



**SIMULASI JARINGAN VoIP BERBASIS MULTI PROTOCOL LABEL SWITCHING
(MPLS) DENGAN SIMULATOR GNS3**

Rawan Hiba¹, Frilla Anggun Pratiwi²
Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Jakarta¹²
r_hiba@yahoo.com, anggpratiwifrilla@gmail.com

ABSTRAK

Pada era modern seperti sekarang ini, kebutuhan akan komunikasi data merupakan hal yang sangat penting. Komunikasi internet dituntut untuk menjawab segala persoalan dalam komunikasi, salah satunya adalah komunikasi jarak jauh. Persoalan komunikasi jarak jauh dipecahkan dengan menggunakan teknologi VoIP. VoIP merupakan sebuah teknologi yang menjadikan media internet untuk bisa melakukan komunikasi suara jarak jauh secara langsung. Tujuan dari pembuatan simulasi jaringan VoIP berbasis MPLS dengan GNS3 adalah untuk menunjukkan bagaimana cara kerja jaringan VoIP pada simulator GNS3. Lalu mengetahui parameter kualitas kerja pada jaringan VoIP apakah baik atau tidak dan juga menganalisa parameter yang dipakai pada simulasi kali ini. Parameter pada simulasi ini menggunakan jitter, throughput, delay dan packet loss. Pada simulasi ini didapatkan hasil Quality Of Service (QOS) dari pengujian antar client. Nilai delay 16 ms dengan kategori sangat bagus sesuai standarisasi TIPHON, nilai throughput 0.0029% dengan kategori jelek sesuai standarisasi TIPHON, nilai packet loss 0% dengan kategori sangat bagus sesuai standarisasi TIPHON dengan kategori dan nilai jitter 0.003 ms dengan kategori bagus sesuai standarisasi TIPHON.

Kata Kunci: MPLS, GNS3, TIPHON, VoIP

ABSTRACT

In the modern era, as now, the need for data communication is very important. Internet communication required to answer all the problems in communication, one of which is long-distance communication. Problem solved using VoIP. VoIP technology is a technology that makes Internet media to be able to do long-distance voice communication is real time. Purpose of manufacture MPLS-based VoIP network simulation with GNS3 is to show how to work on a VoIP network simulator GNS3. Then know the parameters of the quality of work on a VoIP network is good or not and also analyze parameters used in the simulation times ini. Parameter on these simulations using jitter, throughput, delay and packet loss. On this simulation results obtained Quality Of Service (QOS) of testing between client. Value 16 ms delay with very good categories according TIPHON standardization, value 0.0029% throughput with appropriate standardization TIPHON ugly category, the value 0% packet loss with very good categories in accordance with the categories and standardization TIPHON 0.003 ms jitter value with good category TIPHON appropriate standardization.

Keywords: MPLS, GNS3, TIPHON, VoIP

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era modern seperti sekarang ini, kebutuhan akan komunikasi data merupakan hal yang sangat penting. Ditambah dengan banyaknya provider yang menyediakan fasilitas untuk komunikasi data, baik dari sisi pengiriman data, audio maupun video. Maka dari itu dibutuhkan kecepatan dan kehandalan yang mendukung untuk memenuhi keinginan para konsumen.

Berkembangnya internet dan telekomunikasi memungkinkan para konsumen melakukan segala hal, terutama dalam hal berkomunikasi jarak jauh melalui media internet. VOIP (*Voice Over Internet Protocol*) adalah teknologi internet yang membuat para konsumennya melakukan percakapan jarak jauh dengan media internet. Para pengguna internet dapat melakukan percakapan jarak jauh secara real-time. Salah satu aplikasi modern yang mendukung layanan VOIP adalah Skype.

Dengan dibantu teknologi MPLS (*Multi Protocol Label Switching*), kehandalan VOIP akan meningkat. Teknologi MPLS merupakan teknologi penyampain paket, baik paket data, suara maupun video yang menggabungkan kemampuan manajemen switching yang memungkinkan pengiriman paket secara efisien dengan kecepatan yang tinggi.

