

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Sebelumnya

Dalam rangka penelitian ini, peneliti melakukan pencarian literatur terhadap lima jurnal yang relevan dengan topik penelitian. Berikut adalah ringkasan singkat dari setiap jurnal yang terkait. Penelitian sebelumnya berjudul “Perbandingan Kinerja *Protocol Routing Open Shortest Path First*(OSPF) dan *Routing Information Protocol*(RIP) Menggunakan Simulator Cisco Packet Tracer” oleh Wahyu Sasongko Jati, Heru Nurwasito, Mahendra Data mendapatkan kesimpulan yang dapat diambil adalah bahwa kedua protokol *routing* memiliki kemudahan dalam penerapan pada topologi sederhana. Untuk menggunakan OSPF, perlu menyertakan *wildcard*, sementara RIP tidak memerlukan *wildcard*. Selain itu, terdapat perbedaan dalam waktu pengiriman data antara kedua protokol ini. Jika jumlah data yang dikirimkan semakin besar, maka perbedaan waktu pengiriman paket antara OSPF dan RIP juga semakin besar. Secara khusus, OSPF menunjukkan kestabilan yang lebih baik saat mengirimkan data dalam jumlah besar, sedangkan RIP menunjukkan peningkatan kinerja yang kurang stabil dalam situasi serupa.[4]

Penelitian lainnya oleh Valen Brata Pranaya, Theophilus Wellem yang berjudul “Implementasi BGP dan *Resource Key Infrastructure* menggunakan BIRD untuk keamanan *Routing*” menyatakan bahwa BIRD berfungsi sebagai route *reflector* yang menghilangkan kebutuhan untuk mengonfigurasi setiap router yang bertindak sebagai klien untuk BIRD. Sebagai gantinya, BIRD akan mengirimkan subnet yang diterimanya ke *Routinator* yang bertugas sebagai RPKI validator. Selama pengujian sistem, setiap subnet yang tidak valid atau tidak dikenal akan ditolak dan tidak akan diterima oleh AS yang menggunakan sistem ini[9].

Penelitian selanjutnya oleh Subektiningsih, Renaldi, dan

Pramudhita Ferdiansyah dengan judul “Analisis Perbandingan Parameter QoS Standar TIPHON Pada Jaringan Nirkabel Dalam Penerapan Metode PCQ”. Penelitian ini memperoleh kesimpulan bahwa di Kantor Kecamatan S, jaringan nirkabel digunakan untuk mendukung efisiensi kerja staf. Namun, ada ketidakmerataan alokasi bandwidth bagi pengguna dalam hal unduh dan unggah data. Solusinya, diterapkan metode Antrian Per Koneksi (Per Connection Queue) untuk membagi bandwidth secara merata pada pengguna yang aktif. Sebelumnya, terdapat perbedaan signifikan kecepatan unduh dan unggah, tetapi hasilnya menunjukkan perbaikan setelah manajemen bandwidth diterapkan. Setiap pengguna aktif kini menerima alokasi bandwidth seimbang, dengan nilai rata-rata kecepatan unduh dan unggah yang serupa, yakni 8.34 Mbps dan 8.45 Mbps. Ini menciptakan kecepatan akses yang merata. Selain itu, keamanan ditingkatkan dengan metode filtrasi alamat MAC pada jaringan nirkabel di kantor tersebut[10].

Penelitian keempat berjudul “Analisa Perbandingan *Quality of Service* Pada Jaringan RIP dan OSPF Terhadap Layanan Video Streaming” oleh I Wayan Ardiyasa, Luh Pivin Suwirmayanti, dan John Levie Pattaruk. Hasil penelitian tentang Quality of Service pada protokol routing RIP dan OSPF menghasilkan beberapa kesimpulan yang menarik: Pertama, ditemukan bahwa metode routing memiliki dampak positif dalam meningkatkan efisiensi alokasi bandwidth untuk mencegah kemungkinan terjadinya kongesti. Kedua, dalam hal manajemen bandwidth, RIP terbukti lebih efisien daripada OSPF. Keunggulan ini didorong oleh kemampuan RIP untuk langsung memproses pengiriman paket data tanpa penundaan. Ketiga, OSPF menekankan stabilitas jaringan yang lebih baik. Metode ini mengalokasikan pengiriman paket data secara bertahap, dengan tujuan menjaga stabilitas jaringan dan memastikan kebutuhan klien terpenuhi. Terakhir, di antara kedua opsi routing, RIP menunjukkan kelebihan dalam mendukung layanan streaming video berkualitas. Hal ini disebabkan oleh kemampuan RIP untuk menghindari penundaan dalam memproses

pengiriman paket data, dan mengatur pengiriman data berdasarkan jarak terdekat untuk mengurangi risiko kongesti. Simpulan-simpulan ini mengindikasikan bahwa pilihan antara RIP dan OSPF memiliki implikasi yang berbeda terhadap manajemen alokasi bandwidth dan kualitas layanan dalam berbagai skenario jaringan[11].

