	3	3	3

Pada Tabel 10 menunjukkan nilai Indeks *Jitter* dari rata-rata *Jitter* untuk semua Gedung di Undiksha, yang diukur pada hari Senin hingga Jumat, dengan rentang waktu pagi, siang, dan sore. Rata-rata dari nilai indeks *Jitter* di tabel 10 adalah 3.

Tabel 11. Indeks *Packet Loss* Seluruh Gedung di Universitas Pendidikan Ganesha

Hari	<i>Packet Loss</i>		
	Pagi	Siang	Sore
Senin	3	4	4
Selasa	3	4	4
Rabu	4	4	4
Kamis	3	4	4
Jumat	4	4	4

Pada Tabel 11 menunjukkan nilai Indeks *Packet Loss* dari rata-rata *Packet Loss* untuk semua Gedung di Undiksha, yang diukur pada hari Senin hingga Jumat, dengan rentang waktu pagi, siang, dan sore. Rata-rata dari nilai indeks *Packet Loss* di tabel 11 adalah 3,8.

Tabel 12. Indeks *Delay* Seluruh Gedung Di Universitas Pendidikan Ganesha

Hari	<i>Delay</i>		
	Pagi	Siang	Sore
Senin	4	4	4
Selasa	4	4	4
Rabu	4	4	4
Kamis	4	4	4
Jumat	4	4	4

Pada Tabel 12 menunjukkan nilai Indeks *Delay* dari rata-rata *Delay* untuk semua Gedung di Undiksha, yang diukur pada hari Senin hingga Jumat, dengan rentang waktu pagi, siang, dan sore. Rata-rata dari nilai indeks *Delay* di tabel 12 adalah 4.

Dari nilai indeks *Throughput*, *Jitter*, *Delay*, dan *Packet loss* berdasarkan Standar *TIPHON* kemudian dicari nilai rata-rata dari keempat nilai tersebut yang ditunjukkan pada perhitungan berikut.

$$\text{Rata - rata} = \frac{\text{Throughput} + \text{Delay} + \text{Packet Loss} + \text{Jitter}}{4} = \frac{3,93 + 4 + 3,8 + 3}{4} = 3,68$$

Dari hasil evaluasi yang telah ditunjukkan pada perhitungan tersebut diperoleh rata-rata skor sebesar 3,68. Berdasarkan klasifikasi standar *TIPHON*, dapat disimpulkan bahwa kualitas jaringan "Undiksha Harmoni" di Universitas Pendidikan Ganesha (Undiksha) memenuhi standar dan memuaskan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pemaparan dan hasil pengujian yang sudah diuraikan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa hasil Evaluasi Kualitas Jaringan "Undiksha Harmoni" menunjukkan bahwa kualitas jaringan *Wi-Fi* dengan SSID "Undiksha Harmoni" di Undiksha memperlihatkan hasil yang memuaskan. Parameter evaluasi jaringan meliputi *Throughput*, *Delay*, *Jitter*, dan *Packet Loss*, dimana nilai rata-rata *Throughput* adalah 88,01% dengan indeks 3,93 masuk ke kategori bagus, nilai rata-rata *Delay* adalah 30,16 ms dengan indeks 4 masuk ke kategori sangat bagus, nilai rata-rata *Packet Loss* adalah 2,49% dengan indeks 3,8 masuk ke kategori bagus, dan nilai rata-rata *Jitter* adalah 8,16 ms dengan indeks 3 masuk ke kategori bagus sehingga menghasilkan rata-rata nilai 3,68 dan diklasifikasikan sebagai memuaskan berdasarkan standar *TIPHON*. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan kontribusi dalam pemahaman implementasi *QoS* dalam evaluasi kualitas jaringan komputer, khususnya di lingkungan universitas, serta dalam peningkatan mutu layanan jaringan komputer di lingkungan universitas. Masalah yang dihadapi sebelum melakukan penelitian ini adalah akses yang lambat dan tidak dapat terhubung ke jaringan, yang mengindikasikan adanya permasalahan dalam kualitas jaringan yang perlu dievaluasi dan diperbaiki.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Universitas Pendidikan Ganesha melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat atas dukungan finansial untuk penelitian dengan nomor kontrak 934/UN48.16/LT/2023.