Karena keterbatasan hardware dan biaya yang ada, maka penulis melakukan projek akhir ini dengan menggunakan software GNS3. Selain untuk mengefisiensi waktu, juga untuk menghemat biaya. Dari penggunaan software GNS3 ini akan didapat hasil QOS pada projek akhir ini, seperti *jitter*, *delay*, *throughput* dan *packet loss*.

1.2 Maksud dan Tujuan

Adapun tujuan penulisan penelitian ini adalah:

1. Menganalisa bagaimana cara kerja pada rancang bangun jaringan VOIP berbasis MPLS dengan menggunakan GNS3.
2. Menganalisa kualitas kerja VOIP pada MPLS.
3. Menganalisa parameter QOS pada seperti *delay*, *throughput*, *jitter*, dan *packet loss* pada performansi VOIP berbasis MPLS

1.3 Rumusan masalah

Adapun rumusan masalah yang akan di bahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara membangun Jaringan VOIP berbasis MPLS menggunakan GNS3 ?
2. Bagaimana cara mengkonfigurasi jaringan point-to-point dengan menggunakan GNS3 ?
3. Apa saja parameter QOS pada VOIP berbasis MPLS ?

1.4 Pembatasan Masalah

Ruang lingkup permasalahan dalam laporan penelitian ini hanya terbatas pada masalah-masalah sebagai berikut:

1. Membahas konfigurasi jaringan VOIP dengan GNS3.

2. Membahas hasil QOS pada VOIP berbasis MPLS.
3. Hanya membahas VOIP pada MPLS.
4. Hanya menganalisa *delay*, *throughput*, *jitter*, dan *packet loss*.

1.5 Sistematika Penulisan

Secara umum sistematika penulisan penelitian ini terdiri dari bab-bab dengan penyampaian sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Metode ini dilakukan dengan melakukan studi literatur di Perpustakaan kampus atau di Perpustakaan lain yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dibahas, dan membaca buku referensi serta mencari data di situs internet yang dapat mendukung perealisasi penelitian ini.

2. Perancangan Sistem dan Implementasi

Merancang system jaringan VOIP berbasis MPLS

3. Pengambilan dan Analisa Data

Setelah dilakukan perancangan, akan dilakukan pengujian terlebih dahulu dengan GNS3, kemudian dianalisa setiap parameter QOS.

4. Penarikan Kesimpulan

Dari hasil analisa tersebut akan ditarik kesimpulan mengenai VOIP berbasis MPLS.

2.1 Open System Interconnection (OSI)

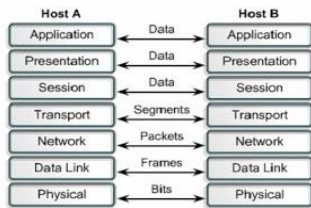
International Organization for Standardization (ISO) membuat berbagai macam skema standarisasi jaringan. ISO kemudian membentuk sebuah model jaringan dengan tujuan untuk menjembatani pengembang peranti jaringan agar tetap bisa digunakan atau berkomunikasi walaupun dikembangkan oleh beberapa pengembang. Model jaringan tersebut adalah *Open System Interconnection* (OSI). OSI membagi kompleksitas komunikasi data asal (*source*) ke tujuan (*destination*) dengan lapisan-lapisan (*layer*) yang tiap mempunyai fungsi dan hubungan antar lapisan. OSI memberikan pandangan yang "abstrak" dari arsitektur jaringan yang dibagi dalam 7 lapisan. Model ini diciptakan berdasarkan sebuah proposal yang dibuat oleh *International Organization for Standardization* (ISO) sebagai langkah awal menuju standarisasi protokol internasional yang digunakan pada berbagai layer. Model ini disebut *Open System Interconnection*, karena model ini ditujukan untuk interkoneksi *Open System*. *Open System* diartikan sebagai suatu system yang terbuka untuk berkomunikasi dengan sistem-sistem lain yang berbeda untuk berkomunikasi dengan system-sistem lain yang berbeda arsitektur maupun Sistem Operasi.

Prinsip-prinsip yang digunakan bagi ketujuh layer tersebut adalah :

1. Sebuah layer harus dibuat bila diperlukan tingkat abstraksi yang berbeda.
2. Setiap layer harus memiliki fungsi tertentu.
3. Fungsi layer di bawah adalah mendukung fungsi layer di atasnya.