Judul penelitian selanjutnya adalah “Studi Perbandingan Routing Protocol Open Shortest Path First (OSPF) dan Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP) pada IPv6 dengan Menggunakan Simulator Graphical Network Simulator 3 (GNS3)” oleh Kelvin Thesman, Agustinus Noertjahyana, Resmana Lim berdasarkan evaluasi pada jaringan normal, OSPF menunjukkan performa yang sedikit lebih unggul daripada EIGRP dari segi nilai *delay*, *throughput*, dan *packet loss*. Namun, saat jaringan mengalami situasi yang tidak normal, EIGRP lebih efektif daripada OSPF. EIGRP memiliki kecepatan konvergensi yang lebih tinggi dalam menghadapi perubahan jaringan, dan pergantian router tidak terlalu mempengaruhi kinerjanya. Implementasi routing protocol EIGRP juga terbukti lebih efektif dibandingkan dengan OSPF karena EIGRP dapat dengan cepat menyesuaikan diri dan konvergen dalam berbagai kondisi jaringan. Selain itu, nilai *delay*, *throughput*, dan *packet loss* pada EIGRP lebih stabil dalam berbagai situasi. Secara keseluruhan, OSPF memberikan keunggulan dalam jaringan normal, sementara EIGRP menjadi pilihan lebih baik saat menghadapi situasi jaringan yang tidak normal karena konvergensinya yang lebih cepat dan kemampuan adaptasinya yang baik[12].

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya

No	Jurnal/Paper	Penulis	Objek	Kesimpulan
1.	Perbandingan Kinerja Protocol Routing Open Shortest Path First(OSPF) dan Routing Information Protocol(RIP) Menggunakan Simulator Cisco Packet Tracer[4]	Wahyu Sasongko Jati, Heru Nurwasito, Mahendra Data	Protokol <i>routing</i> OSPF dan RIP menggunakan Cisco Packet Tracer	Kedua protokol routing tersebut cukup mudah diimplementasikan pada topologi yang sederhana. Untuk menggunakan OSPF, kita perlu menggunakan wildcard, sedangkan pada RIP, tidak diperlukan wildcard. Jika kita membandingkan waktu pengiriman data dari kedua protokol tersebut, terlihat bahwa semakin besar ukuran paket data yang dikirim, maka perbedaan waktu pengiriman keduanya juga semakin besar. OSPF menunjukkan stabilitas yang lebih baik saat mengirimkan paket data dalam jumlah besar, sementara RIP mengalami peningkatan waktu pengiriman saat menghadapi jumlah paket data yang besar[4].
2.	Implementasi BGP dan <i>Resource Public Key Infrastructure</i> menggunakan BIRD untuk keamanan <i>Routing</i> [7]	Valen Brata Pranaya, Theophilus Wellem	BGP dan <i>Resource Public Key Infrastructure</i> menggunakan BIRD	Dari hasil penelitian tersebut, BIRD berperan sebagai route reflector yang memungkinkan konfigurasi yang lebih efisien karena tidak perlu dilakukan pengaturan pada setiap router yang menjadi klien dari BIRD. BIRD kemudian meneruskan subnet yang diterima ke router yang berfungsi sebagai validator RPKI. Pengujian sistem menunjukkan bahwa subnet yang tidak valid atau tidak dikenal akan ditolak dan tidak dapat diakses oleh AS yang menggunakannya. Hasilnya, implementasi protokol BGP berhasil

