

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Pada penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti berkaitan dengan pengujian performansi menggunakan *Quality of Service (QoS)* pada jaringan komputer dan pemanfaatan EIGRP *unequal load balance* sebagai optimalisasi jaringan komputer, maka ada beberapa perbedaan dengan penelitian sebelumnya. Perbedaan tersebut meliputi masalah yang ditangani, metode yang digunakan, dan komponen yang digunakan. Berikut adalah beberapa penelitian sebelumnya yang terkait dengan penelitian yang akan diterapkan oleh peneliti.

Pada penelitian dengan judul “Analisis Pengaruh Konfigurasi EIGRP *Equal* dan *Unequal Cost Load Balancing* Terhadap Kinerja Router” yang dilakukan oleh Dian Bagus Saptonugroho, Dessyanto Boedi P., dan Budi Santosa [5], membahas mengenai konfigurasi *Equal* dan *Unequal Cost Load Balance* untuk mengetahui pengaruh konfigurasinya pada kinerja router dengan menggunakan *software* GNS3 dan OPNET. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa router yang menggunakan *load balancing* EIGRP *equal* dan *unequal* memiliki nilai *baseline delay*, *failure delay*, dan *delay difference* yang lebih kecil dibandingkan router yang tidak menggunakan *load balancing* EIGRP *equal* dan *unequal cost*. Router yang menggunakan *load balancing* EIGRP *equal* dan *unequal cost* juga memiliki waktu *konvergensi* rute yang lebih cepat. Namun, semakin banyak rute yang digunakan, maka akan semakin menurun *throughput* dan tingkat pemakaian suatu *link* [5].

Pada penelitian dengan judul “Implementasi Metode *Load Balancing* Dengan Dua Jalur” yang dilakukan oleh Eko Sumarno dan Hanugrah Probo Hasmoro [7], membahas mengenai implementasi *load balancing* jaringan dua ISP di SMP Negeri 2 Karanganyar untuk mengetahui perbedaan antara metode *load balancing* dengan metode *konvensional* dan untuk mengetahui manfaat dari penerapan jaringan model

load balancing. Hasilnya adalah setelah implementasi sistem, hampir tidak ada lagi keluhan dari pengguna tentang koneksi internet yang lambat atau terputus, *bandwidth* dibagikan secara proporsional sehingga hampir semua pengguna mendapatkan koneksi yang stabil, dan dengan dua modem masing-masing dengan bandwidth 2 Mbps, jalur dapat dibagi menjadi tiga kelompok *network* [7].

Pada penelitian dengan judul “Rancang Bangun *Load Balancing* Dua *Internet Service Provider* (ISP) Berbasis Mikrotik”, yang dilakukan oleh Feby Ardianto, Bengawan Alfaresi, Agus Darmadi [8], bertujuan untuk menerapkan fitur *load balancing* pada Mikrotik untuk mengimbangkan beban *traffic* pada kedua jalur koneksi internet, sehingga jalur yang padat dan lambat bisa seimbang. Uji coba *load balancing* dua ISP dilakukan dengan 3 metode, yaitu: (1) mengaktifkan ISP 1 dan menonaktifkan ISP 2; (2) mengaktifkan ISP 2 dan menonaktifkan ISP 1; dan (3) mengaktifkan kedua ISP. Uji coba ini juga akan mengetahui besar *download* dan *upload*. Hasil penelitian menunjukkan perbandingan kualitas koneksi dari masing-masing *Internet Service Provider* (ISP). Pada uji coba pertama, dengan mengaktifkan ISP 1 dan menonaktifkan ISP 2, didapatkan ping 64 ms, *download* 0,87 Mbps dan *upload* 0,93 Mbps. Pada uji coba kedua, dengan mengaktifkan ISP 2 dan menonaktifkan ISP 1, didapatkan ping 102 ms, *download* 0,50 Mbps dan *upload* 0,03 Mbps. Pada uji coba ketiga, dengan mengaktifkan kedua ISP, didapatkan ping 431 ms, *download* 0,73 Mbps dan *upload* 0,15 Mbps [8].