4. Fungsi setiap layer harus dipilih dengan teliti sesuai dengan ketentuan standar protokol internasional.
5. Batas-batas setiap layer diusahakan untuk meminimalkan aliran informasi yang melewati antarmuka.
6. Jumlah layer harus cukup banyak, sehingga fungsi-fungsi yang berbeda tidak perlu disatukan dalam satu layer di luar keperluannya. Akan tetapi jumlah layer juga harus diusahakan sedikit mungkin sehingga arsitektur jaringan tidak menjadi sulit dipakai.

2.1

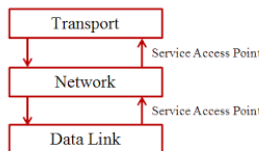


Gambar

Komunikasi Peer-to-Peer

Pada gambar 2.1 tampak bahwa setiap lapisan mempunyai protokol yang saling berkomunikasi (logic) dengan protokol pada lapisan yang sama. Data mengalir dari lapisan aplikasi ke bawah hingga lapisan fisik (disebut komunikasi vertical), kemudian data tersebut dikirim penerima ke atas dari lapisan fisik ke lapisan aplikasi. Masing-masing lapisan berhubungan dengan mekanisme yang disebut *Service Access Point (SAP)*. Sebagai contoh, antar lapisan *Transport*, *Network*, dan *Data Link*.

Gambar



2.2

Service Access Point

Berikut ini merupakan layer-layer yang ada pada OSI :

- **Layer 1 (Physical Layer)**
Physical layer atau lapisan fisik melakukan fungsi pengiriman dan penerimaan bit stream dalam medium fisik. Dalam lapisan ini kita akan mengetahui spesifikasi mekanikal dan elektrik dari media transmisi serta antarmukanya.
- **Layer 2 (Data Link)**
Pada layer-2 (Data Link Layer) komunikasi data dilakukan dengan menggunakan identitas berupa alamat simpul fisik yang disebut sebagai alamat hardware atau hardware address. Proses komunikasi anatar komputervatau simpul jaringan hanya mungkin terjadi, bila kedua belah pihak mengetahui identitas masing-masing melalui alamat fisik (*physical-address*). Bentuk topologi yang digunakan ditentukan oleh protokol *Data Link*.
Tugas utama lapisan data link dalam proses komunikasi data adalah :

1. *Framing* : membagi bit-stream yang diterima dari lapisan network menjadi unit-unit data yang disebut frame.
2. *Physical addressing* : definisi identitas pengirim dan/atau penerima yang ditambahkan dalam header.
3. *Flow control* : melakukan tindakan untuk membuat stabil laju bit jika rate atau laju *bit stream* berlebih atau berkurang.
4. *Error-control* : penambahan mekanisme deteksi dan retransmisi frame-frame yang gagal terkirim.
5. *Communication-control* :menetukan *device* yang harus dikendalikan pada saat tertentu jika ada dua koneksi yang sama.

- **Layer 3 (Network Layer)**

Pada lapisan ini terjadi proses pendefinisian alamat logis (*logical addressing*), kemudian mengkombinasikan multiple data link menjadi satu internetwork. Lapisan network bertanggung jawab untuk membawa paket dari satu simpul ke simpul yang lainnya dnegan mengacu *logical addressing*. Fungsi lain adalah sebagai *packet forwarder* (penerus).

Ada 2 tugas pokok lapisan *network* yaitu :

1. *Logical addressing* : pengalamatan secara logis yang ditambahkan pada header lapisan network. Pada jaringan TCP/IP pengalamatan logis ini populer dengan sebutan IP Address.
2. *Routing*. Hubungan anatarjarangan yang membentuk internet-work membutuhkan metode jalur alamat agar paket dapat ditransfer dari satu device yang berasal dari jaringan satu menuju device lain pada jaringan yang lain. Fungsi *routing* didukung oleh *routing protocol* yaitu protokol yang bertujuan mencari jalan terbaik menuju tujuan dan tukar-menukar informasi tentang topologi jaringan dengan router yang lainnya. Protokol routing ini misalnya *Border Gateway Protocol (BGP)*, *Open Shortest Path First (OSPF)*, *Routing Information Protocol (RIP)*.