				meningkatkan keamanan AS dari risiko BGP hijacking[7].
3.	Analisis Perbandingan Parameter <i>QoS</i> Standar TIPHON Pada Jaringan Nirkabel Dalam Penerapan Metode PCQ[10]	Subektiningsih, Renaldi, dan Pramudhita Ferdiansyah	<i>QoS</i> pada jaringan nirkabel	Penelitian ini memperoleh kesimpulan bahwa di Kantor Kecamatan S, jaringan nirkabel digunakan untuk mendukung efisiensi kerja staf. Namun, ada ketidakmerataan alokasi bandwidth bagi pengguna dalam hal unduh dan unggah data. Solusinya, diterapkan metode Antrian Per Koneksi (Per Connection Queue) untuk membagi bandwidth secara merata pada pengguna yang aktif. Sebelumnya, terdapat perbedaan signifikan kecepatan unduh dan unggah, tetapi hasilnya menunjukkan perbaikan setelah manajemen bandwidth diterapkan. Setiap pengguna aktif kini menerima alokasi bandwidth seimbang, dengan nilai rata-rata kecepatan unduh dan unggah yang serupa, yakni 8.34 Mbps dan 8.45 Mbps. Ini menciptakan kecepatan akses yang merata. Selain itu, keamanan ditingkatkan dengan metode filtrasi alamat MAC pada jaringan nirkabel di kantor tersebut[10].
4.	Analisa Perbandingan Quality of Service Pada Jaringan RIP dan OSPF Terhadap Layanan Video Streaming[11]	I Wayan Ardiyasa, Luh Pivin Suwirmayanti, dan John Levie	<i>Routing Protocol</i> RIP dan OSPF pada layanan video streaming	Hasil penelitian mengenai Quality of Service pada protokol routing RIP dan OSPF mengindikasikan beberapa temuan penting. Pertama, metode routing memiliki dampak positif dalam mengatur pembagian bandwidth untuk mencegah kemungkinan terjadinya kongesti. Kedua, RIP lebih efektif

		Pattaruk		dalam mengelola bandwidth daripada OSPF karena tidak ada penundaan dalam pengiriman data. Ketiga, OSPF lebih fokus pada stabilitas jaringan dengan alokasi bertahap sesuai kebutuhan klien. Terakhir, dalam hal layanan video streaming, RIP lebih unggul karena menghindari penundaan dan memberi prioritas pada pengiriman data jarak dekat untuk mengurangi risiko kongesti. Simpulan ini menegaskan bahwa pilihan antara RIP dan OSPF memiliki implikasi yang berbeda dalam manajemen alokasi bandwidth dan peningkatan kualitas layanan dalam konteks jaringan yang berbeda[11].
5.	Studi Perbandingan Routing Protocol Open Shortest Path First (OSPF) dan Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP) pada IPv6 dengan Menggunakan Simulator Graphical Network Simulator 3 (GNS3)”[12]	Kelvin Thesman, Agustinus Noertjahyana, Resmana Lim	DMVPN pada BGP menggunakan FRRouting.	Berdasarkan analisis pada jaringan normal, OSPF menunjukkan performa yang sedikit lebih baik daripada EIGRP dari segi nilai delay, throughput, dan packet loss. Namun, pada jaringan yang tidak normal, EIGRP lebih unggul daripada OSPF. EIGRP memiliki kecepatan konvergensi yang lebih tinggi dalam menghadapi perubahan jaringan, dan pergantian router tidak memiliki dampak yang signifikan pada kinerjanya. Secara keseluruhan, OSPF memberikan keunggulan dalam jaringan normal, sementara EIGRP menjadi pilihan yang lebih baik dalam menghadapi situasi jaringan yang tidak normal karena konvergensinya

				yang lebih cepat dan kemampuan adaptasinya yang baik[12].
--	--	--	--	---

2.2. Dasar Teori

2.2.1. OSPF (*Open Shortest Path First*)

OSPF (*Open Shortest Path First*) adalah *interior gateway protocol* yang merutekan paket didalam satu *autonomous system(AS)*. OSPF menggunakan *link-state* untuk melakukan pemilihan rute. Perhitungan pembuatan rute pada OSPF menggunakan algoritma *shortest path first* atau algoritma djikstra. Setiap router yang menjalankan OSPF akan mengirimkan *link-state* di seluruh *AS(Autonomous System)* atau yang berisi informasi tentang *interface* dan metrik perutean yang terpasang pada router tersebut.[13] OSPF adalah sebuah protokol yang menerapkan konsep multipath yang memungkinkan pemilihan jalur dari satu host tujuan. Protokol OSPF ini beroperasi bersama dengan protokol IP, paket-paket OSPF dikirimkan bersamaan dengan header paket data IP.