Pada penelitian dengan judul “Implementasi *Load Balancing* 2 (Dua) ISP Menggunakan Metode *Per Connection Classifier* (PCC)” yang dilakukan oleh Nanang Sadikin¹, Faprianda Rossy Ramadhan [9], membahas mengenai *load balance* jaringan dengan menambahkan 1 jalur ISP dan menambah perangkat router Mikrotik serta melakukan konfigurasi *firewall load balancing* dan *failover*. Hasil yang didapat yaitu dengan diterapkannya sistem *load balancing* maka dapat menyeimbangkan 2 koneksi internet kepada komputer *client*. Dan dengan di kombinasikannya fitur *failover* maka dapat mengurangi resiko terputusnya koneksi internet karena ke dua ISP saling *backup* [9].

Pada penelitian dengan judul “Implementasi *Load Balancing* Dan *Failover To Device* Mikrotik Router Menggunakan Metode NTH” yang dilakukan oleh Achmmad Mustofa, Desi Ramayanti [10], bertujuan untuk mengoptimalkan jaringan pada dua ISP serta mengintegrasikan kedua ISP dalam satu jaringan agar pada saat salah satu ISP terputus koneksi tetap dapat berjalan secara optimal. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode penelitian kualitatif melalui analisis mendalam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konfigurasi dan implementasi *load balancing* dan *failover* yang diterapkan pada router Mikrotik berhasil menyeimbangkan aliran *traffic* pada dua jalur koneksi internet. Dengan adanya dua jalur koneksi, kecepatan akses internet menjadi lebih cepat karena beban *traffic* tidak hanya terpusat pada satu jalur saja. Penerapan *load balancing* dan *failover* juga dapat memecahkan masalah putus koneksi pada jalur internet [10]

Tabel 2.1 Tabel penelitian sebelumnya

No	Jurnal	Tujuan Penelitian	Kesimpulan	Saran	Perbandingan
1	Analisis Pengaruh Konfigurasi EIGRP <i>Equal</i> dan <i>Unequal Cost Load Balancing</i> Terhadap Kinerja Router	Tujuan penelitian yaitu mengetahui pengaruh konfigurasinya pada kinerja router dengan menggunakan <i>software</i> GNS3 dan OPNET	Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa router yang menggunakan <i>load balancing</i> EIGRP <i>equal</i> dan <i>unequal</i> memiliki nilai <i>baseline delay</i> , <i>failure delay</i> , dan <i>delay difference</i> yang lebih kecil dibandingkan router yang tidak menggunakan <i>load balancing</i> EIGRP <i>equal</i> dan <i>unequal cost</i> . Router yang menggunakan <i>load balancing</i> EIGRP <i>equal</i> dan <i>unequal</i> juga memiliki waktu <i>konvergensi</i> rute yang lebih cepat. Namun, semakin banyak rute yang digunakan, maka akan semakin menurun <i>throughput</i> dan tingkat pemakaian suatu <i>link</i> .	Penelitian masa depan harus melakukan studi kasus pada jaringan yang sudah berfungsi sehingga didasarkan pada topologi dan karakteristik jaringan yang sesungguhnya. OPNET Modeler 14.5 masih memiliki kekurangan dengan masih memasukkan rute yang tidak memenuhi syarat sebagai penerus yang layak ke dalam tabel routing setelah konfigurasi varian. Diharapkan OPNET Modeler dapat	Pembahasan penelitian hanya untuk mengetahui pengaruh konfigurasi EIGRP <i>equal</i> dan <i>unequal cost load balancing</i> terhadap kinerja router tetapi tidak membahas perbedaan atau keunggulan dari <i>equal</i> dan <i>unequal cost load balance</i> .