- **Layer 4 (Transport Layer)**

Lapisan transport bertanggung jawab terhadap pnegiriman *source-to-destination (end-to-end)* yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. *Service-point addressing* : Setiap message yang berlainan aplikasi harus memiliki alamat tersendiri yang disebut *service point address* atau yang lebih umum disebut *port address* (port 80 = www, port 2=SMTP)
2. *Segmentation dan reassembly* : Sebuah message dibagi dalam segmen-segmen yang terkirim. Setiap segmen memiliki *sequence number*. *Sequence number* berguna bagi lapisan transport untuk merakit (*reassembly*) segmen-segmen yang terpecah menjadi message yang utuh.
3. *Connection control* : mengendalikan kondisi transport ketika *connectionless* atau *connection-oriented*.
4. *Flow control* : seperti halnya lapisan data link, lapisan transport bertanggung jawab untuk melakukan

control aliran (*flow control*). Bedanya dengan *flow control* di lapisan data link adalah dilakukan untuk *end-to-end*.

5. *Error control* : Fungsi tugas ini sama dengan tugas error control di lapisan data link, namun berorientasi *end-to-end*.

- **Layer 5 (Session Layer)**

Lapisan sesi membuka, merawat, mengendalikan dan melakukan terminasi hubungan antarsimpul. Lapisan aplikasi dan presentasi melakukan *request* dan menunggu *response* yang dikoordinasikan oleh lapisan di atasnya.

- **Layer 6 (Presentation Layer)**

Berfungsi untuk mentranslasikan data yang akan ditransmisikan oleh aplikasi ke dalam format yang dapat ditransmisikan melalui jaringan. Lapisan presentasi juga melakukan *coding* dan konversi data.

- **Layer 7 (Application Layer)**

Application layer berfungsi sebagai antar muka dengan aplikasi dengan fungsionalitas jaringan mengatur bagaimana aplikasi dapat mengakses jaringan dan membuat pesan-pesan kesalahan. Beberapa hal yang dilakukan oleh lapisan aplikasi : mengidentifikasi mitra komunikasi, aplikasi transfer data, *Resource availability*, dan aplikasi terkait dengan aplikasi *end-user*.

2.2 Router

Router adalah sebuah alat yang mengirimkan paket data melalui sebuah jaringan atau Internet menuju tujuannya, melalui sebuah proses yang dikenal sebagai routing. Proses routing terjadi pada lapisan 3 (Lapisan jaringan seperti Internet Protocol) dari stack protokol [tujuh lapis OSI](#).

Router memiliki fasilitas *Dynamic Host Configuration Protocol* (DHCP), dengan mensetting DHCP, maka kita dapat membagi IP address, fasilitas lain dari router adalah adanya *Network Address Translator* (NAT) yang dapat memungkinkan suatu IP address atau koneksi internet di sharing ke IP address lain.

Router dapat digunakan untuk menghubungkan banyak jaringan kecil ke sebuah jaringan yang lebih besar, yang disebut dengan internetwork, atau untuk membagi sebuah jaringan besar ke dalam beberapa subnetwork untuk meningkatkan kinerja dan juga mempermudah manajemennya. Router juga kadang digunakan untuk mengoneksikan dua buah jaringan yang menggunakan media yang berbeda (seperti halnya router wireless yang pada umumnya selain ia dapat menghubungkan komputer dengan menggunakan radio, ia juga mendukung penghubungan komputer dengan [kabel UTP](#), atau berbeda arsitektur jaringan, seperti halnya dari Ethernet ke Token Ring.



Gambar 2.4 Router

2.3.1 Jenis-Jenis Router

Router jenis ini adalah sebuah aplikasi yang bisa anda instal pada sistem operasi komputer, sehingga sistem operasi computer tersebut dapat bekerja seperti router, misalnya aplikasi WinGate, WinProxy Winroute, SpyGate dll.