Setiap router yang menjalankan OSPF memiliki *database* yang identik yang disebut sebagai *Link State Database*. *Database* ini merepresentasikan topologi sistem otonom secara keseluruhan. Dengan menggunakan perhitungan *Shortest Path First (SPF)*, OSPF membentuk tabel routing untuk mengatur jalur-jalur terpendek menuju tujuan yang diinginkan. Ketika terjadi perubahan pada topologi, perhitungan ulang dilakukan untuk mengupdate tabel routing[4]. Fitur penting yang terdapat pada OSPF adalah OSPF dapat menyimpan informasi perutean dari protokol lain (seperti Statis atau BGP) dalam database status tautannya sebagai rute eksternal. Setiap rute eksternal dapat ditandai oleh router periklanan, sehingga memungkinkan untuk menyampaikan informasi tambahan antar router pada batas jaringan *autonomous system*.[14]

2.2.2. RIP Routing

RIP (*Router Information Protocol*) adalah protokol *routing* yang menggunakan algoritma *distance-vector* untuk menghitung jumlah lompatan (*hop count*) dalam pengukurannya. Pada *interval* waktu tertentu, RIP mengirimkan pesan *routing-update* untuk memastikan bahwa tabel *routing* selalu terupdate. RIP menyimpan rute terbaik dengan jumlah lompatan terendah ke tujuan. Evaluasi jalur terbaik antara host dan tujuan dalam RIP dilakukan dengan menggunakan metode *hop count*, yang dibatasi hingga maksimal 15 lompatan. Selama perkembangannya, RIP memiliki tiga jenis metode, yaitu RIPv1, RIPv2, dan RIPng[15]. Saat *router* menerima informasi dari jaringan lain, router akan menambahkannya dan melakukan *broadcast* kembali. Siaran dilakukan secara berkala. Oleh karena itu, jika beberapa jaringan tidak dapat dijangkau, router terus memberi informasi satu sama lain bahwa jaraknya adalah jarak asli ditambah 1 (sebenarnya, ditambah metrik antarmuka, yang biasanya satu). Setelah beberapa waktu, jarak mencapai tak terhingga (yaitu 15 di RIP) dan semua router akan mengetahui bahwa jaringan tidak dapat dijangkau. RIP mencoba meminimalkan situasi di mana penghitungan hingga tak terhingga diperlukan. Karena infinity adalah 16, RIP tidak dapat digunakan pada jaringan dengan jarak maksimal lebih tinggi dari 15 host[14]. RIP menggunakan algoritma Bellman-Ford, atau *distance vector* untuk menentukan rute terbaik menuju destinasi. RIP menggunakan hitungan *hop* sebagai metrik. RIP memungkinkan host dan router untuk bertukar informasi untuk menghitung rute melalui jaringan berbasis IP. RIP dimaksudkan untuk digunakan sebagai IGP di jaringan yang cukup homogen dengan ukuran sedang[16].

2.2.3. BIRD Routing

BIRD adalah sebuah perangkat lunak yang dirancang untuk mengoptimalkan dan mendukung teknologi perutean yang banyak

digunakan di Internet saat ini. Tujuan utamanya adalah merancang arsitektur ekspansif sehingga protokol routing baru dapat dengan mudah ditambahkan dan didukung. Dengan demikian, BIRD berupaya untuk menjadi solusi yang ideal bagi sistem perutean yang kompleks dan memastikan fleksibilitas yang diperlukan untuk menghadapi perubahan dan perkembangan jaringan secara efisien. Fitur pada BIRD antara lain :

- protokol IPv4 dan IPv6
- *multiple routing table*
- *Border Gateway Protocol (BGPv4)*
- *Routing Information Protocol (RIPv2)*
- *Open Shortest Path First (OSPFv2, OSPFv3)*
- *IPv6 router advertisements*
- protokol virtual untuk pertukaran rute antara tabel routing yang berbeda pada satu host
- *Command line interface*
- konfigurasi ulang yang lunak (tidak perlu menggunakan perintah online yang rumit untuk mengubah konfigurasi, cukup edit file konfigurasi)[14].