No	Jurnal	Tujuan Penelitian	Kesimpulan	Saran	Perbandingan
				memperbaiki kelemahan ini pada versi selanjutnya..	
2	Implementasi Metode <i>Load Balancing</i> Dengan Dua Jalur	Mengetahui perbedaan antara metode <i>load balancing</i> dengan metode konvensional dan untuk mengetahui manfaat dari penerapan jaringan model <i>load balancing</i> .	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk melakukan <i>load balancing</i>, dibutuhkan peralatan tambahan, sedangkan metode konvensional tidak memerlukan peralatan tambahan.. - Metode <i>load balancing</i> memiliki keuntungan dimana bila salah satu server mengalami masalah, koneksi internet masih akan berfungsi. Sementara dengan metode konvensional, bila satu server mengalami gangguan, seluruh komputer yang terhubung ke server tersebut akan terpengaruh. - Metode <i>load balancing</i> membuat koneksi internet terasa lebih cepat karena konsepnya adalah 	<ul style="list-style-type: none"> - System <i>load balancing</i> dalam penelitian ini dapat digabungkan dengan perangkat keras seperti switch, router, atau <i>local director</i> untuk meningkatkan kinerja server dan jaringan. - Lebih baik untuk memisahkan kelompok jaringan kelas dan kantor agar mempermudah manajemen <i>bandwidth</i> dan kebutuhan lain.. 	Implementasi <i>load balance</i> dengan dua jalur untuk mengetahui perbedaan antara metode <i>load balancing</i> dengan metode konvensional dengan metode penelitian berupa pengamatan, studi litelatur, dan eksperimental. Pembahasan pada penelitian ini terfokus pada keuntungan dari penerapan <i>load balance</i> .

No	Jurnal	Tujuan Penelitian	Kesimpulan	Saran	Perbandingan
			<p>membagi beban koneksi secara merata ke beberapa jalur.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dengan metode <i>load balancing</i>, <i>bandwidth</i> dari kedua jalur ISP akan digunakan secara optimal karena beban <i>traffic</i> akan didistribusikan ke kedua jalur tersebut. 		
3	Rancang Bangun <i>Load Balancing</i> Dua Internet <i>Service Provider</i> (ISP) Berbasis Mikrotik	Fitur <i>load balancing</i> diimplementasikan pada Mikrotik, untuk membuat pembagian beban <i>traffic</i> lebih efisien pada dua jalur koneksi internet sehingga jalur yang lebih padat dan lambat dapat di <i>balance</i> .	<ul style="list-style-type: none"> - Ada 3 metode pengujian yang dilakukan, yaitu: pengujian pertama dengan ISP 1 diaktifkan dan ISP 2 dinonaktifkan, pengujian kedua dengan ISP 2 diaktifkan dan ISP 1 dinonaktifkan, dan pengujian ketiga dengan ISP 1 dan ISP 2 semuanya diaktifkan. - Hasil dari ketiga pengujian yang dilakukan adalah: pada pengujian pertama didapatkan 64 ms, <i>download</i> 0.87 Mbps dan <i>upload</i> 		Implementasi <i>load balance</i> dua ISP menggunakan router mikrotik, dengan metode penelitian yang digunakan meliputi identifikasi, pengadaan perangkat keras dan perangkat lunak, perancangan jaringan, dan pengujian jaringan. Pengujian pada penelitian ini berupa ping, <i>download</i> , dan <i>upload</i> .

No	Jurnal	Tujuan Penelitian	Kesimpulan	Saran	Perbandingan
			<p>0,93 Mbps, pada pengujian kedua didapatkan 102 ms, <i>download</i> 0.50 Mbps dan <i>upload</i> 0.03 Mbps, dan pada pengujian ketiga didapatkan 431 ms, <i>download</i> 0.73 Mbps dan <i>upload</i> 0,15 Mbps.</p> <p>- Masalah <i>disconnect</i> pada jaringan internet jika kedua ISP di <i>enable</i>, dapat diatasi dengan <i>load balancing</i>.</p>		
4	Implementasi <i>Load Balancing</i> 2 (Dua) ISP Menggunakan Metode <i>Per Connection Classifier</i> (PCC)	mengimplementasikan <i>Load Balancing</i> 2 ISP	<i>Load Balancing</i> membagi beban lalu lintas pada dua jalur koneksi secara merata, sehingga aliran lalu lintas dapat berjalan dengan optimal, memperkecil waktu <i>respons</i> dan menghindari beban berlebih pada satu jalur koneksi tertentu.	Disarankan untuk menggunakan ISP cadangan yang cukup baik agar tidak terlalu tergantung pada ISP utama. Saat implementasi di lapangan, disarankan menggunakan produk dengan seri RB951.	Implementasi menggunakan router mikrotik serta penambahan konfigurasi <i>firewall load balancing</i> dan failover. Pengujian dilakukan dengan memonitoring menggunakan <i>tools</i> yang tersedia pada <i>software</i> winbox pada <i>interface list</i> .