1. Router Aplikasi

Router jenis ini adalah sebuah aplikasi yang bisa anda instal pada sistem operasi komputer, sehingga sistem operasi computer tersebut dapat bekerja seperti router, misalnya aplikasi WinGate, WinProxy Winroute, SpyGate dll.

2. Router Hardware

Router hardware adalah sebuah hardware yang memiliki kemampuan seperti router, maka dengan hardware tersebut anda dapat membagi [IP Address](#). Router hardware dapat digunakan untuk membagi jaringan internet pada suatu wilayah, misalnya dari router ini adalah access point, wilayah yang mendapat IP Address dan koneksi internet disebut Hot Spot Area.

3. Router PC

Router PC adalah sebuah komputer yang dimodifikasi sedemikian rupa sehingga dapat digunakan sebagai router. Untuk membuat sebuah router PC tidak harus menggunakan komputer dengan spesifikasi yang tinggi. Komputer dengan prosesor pentium dua, hard drive 10 GB dan ram 64 serta telah tersedia LAN Card sudah bisa digunakan sebagai router PC. Komputer yang dijadikan router ini harus diinstall dengan system operasi khusus untuk router. Sistem operasi yang populer untuk PC adalah router mikrotik.

2.3.2 Cara Kerja Router

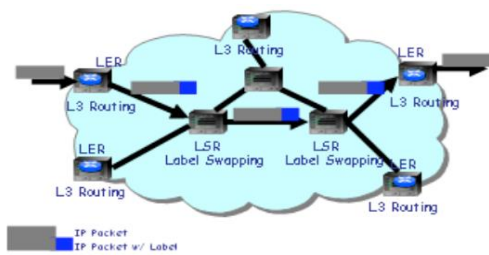
Fungsi utama Router adalah merutekan paket (informasi). Sebuah Router memiliki kemampuan Routing, artinya Router secara cerdas dapat mengetahui kemana rute perjalanan informasi (paket) akan dilewatkan, apakah ditujukan untuk host lain yang satu network ataukah berada di network yang berbeda. Jika paket-paket ditujukan untuk host pada network lain maka router akan meneruskannya ke network tersebut. Sebaliknya, jika paket-paket ditujukan untuk host yang satu network maka router akan menghalangi paket-paket keluar.

2.3 Multi Protocol Label Switching (MPLS)

Multi Protocol Label Switching (MPLS) merupakan sebuah teknik penyampaian paket data pada jaringan backbone (jaringan utama) yang menggabungkan system manajemen switching, yaitu circuit switched dan packet switched yang ada dalam teknologi Asynchronous Transfer Mode (ATM) sehingga dapat menciptakan teknologi yang lebih baik. MPLS menerapkan system pelabelan pada paket header IP sehingga memungkinkan pengiriman efisien dengan pelabelan. Multi Protocol Label Switching (MPLS) merupakan standar yang ditetapkan oleh IETF yang memadukan mekanisme label swapping di layer 2 dengan routing di layer 3 untuk mempercepat pengiriman paket. Multi Protocol Label Switching

(MPLS) menyederhanakan routing packet dan mengoptimalkan pemilihan jalur (path) yang melalui IP Backbone network. Paket-paket pada MPLS diteruskan dengan routing protocol, seperti OSPF, BGP atau EGP. MPLS bekerja diantara layer 2 dan 3.

Gambar 2.5 Arsitektur Jaringan Multi Protocol Label Switching (MPLS)



bit yang terdiri dari 20 bit label, 3 bit eksperimen, 1 bit identifikasi stak dan 8 bit TTL.

Format label Multi Protocol Label Switching (MPLS) :

1. Label Value (Label)
Label Value (Label) terdiri dari 20 bit dimana berisi dari nilai MPLS tersebut.
2. Experimental Use (EXP)
Suatu bidang yang terdiri dari 3 bit yang digunakan untuk mempengaruhi antrian paket.
3. Bottom of Stak (S)
Suatu bidang yang terdiri dari 1 bit dimana untuk menandakan label yang paling bawah. Label paling bawah bernilai 1 sedangkan nilai 0 untuk label paling atas.
4. Time To Live (TTL)
Suatu bidang yang berisi 8 bit dimana 8 bit tersebut merupakan nilai data yang bekerja. Nilai bit TTL berkurang 1 setiap melewati hop.