2.2.4. Jaringan Komputer

Jaringan komputer merupakan suatu sistem yang terdiri dari sejumlah komputer yang dirancang untuk saling berbagi sumber daya seperti printer dan CPU, berkomunikasi melalui surel dan pesan instan, serta mengakses informasi melalui peramban web. Tujuan utama dari jaringan komputer adalah untuk mencapai efisiensi, di mana setiap komponen dalam jaringan dapat meminta dan memberikan layanan sesuai kebutuhannya. Di dalam sistem jaringan ini, terdapat dua peran utama, yaitu klien (*client*) yang meminta atau menerima layanan, dan peladen (*server*) yang memberikan atau mengirimkan layanan tersebut.

Dikenal dengan sebutan sistem *client-server*, arsitektur ini umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi jaringan komputer[17].

2.2.5. GNS3

GNS3 merupakan perangkat lunak sumber terbuka (*open-source*) dengan lisensi *GNU GPL* yang memungkinkan simulasi jaringan dengan kompleksitas tinggi secara mendekati realitas tanpa memerlukan perangkat keras jaringan fisik seperti *router* dan *switch*. GNS3 adalah simulator jaringan berbasis grafis yang memungkinkan pengguna untuk dengan mudah merancang dan mengkonfigurasi topologi jaringan virtual. Program ini mudah digunakan, seperti "*plug and play*", dan dapat dijalankan di berbagai sistem operasi termasuk Windows, Linux, dan Mac OS X. Dengan fungsi emulasi yang lengkap dan akurat, GNS3 memungkinkan pengguna untuk menjalankan sistem operasi yang sama seperti di jaringan nyata dalam simulasi jaringan virtual[18].

2.2.6. Iperf

Iperf3 adalah alat yang digunakan untuk menguji dan mengevaluasi bandwidth atau kecepatan jaringan antara dua perangkat yang terhubung dalam suatu jaringan. Alat ini mampu menguji bandwidth secara maksimum dengan cara mengirimkan paket data melalui jaringan dan mengukur seberapa banyak data yang dapat dikirimkan dan diterima dalam periode waktu tertentu. Melalui pengukuran ini, kita dapat memahami kinerja jaringan dan efisiensi pengiriman data antara dua titik. Selain itu, Iperf3 juga dapat melakukan pengiriman data menggunakan protokol jaringan TCP (*Transmission Control Protocol*) dan UDP (*User Datagram Protocol*)[19].

2.2.7. Routing Protocol

Routing Protocol adalah sebuah protokol yang digunakan dalam dynamic routing untuk memungkinkan router-router untuk secara otomatis bertukar informasi tentang jaringan dan koneksi di antara mereka. Dengan adanya routing protocol, router dapat secara dinamis memperbaharui dan menyampaikan informasi tentang jalur-jalur yang tersedia dalam jaringan guna mengoptimalkan pengiriman data[20].

Tujuan penggunaan protokol routing adalah [1] :

- Mempermudah manajemen jaringan dengan memungkinkan identifikasi otomatis dari alamat-alamat yang dapat dijangkau.
- Mencari rute-rute tanpa putaran (*loop*) dalam jaringan.
- Memilih jalur optimal dari opsi-opsi yang tersedia.
- Memastikan seluruh router dalam jaringan mengakui jalur-jalur terbaik yang telah ditentukan.

Prinsip routing pada intinya adalah teknik-teknik yang dipakai oleh perute (router) untuk bertukar informasi mengenai NLR (*Network Layer Reachability*)[1].

2.2.8. Router

Asal kata "router" berasal dari Bahasa Inggris, yaitu dari kata "Route" yang memiliki makna trayek atau pengarah perjalanan, ditambah dengan sufiks -er yang menunjukkan pelaku. Dengan demikian, dari asal katanya, "router" dapat diartikan sebagai sebuah perangkat yang berfungsi untuk mengarahkan sinyal pada jaringan komputer. Router merupakan perangkat yang berfungsi pada layer 3 OSI dan sering digunakan untuk menghubungkan jaringan luas (*Wide Area Networking* - WAN) atau melakukan segmentasi pada layer 3 di jaringan lokal (*Local Area Network* - LAN). Mirip dengan LAN, WAN

juga beroperasi di layer 1, 2, dan 3 OSI. Sehingga router yang digunakan untuk menghubungkan keduanya harus saling kompatibel dan mendukung satu sama lain[21]. Tugas utama router adalah melakukan proses routing, yaitu mengarahkan lalu lintas data secara tepat ke tujuan yang diinginkan dalam sebuah jaringan komunikasi. Dengan demikian, router memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga kelancaran dan kestabilan komunikasi data di dalam suatu jaringan. Untuk memastikan bahwa paket data mencapai tujuannya, diperlukan sebuah perangkat yang mengatur aliran paket tersebut sehingga sampai pada tujuan dengan rute tercepat. Oleh karena itu, penggunaan router menjadi penting karena perangkat ini memiliki fungsi utama untuk menentukan jalur dan mengirimkan paket data dari satu jaringan ke jaringan lainnya. Untuk dapat mengetahui jalur terbaik untuk mengirimkan paket ke alamat tujuan, router menggunakan peta atau tabel routing sebagai panduan. Dengan demikian, router berperan krusial dalam mengoptimalkan pengiriman data dalam jaringan komunikasi.