No	Jurnal	Tujuan Penelitian	Kesimpulan	Saran	Perbandingan
5	Implementasi <i>Load Balancing</i> Dan <i>Failover To Device</i> Mikrotik Router Menggunakan Metode NTH	Pengoptimalan jaringan pada dua ISP serta mengintegrasikan kedua ISP dalam satu jaringan agar pada saat salah satu ISP terputus koneksi tetap dapat berjalan secara optimal.	Implementasi <i>load balancing</i> dan <i>failover</i> pada perangkat Mikrotik Router membuat aliran <i>traffic</i> pada kedua jalur koneksi internet menjadi seimbang. Dengan adanya dua jalur, kecepatan akses internet menjadi lebih cepat karena beban tidak berada pada satu jalur saja. Implementasi ini juga bisa mengatasi masalah putus koneksi pada salah satu jalur internet.	Untuk memenuhi kebutuhan yang semakin besar, <i>load balancing</i> dapat diterapkan dengan menambahkan lebih dari 2 jalur koneksi. Hal ini akan meningkatkan kecepatan akses internet dan memberikan banyak alternatif jalur koneksi sebagai <i>backup</i> . Ini juga akan mengurangi potensi masalah pada jalur koneksi utama.	Implementasi load balance dua ISP menggunakan router mikrotik. Menggunakan teknik <i>failover</i> untuk mengalihkan sekumpulan <i>traffic</i> Dari satu jalur yang mengalami gangguan, beralih ke jalur yang masih dapat beroperasi dengan baik.

2.2. Landasan Teori

Berikut ini merupakan landasan teori yang menjadi sebuah konsep dan acuan yang sistematis dalam penelitian yang dilakukan oleh peneliti. Landasan teori berisi sumber-sumber yang diperoleh dalam jurnal, buku ataupun sumber dari internet yang berhubungan (relevan) serta mendukung inti permasalahan yang diteliti.

2.2.1. Jaringan Komputer

Kumpulan beberapa komputer yang terkoneksi antar satu sama lain melalui media perantara disebut jaringan komputer. Media perantara tersebut bisa berupa kabel atau nirkabel. Informasi atau data dapat mengalir dari satu komputer ke komputer lain sehingga setiap komputer dapat bertukar data [11]. Dalam jaringan komputer, informasi yang dikirimkan adalah data. Sehingga, jika ingin bertukar data antar komputer, misalnya mengunduh atau mengunggah berkas, dapat dilakukan tanpa harus membawa media penyimpanan. [12].

Dari segi jangkauannya, jaringan dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis:

a) *Local Area Network (LAN)*

Local Area Network (LAN) adalah sebuah sistem jaringan komputer yang terbatas pada lingkungan fisik yang sama, seperti dalam satu ruang laboratorium komputer. LAN dapat dibuat dengan hanya menggunakan dua komputer saja, meskipun spesifikasi komputernya rendah. Keberadaan LAN memungkinkan komputer untuk terhubung dan berinteraksi satu sama lain seolah-olah mereka menjadi satu kesatuan [12]

b) *Metropolitan Area Network (MAN)*

Metropolitan Area Network (MAN) adalah sebuah jaringan komputer yang memungkinkan untuk menjangkau jarak yang cukup jauh. Jenis ini digunakan untuk membangun jaringan komputer antar gedung, dalam satu kota, atau antar kota yang berbeda. Jaringan ini seringkali digunakan oleh perusahaan-perusahaan besar seperti bank, BUMN, dan sebagainya [12].

c) *Wide Area Network (WAN)*

Wide Area Network (WAN) Ini adalah jaringan yang paling luas karena mencakup jarak antar negara dan bahkan benua tanpa adanya batasan geografis seperti jenis jaringan lainnya. WAN terdiri dari gabungan dari LAN, MAN, dan mesin yang bertujuan untuk menjalankan aplikasi bagi pengguna [12].