Daftar Pustaka

- [1] R. Haryunarendra, M. N. Al-Azam, and D. Rizaluddi, "Performa Jaringan Free Wireless di Taman Kota Surabaya," *Jurnal Link*, vol. 26, no. 2, pp. 25–29, 2017, [Online]. Available: <https://jurnal.narotama.ac.id/index.php/link/article/view/1694/1164>
- [2] M. N. Osman and M. S. A. M. Zulrahim, "RaspyAir : Self-Monitoring System for Wireless Intrusion Detection using Raspberry Pi," *Journal of Computing Research and Innovation (JCRINN)*, vol. 1, no. 1, p. 13, 2016, [Online]. Available: <https://jcrinn.com/index.php/jcrinn/article/view/5>
- [3] G. A. J. Saskara, I. M. E. Listarta, G. S. Santyadiputra, P. B. Megawanta, and P. A. W. A. P. Giri, "Performance of Kismet Wireless Intrusion Detection System on Raspberry Pi," 2022, doi: 10.4108/eai.27-11-2021.2315535.
- [4] D. S. K. M. Sara Ali, "A Survey on IEEE 802.11 Wireless LAN Technologies," *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, vol. 3, no. 10, p. 20, 2015, doi: 10.15680/IJIRCCCE.2015.0310130.
- [5] F. Fatoni and S. Sandra, "Evaluasi Kualitas dan Pengguna Jaringan Internet," *Jurnal Informatika*, vol. 4, no. 1, pp. 51–64, 2015, [Online]. Available: <https://eprints.binadarma.ac.id/2840/>
- [6] P. R. Utami, "Analisis Perbandingan *Quality of Service* Jaringan Internet Berbasis Wireless pada Layanan Internet Service Provider (ISP) Indihome dan First Media," *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, vol. 25, no. 2, pp. 125–137, 2020, doi: 10.35760/tr.2020.v25i2.2723.
- [7] E. Suprpto, "User Acceptance Testing (UAT) Refreshment PBX Outlet Site BNI Kanwil Padang," *Jurnal Civronlit Unbari*, vol. 6, no. 2, p. 54, 2021, doi: 10.33087/civronlit.v6i2.85.
- [8] M. Hasbi and N. R. Saputra, "Analisis *Quality of Service (QoS)* Jaringan Internet Kantor Pusat King Bukopin dengan Menggunakan Wireshark," *JUST IT : Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informasi dan Komputer*, vol. 12, no. 1, pp. 17–23, 2021, doi: <https://doi.org/10.24853/justit.12.1.%25p>.
- [9] M. Mahmud and Y. Aprizal, "The Penerapan *QoS (Quality of Service)* dalam Menganalisis Kualitas Kinerja Jaringan Komputer (Studi Kasus Hotel Maxone Palembang)," *Journal of Information System Research (JOSH)*, vol. 3, no. 4, pp. 374–379, 2022, doi: 10.47065/josh.v3i4.1567.
- [10] ETSI, "Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of *Quality of Service (QoS)*," *Etsi Tr 101 329 V2.1.1*, vol. 1, pp. 1–37, 2020, [Online]. Available: https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/101300_101399/101329/02.01.01_60/tr_101329v020101p.pdf
- [11] S. Trihantoro, "Analisis Kualitas Jaringan Nirkabel Berdasarkan *QoS* di SMKN 1 Bantul Quality Analysis for Wireless Network Based on *QoS* at State Vocational," *Jurnal Elektronik Pendidikan Teknik Informatika*, vol. 7, no. 2, pp. 20–29, 2018, [Online]. Available: <https://journal.student.uny.ac.id/ojs/index.php/pti/article/download/14076/pdf>
- [12] I. B. A. E. M. Putra, M. S. I. D. Adnyana, and L. Jasa, "Analisis *Quality of Service* pada Jaringan

- Komputer,” *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 20, no. 1, p. 95, 2021, doi: 10.24843/mite.2021.v20i01.p11.
- [13] Z. M. Askari, V. Afriani, and K. M. Zakariah, *Metodologi Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, Action Research, Research and Development (R n D)*. Yayasan Pondok Pesantren Al Mawaddah Warrahmah Kolaka, 2020.
- [14] S. Jumiaty, “RABIT(Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab) Analisa Bandwidth Menggunakan Metode Antrian Per Connection Queue,” *RABIT (Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab)*, vol. 2, no. 2, 2017, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/279917-analisa-bandwidth-menggunakan-metode-ant-542312f2.pdf>
- [15] H. Fahmi, “Analisis *QoS (Quality of Service)* Pengukuran Delay, Jitter, Packet Lost dan Throughput untuk Mendapatkan Kualitas Kerja Radio Streaming yang Baik,” *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 7, no. 2, pp. 98–105, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.kominfo.go.id/index.php/jtik/article/view/1731/pdf>
- [16] P. Silitonga and I. S. Morina, “Analisis *QoS (Quality of Service)* Jaringan Kampus dengan Menggunakan Mikrotic Routerboard (Studi Kasus: Fakultas Ilmu Komputer Unika Santo Thomas S.U),” *TIMES*, vol. 3, no. 2, pp. 25–29, 2014, [Online]. Available: <https://ejournal.stmik-time.ac.id/index.php/jurnalTIMES/article/view/24>
- [17] I. Faisal and A. Fauzi, “Analisis *QoS* Pada Implementasi Manajemen Bandwith Menggunakan Metode Queue Tree Dan Pcq (Per Connection Queueing),” *Jurnal Teknologi dan Ilmu Komputer Prima (JUTIKOMP)*, vol. 1, no. 1, pp. 137–142, 2019, [Online]. Available: <http://jurnal.unprimdn.ac.id/index.php/JUTIKOMP/article/view/341/227>
- [18] D. Pranata, Y. N. Kunang, and N. A. O. Saputri, “Peningkatan Keamanan Jaringan Nirkabel dengan Pendeteksi Serangan Berbasis Kismet DD-WRT,” *Bina Darma Conference on Computer Science*, vol. 1, no. 5, pp. 1126–1132, 2019, [Online]. Available: <http://conference.binadarma.ac.id/index.php/BDCCS/article/view/687>
- [19] R. Pratama, J. Dedy Irawan, and M. Orisa, “Analisis *Quality of Service* Sistem Manajemen Bandwidth pada Jaringan Laboratorium Teknik Informatika ITN Malang,” *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 6, no. 1, pp. 196–204, 2022, doi: 10.36040/jati.v6i1.4557.
- [20] Anggita Nindya Wisnu Wardhana*1, Muh. Yamin2, and LM Fid Aksara3, “Analisis *Quality of Service(QoS)* Jaringan Internet Berbasis Wireless LAN pada Layanan Indihome,” *semanTIK*, vol. 3, no. 2, pp. 49–58, 2017, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.55679/semantik.v3i2.3200>