Prinsipnya, router memiliki kesamaan fungsi dengan switch karena keduanya berperan sebagai perangkat penghubung dalam jaringan komputer. Perangkat router digunakan untuk menghubungkan satu jaringan komputer dengan jaringan komputer lainnya. Jenis - jenis router diantaranya sebagai berikut :

1. Router Aplikasi

Router aplikasi adalah aplikasi (perangkat lunak) yang memungkinkan perangkat komputer biasa memiliki kemampuan seperti router. Contoh dari router aplikasi yang banyak digunakan adalah BIRD, WinGate, Winroute, SpyGate, WinProxy, dan lain-lain.

2. Router Hardware

Router hardware adalah perangkat keras yang memiliki fungsi dasar untuk menangkap dan menyebarkan sinyal. Pada

umumnya, perangkat keras ini dikenal dengan sebutan "router" tanpa tambahan lain. Tidak seperti router aplikasi yang tidak memiliki bentuk fisik, router perangkat keras adalah perangkat keras nyata yang memiliki tampilan mirip dengan perangkat keras lainnya.

3. Router PC

Router PC adalah sebuah perangkat komputer biasa yang telah dimodifikasi agar dapat berfungsi sebagai router. Router PC dapat disusun dari perangkat komputer dengan spesifikasi yang minim (seperti Pentium dua, hard drive 10 GB, dan RAM 64 MB). Prosesnya melibatkan instalasi sistem operasi router khusus, seperti Mikrotik sebagai salah satu contohnya. Fungsi inti dari router adalah untuk mengirimkan data antara segmen-segmen jaringan yang memiliki alamat yang berbeda[22].

2.2.9. *Quality of Service (QoS)*

Dalam konteks jaringan, QoS (*Quality of Service*) merujuk pada kemampuan untuk menyediakan layanan yang berbeda-beda untuk lalu lintas jaringan dengan tingkatan yang berbeda. Tujuan utama dari QoS adalah untuk menyediakan pelayanan jaringan yang lebih baik dan terstruktur, dengan alokasi *bandwidth* yang khusus, *jitter* dan *latency*, serta meningkatkan karakteristik pengurangan data yang hilang (*loss*). Berikut merupakan penjelasan parameter-parameter yang digunakan dalam penilaian QoS yang baik:

1. *Delay*

Delay adalah interval waktu yang diperlukan oleh data untuk melakukan perjalanan dari titik asal ke tujuan. Faktor-faktor yang mempengaruhi delay meliputi jarak tempuh, jenis media fisik yang digunakan, tingkat kongesti pada jaringan,

dan waktu pemrosesan data yang dibutuhkan[12]. Dalam standar TIPHON, besar *delay* dapat dikelompokkan ke dalam kategori-kategori yang tercantum pada tabel.

Tabel 2. 2 *Delay* [23]

Kategori Latensi	Besar Delay	Indeks
Sangat Bagus	0 - 150 ms	4
Bagus	151 - 250 ms	3
Sedang	251 - 350 ms	2
Buruk	351 - 450 ms	1

Untuk mengukur delay digunakan Persamaan

$$\text{Delay} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket yang diterima}} \quad [24] \quad (2.1)$$

2. *Packet Loss*

Packet Loss adalah sebuah parameter yang mengindikasikan kondisi di mana sejumlah paket data hilang dalam jaringan. Hal ini dapat terjadi akibat tabrakan (*collision*) dan kelebihan lalu lintas (*congestion*) pada jaringan, dan dampaknya dapat dirasakan oleh semua aplikasi yang beroperasi di dalamnya. Ketika terjadi paket data yang hilang, retransmisi harus dilakukan, yang pada akhirnya akan mengurangi efisiensi keseluruhan jaringan, meskipun lebar pita (*bandwidth*) yang mencukupi tersedia untuk aplikasi-aplikasi tersebut. Jika kondisi kongesti berlangsung cukup lama dan buffer pada perangkat mengalami kelebihan data, maka data baru tidak akan dapat diterima dan berakibat pada ketidakstabilan kinerja jaringan secara keseluruhan[24]. Nilai

packet loss sesuai dengan versi TIPHON ditunjukkan pada Tabel

Tabel 2. 3 *Packet Loss* [23]