2.2.2. Router

Router adalah perangkat jaringan yang digunakan untuk mengalokasikan protokol ke perangkat jaringan lain. Dengan menggunakan router, protokol dapat dibagikan ke perangkat lain dalam jaringan. Contohnya, jika kita ingin membagikan alamat IP ke perangkat jaringan lain, kita dapat menggunakan router. Salah satu fitur router adalah DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*), yang memungkinkan kita untuk membagikan alamat IP. Fitur lain dari router adalah NAT (*Network Address Translation*) yang memungkinkan suatu alamat IP atau koneksi internet untuk dibagikan ke alamat IP lain. [7]. Berikut adalah contoh gambar router.



Gambar 2.1 Router

Sebuah router memiliki kemampuan untuk mengirimkan data atau informasi dari satu jaringan ke jaringan lain yang berbeda. Dalam perkembangan teknologi saat ini, perangkat router sudah mulai melampaui batas tuntutan teknologi yang diharapkan dan memiliki fitur yang lebih baik. Router akan menemukan jalur terbaik untuk mengirimkan pesan dengan mempertimbangkan alamat asal dan tujuan [13]. Router memahami alamat dari setiap komputer di lingkungan jaringan lokalnya dan router lain. Fungsi utama dari router adalah mengirimkan data antar segmen jaringan dengan alamat *network* yang berbeda. Ini bisa terjadi karena router

memiliki *routing table* yang berisi alamat tujuan, oleh karena itu router memiliki kemampuan untuk melakukan *routing* [14].

2.2.3. Routing

Routing adalah proses memilih lintasan yang akan diambil oleh paket data dalam suatu jaringan komputer untuk mencapai tujuannya. Dalam proses ini, jaringan dikenali sebagai *graf* berbobot, dimana setiap interkoneksi antar titik memiliki bobot atau nilai yang bervariasi, seperti *bandwidth*, *network delay*, *hop count*, *path cost*, *load*, *reliability*, dan biaya komunikasi. Router harus memilih rute dengan *cost* terkecil. [15].

Terdapat berbagai jenis algoritma yang digunakan dalam mengelola proses *routing*, yang dikenal sebagai *routing protocol*. *Routing protocol* ini akan mengatur jalur/rute paket data yang akan dikirim dengan membuat tabel *routing*. Setiap *routing protocol* memiliki cara dan metodenya masing-masing dalam melakukan tugasnya.[15]. Hal itulah yang akan menentukan keunggulan dan kekurangan masing-masing protokol *routing*. Terdapat dua jenis konfigurasi *routing*, yaitu *routing* statis dan *routing* dinamis [16]. Salah satu contoh *routing* yang termasuk ke dalam *routing* dinamis yaitu EIGRP (*Enhanced Interior Gateway Routing Protocol*).

EIGRP merupakan salah satu protokol *Interior Gateway Protocol* (IGP) yang memanfaatkan *otonomus sistem*. Dalam jaringan WAN, seringkali jaringan terbagi menjadi beberapa bagian kecil yang disebut *autonomous system*, dimana setiap *autonomous system* memegang kendali atas wilayahnya sendiri [16]. EIGRP adalah versi yang disempurnakan dari IGRP yang dikembangkan oleh Cisco. EIGRP menggunakan algoritma *distance vector* dan *distance information* yang sama dengan IGRP. Namun, sifat konvergensi dan efisiensi operasi EIGRP telah meningkat secara substansial dibandingkan IGRP, dan IGRP sudah usang [17]. EIGRP merupakan *Cisco Proprietary*, yakni protokol *routing* yang hanya terdapat pada *brand Cisco*.

EIGRP menggunakan formula berdasarkan *bandwidth* dan *delay* untuk menghitung *metric* yang sesuai dengan rute. EIGRP melakukan konvergensi dengan cepat saat menghindari *loop*. EIGRP tidak melakukan perhitungan rute seperti protokol *link-state*. Konvergensi EIGRP lebih cepat dibandingkan dengan protokol *distance vector* karena EIGRP tidak memerlukan *loop avoidance* yang memperlambat konvergensi protokol *distance vector* [16].

2.2.4. Load Balancing

Load balancing dalam jaringan komputer adalah cara untuk membagi beban (*load*) ke beberapa jalur atau *link*. Hal ini dilakukan jika ada beberapa jalur untuk mencapai suatu *network* tujuan. Tujuan dari *load balancing* ini adalah agar tidak ada jalur yang memiliki beban lebih besar daripada jalur lainnya. Dengan membagi beban ke beberapa jalur, diharapkan akan tercapai keseimbangan (*balance*) dalam penggunaan jalur-jalur tersebut [18].

Load Balancing adalah proses pembagian beban jaringan (*traffic*) ke sejumlah *link network* yang tersedia untuk meningkatkan *throughput*, memperkecil waktu *respons*, dan mencegah terjadinya kepadatan *traffic*. Teknik ini dapat digunakan jika router memiliki beberapa *link* untuk mencapai *network* tujuan tertentu. [19].

Load Balancing dapat menentukan jalur mana yang memiliki *load* atau beban yang lebih rendah dan memiliki *respons* yang lebih cepat. Bahkan dapat memblokir akses ke jalur yang sedang mengalami masalah dan hanya mengarahkannya ke jalur yang mampu mengirimkan paket dengan baik. Hal ini adalah salah satu kelebihan yang umumnya dimiliki *load balancing*, sehingga layanan seolah-olah tidak ada gangguan di mata pengguna.

2.2.5. *Equal Cost Multi Path (ECMP)*

Equal Cost Multi Path (ECMP) adalah teknik pemilihan jalur pada *gateway* dengan cara membagi beban *traffic* secara merata [20]. Misalnya, jika ada dua *gateway*, *trafik* akan dialokasikan ke kedua *gateway* dengan jumlah yang sama (*equal cost*). Nilai dari *equal cost* juga dapat didefinisikan secara tidak seimbang atau asimetris pada saat proses *routing* [21].

ECMP umumnya digunakan untuk membagikan lalu lintas yang menuju internet melalui beberapa ISP, dengan melakukan konfigurasi *default route* menggunakan beberapa *gateway* sekaligus. Namun, nilai *Administrative Distance* dari setiap *gateway* harus sama. [19]. Berbagai protokol *routing* yang mendukung ECMP yaitu *Open Shortest Path First (OSPF)*, *Intermediate System to Intermediate System (ISIS)*, *Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP)*, dan *Border Gateway Protocol (BGP)* memungkinkan ECMP *routing*.

2.2.6. *Unequal Load Balancing*

Unequal load balance adalah keadaan dimana terdapat sebuah packet data yang ingin menuju ke suatu tujuan/*destination* dengan 2 jalur yang berbeda dan semua jalur tersebut dapat digunakan untuk mengirim paket data ke alamat tujuan [5]. Apabila tidak dapat mengaturnya maka paket akan selalu lewat pada jalur yang *bandwidth*-nya besar dan akan berpindah pada jalur yang *bandwidth*-nya kecil jika *traffic* di jalur sebelumnya penuh. Kondisi ini menyayangkan untuk jalur yang *bandwidth*-nya kecil, karena kita memiliki dua jalur namun hanya satu jalur yang dapat digunakan. Maka dari itu digunakan konsep/metode *unequal load balancing*, sehingga paket akan lewat pada kedua atau lebih jalur; baik jalur dengan *bandwidth* besar ataupun jalur dengan *bandwidth* kecil, dengan kata lain jalur akan dimaksimalkan semua [5].