Kategori Degradasi	Packet loss	Indeks
Sangat Bagus	0%-2%	4
Bagus	3%-14%	3
Sedang	15% - 24%	2
Buruk	>25%	1

Untuk mengukur *packet loss* digunakan persamaan .

$$PL = \frac{PTT-PT}{PTT} \times 100\% \quad [24] \quad (2.2)$$

Ket :

PL = *Packet Loss*

PTT = *Packet Total Tercapture*

PT = *packet Terkirim*

3. *Jitter*

Jitter adalah fluktuasi dalam *delay* yang terjadi akibat perbedaan panjang antrian saat pemrosesan dan pengumpulan kembali paket data pada akhir pengiriman setelah kegagalan sebelumnya. *Jitter* merupakan salah satu tantangan utama dalam jaringan berbasis koneksi tanpa koneksi atau *packet switch*, dan tujuan pengukuran *jitter* adalah untuk mengidentifikasi stabilitas pengalihan data dalam jaringan. Stabilitas tersebut dapat diamati dari variasi *delay* yang terjadi selama periode komunikasi di dalam jaringan[24]. Menurut standar TIPHON, nilai *jitter* yang dianggap sangat baik berada dalam rentang 0 hingga 75 milidetik. Tabel berikut menunjukkan nilai *jitter* berdasarkan standar TIPHON:[25]

Tabel 2. 4 *Jitter(TIPHON)*[23]

Kategori	Jitter
Sangat Bagus	0ms

Bagus	75ms
Sedang	125ms
Buruk	252ms

Berikut merupakan rumus menghitung *Jitter* :

$$Jitter = \frac{\text{Total variasi delay}}{\text{total paket yang diterima}} [24] (2.3)$$

4. *Throughput*

Throughput merujuk pada kecepatan atau tingkat transfer data yang efektif, diukur dalam bit per detik (bps). Istilah *throughput* menggambarkan jumlah total paket data yang berhasil sampai ke tujuan dalam interval waktu tertentu, kemudian dibagi dengan durasi interval waktu tersebut. Dengan demikian, *throughput* mencerminkan seberapa efisien data dapat dikirim dan diterima pada tujuan dalam jangka waktu tertentu[24]. Untuk mengukur *throughput* digunakan persamaan

$$T = \frac{JK}{LP} [12] (2.4)$$

Ket :

T = *Throughput*

JK = Jumlah data yang dikirim

LP = Lama Pengiriman

2.2.10. *Wireshark*

Wireshark merupakan *software* penganalisis paket jaringan *open-source* yang banyak digunakan. *Wireshark* memiliki kemampuan untuk memonitoring jaringan yang mendukung format pcap. Dalam *Wireshark*, informasi dapat diambil melalui penggunaan kabel atau bahkan tanpa kabel (nirkabel). *Wireshark* juga merupakan *software cross-platform* yang dapat berjalan

diberbagai sistem operasi. *Wireshark* dapat berjalan pada sistem operasi Linux, OS X, BSD, beberapa sistem operasi *Unix-like* lainnya, dan Microsoft Windows[26].

2.2.11. Perbandingan

Asal usul kata "perbandingan" berasal dari "banding," yang mengacu pada proses menilai bobot suatu objek atau sekelompok objek. Oleh karena itu, konsep kata "perbandingan" dapat diartikan sebagai "pertimbangan," yaitu kegiatan untuk menilai bobot suatu objek atau beberapa objek dengan menggunakan alat pembanding. Dengan kata lain, perbandingan melibatkan proses menyamakan objek atau objek-objek tersebut dengan alat pembanding yang digunakan. Kesimpulannya, perbandingan melibatkan tindakan menyamakan objek atau beberapa objek dengan alat pembanding. Melalui perbandingan ini, kita bisa mengidentifikasi persamaan dan perbedaan antara objek-objek tersebut dengan alat pembandingnya, atau antara satu objek dengan objek lainnya[27].