Proses pencarian rute dalam routing protocol dapat menemukan rute alternatif dengan nilai *metric* yang lebih besar dibandingkan dengan rute terbaik. Rute alternatif ini dikategorikan sebagai rute cadangan dan hanya akan digunakan jika rute terbaik mengalami gangguan atau tidak dapat dilalui [5]. Berbeda dengan *equal load balancing*, fitur *unequal load balancing* memanfaatkan semua jalur tanpa

membedakan apakah jalur tersebut adalah yang terbaik dengan nilai *metric* terkecil atau jalur cadangan dengan nilai *metric* yang lebih besar [5]. Semua rute dapat digunakan untuk mengirimkan data ke alamat tujuan. Protokol *routing* yang mendukung fitur *unequal load balancing* yaitu EIGRP. Sehingga dengan routing EIGRP memungkinkan *engineer* untuk mendistribusikan *traffic* dalam *network* dengan lebih baik [6].

2.2.7. QoS (*Quality of Service*)

Quality of Service (QoS) adalah suatu cara mengukur kualitas jaringan dengan mengukur sejumlah atribut kinerja yang telah ditentukan dan memberikan hasil tentang seberapa baik suatu jaringan. Parameter QoS adalah *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput*. QoS sangat ditentukan oleh kualitas jaringan yang digunakan [21]. Untuk menilai kualitas QoS, beberapa parameter pendukung yang dibutuhkan [22]:

a) *Packet Loss*

Parameter yang merepresentasikan suatu kondisi yang menunjukkan total jumlah paket yang hilang, bisa disebabkan oleh *collision* atau tabrakan data dan *congestion* atau kemacetan pada jaringan. Hal ini mempengaruhi seluruh aplikasi karena retransmisi akan menurunkan efisiensi jaringan meskipun ada *bandwidth* yang cukup untuk aplikasi tersebut [23].

Tabel 2.2 Kategori *packet loss*

Kategori Degradasi	Packet Loss (%)	Indeks
Sangat Bagus	$0 \leq x \leq 2$	4
Bagus	$2 < x \leq 14$	3
Sedang	$14 < x \leq 25$	2
Buruk	>25	1

Sumber : TIPHON

Adapun persamaan yang digunakan adalah:

$$Packet Loss = \frac{Y}{A} \times 100 \quad (2.1)$$

Keterangan:

Y = Paket data dikirim – Paket data diterima

A = Paket data dikirim

b) *Delay*

Waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari sumber ke tujuan disebut sebagai *delay*. Faktor-faktor seperti jarak, media fisik, *kongesti* atau juga waktu proses yang lama dapat mempengaruhi besar delay [23].

Tabel 2.3 Kategori delay

Kategori Degradasi	Besar <i>Delay</i> (ms)	Indeks
Sangat Bagus	< 150	4
Bagus	$150 \leq x \leq 300$	3
Sedang	$300 < x \leq 450$	2
Buruk	> 450	1

Sumber : TIPHON

Untuk persamaannya adalah sebagai berikut:

$$Delay = \frac{Packet\ Length}{Link\ Bandwidth} \quad (2.2)$$

c) *Jitter*

Jitter atau *variasi delay*, Menunjukkan seberapa banyak variasi *delay* pada transmisi data dalam jaringan. Terdapat antrian *delay* pada router dan switch yang menyebabkan *jitter*, karena adanya variasi dalam panjang antrian, waktu pengolahan data, dan waktu penggabungan paket kembali di akhir perjalanan *jitter* [23].

Tabel 2.4 Kategori *jitter*

Kategori Degradasi	<i>Peak Jitter</i> (ms)	Indeks
Sangat Bagus	≤ 0	4
Bagus	$0 < x \leq 75$	3
Sedang	$76 < x \leq 125$	2
Buruk	>125	1

Sumber : TIPHON

Adapun persamaan yang digunakan adalah:

$$Jitter = \frac{\text{Total variasi Delay}}{\text{Total Packet diterima}}, \text{ dan} \quad (2.3)$$

$$\text{Total variasi Delay} = \text{Delay} - \text{mean Delay} \quad (2.4)$$

d) *Throughput*

Throughput adalah kecepatan *transfer* data yang efektif dan diukur dalam bps. Nilainya ditentukan dengan menjumlahkan semua paket yang tiba dengan sukses pada tujuan selama periode waktu tertentu dan membagi dengan durasi periode waktu tersebut [23].

Tabel 2.5 Kategori *throughput*

Kategori <i>Throughput</i>	<i>Throughput</i> (Kbps)	Indeks
Sangat Bagus	≥ 2100	4
Bagus	$1200 \leq x < 2100$	3
Cukup	$700 \leq x < 1200$	2
Kurang Baik	$338 \leq x < 700$	1
Buruk	$0 \leq x < 338$	0

Untuk persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Packet Data diterima}}{\text{Lama Pengiriman}} \quad (2.5)$$

2.2.8. *Graphical Network Simulator 3 (GNS3)*

GNS3 adalah sebuah perangkat lunak simulator jaringan berbasis grafik yang dapat menyimulasikan topologi jaringan yang lebih rumit/kompleks dari simulator lain [24]. Hal ini dikarenakan GNS3 menggunakan sistem operasi asli dari perangkat jaringan seperti cisco dan juniper, sehingga dapat merasakan berada dalam kondisi yang lebih nyata saat mengkonfigurasi router dibandingkan dengan menggunakan *Cisco Packet Tracer* [25].



Gambar 2.2 GNS3

GNS3 kompatibel dengan sistem operasi seperti Windows, Linux, dan MacOS. Agar simulasi jaringan bisa dilakukan secara menyeluruh, GNS3 menawarkan fitur-fitur seperti [24]:

1. GNS3 memiliki fitur untuk mendesain jaringan berkualitas tinggi dan memungkinkan simulasi topologi jaringan yang kompleks.
2. GNS3 memiliki fitur untuk mengemulasikan berbagai jenis *platform* Cisco IOS router, IPS, PIX dan ASA firewall, JUNOS.
3. Simulasi Ethernet sederhana, ATM dan *Frame Relay switch*
4. Koneksi antara jaringan simulasi dengan jaringan yang sesungguhnya di dunia nyata.
5. Dapat dihubungkan ke jaringan fisik
6. Dapat diintegrasikan dengan Wireshark (tools packet *capture/analyzer*) untuk analisa *traffic* jaringan.

2.2.9. Wireshark

Wireshark adalah software yang bertujuan untuk analisis paket data jaringan. Dikenal juga sebagai *network packet analyzer*, *wireshark* memfokuskan pada menangkap paket jaringan dan menunjukkan seluruh informasi yang terkandung di dalamnya sedetail mungkin [26].



Gambar 2.3 *Wireshark*

Network packet analyzer sendiri berguna untuk memeriksa apa yang sedang terjadi di dalam jaringan, baik kabel maupun *wireless*. Dengan *wireshark*, memantau / memonitoring dan menganalisis paket yang lewat pada suatu jaringan menjadi lebih mudah. Salah satu hasil yang didapatkan dari analisa paket dapat digunakan untuk menilai performa dari sistem yang ada melalui parameter QoS [27].

2.2.10. *Distributed Internet Traffic Generator (D-ITG)*

Distributed Internet Traffic Generator (DITG) adalah sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk mengenerate dan mengukur performa dari jaringan yang ada. D-ITG memiliki kemampuan untuk menghasilkan lalu lintas data pada tingkat paket dengan akurasi yang tepat, menirukan proses stokastik untuk *inter departure time (IDT)* dan *packet size (PS)* secara tepat. D-ITG juga mendukung generasi lalu lintas jaringan IPv4 dan IPv6, serta mampu menghasilkan lalu lintas pada lapisan transportasi dan aplikasi jaringan [28]. D-ITG bisa digunakan untuk melakukan evaluasi terhadap kinerja jaringan, membandingkan performa dari berbagai protokol jaringan dan sistem operasi. D-ITG memiliki beberapa model yang dapat mereplikasi sumber berbagai protokol seperti TCP, UDP, ICMP, DNS, Telnet, dan VoIP. Pengguna hanya perlu memilih salah satu protokol yang didukung dan pengaturan IDT dan PS akan dilakukan secara otomatis. D-ITG memungkinkan penyimpanan informasi baik pada sisi penerima maupun pengirim, sehingga memungkinkan untuk mempelajari pola *traffic* yang dihasilkan [29].