2.3.2 Komponen MPLS

MPLS memiliki komponen-komponen yang bekerja sesuai dengan tugas-tugasnya pada system kerja MPLS. Komponen MPLS meliputi LERs (Label Edge Routers), LSRs (Label Switching Routers), LSP (Label Switching Path), dan FEC (Forward Equivalence Class).

1. Label Switched Path (LSP)

Merupakan jalur yang melalui satu atau serangkaian LSR dimana paket diteruskan oleh label swapping dari satu MPLS node ke MPLS node yang lain.

2. Label Switching Router (LSR)

Sebuah router dalam jaringan MPLS yang berperan dalam menetapkan LSP dengan menggunakan teknik

label swapping dengan kecepatan yang telah ditetapkan. Dalam fungsi pengaturan trafik, LSR dapat dibagi dua, yaitu :

- a. **Ingress LSR** berfungsi mengatur trafik saat paket memasuki jaringan MPLS.
- b. **Egress LSR** berfungsi untuk mengatur trafik saat paket meninggalkan jaringan MPLS menuju ke LER. Sedangkan, LER (Label Edge Router) adalah suatu router yang menghubungkan jaringan MPLS dengan jaringan lainnya seperti Frame Relay, ATM dan Ethernet.

3. Forward Equivalence Class (FEC)

Representasi dari beberapa paket data yang diklasifikasikan berdasarkan kebutuhan resource yang sama di dalam proses pertukaran data.

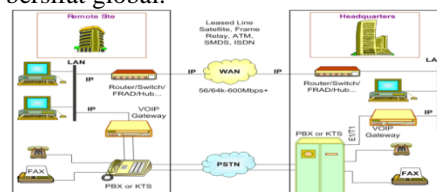
4. Label Distribution Protocol (LDP)

Protocol baru yang berfungsi untuk mendistribusikan informasi yang ada pada label ke setiap LSR pada jaringan MPLS. Protocol ini digunakan untuk menetapkan FEC ke dalam label, untuk selanjutnya akandipakai untuk menentukan LSP. LDP message dapat dikelompokkan menjadi :

- A. **Discovery Messages**, yaitu pesan yang memberitahukan dan memelihara hubungan dengan LSR yang baru tersambung ke jaringan MPLS.
- B. **Session Messages**, yaitu pesan untuk membangun, memelihara dan mengakhiri sesi antara titik LDP.
- C. **Advertisement Messages**, yaitu pesan untuk membuat, mengubah dan menghapus pemetaan label pada jaringan MPLS.
- D. **Notification Messages**, yaitu pesan yang menyediakan informasi bantuan dan sinyal informasi jika terjadi error.

2.4 Voice Over Internet Protocol (VoIP)

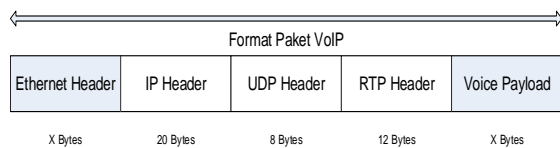
VoIP (Voice over Internet Protocol) adalah teknologi yang menjadikan media internet untuk bisa melakukan komunikasi suara jarak jauh secara langsung. Sinyal suara analog, seperti yang anda dengar ketika berkomunikasi di telepon diubah menjadi data digital dan dikirimkan melalui jaringan berupa paket-paket data secara real time. Dalam komunikasi VoIP, pemakai melakukan hubungan telepon melalui terminal yang berupa PC atau telepon biasa. Dengan bertelepon menggunakan VoIP, banyak keuntungan yang dapat diambil diantaranya adalah dari segi biaya jelas lebih murah dari tarif telepon tradisional, karena jaringan IP bersifat global.



Gambar 2.6 Diagram Komunikasi VoIP

2.4.1 Paket VoIP

Tiap paket VoIP terdiri atas dua bagian, yakni *header* dan *payload* (beban), seperti pada gambar 2.7 di bawah



ini.

Gambar 2.7 Format Paket VoIP

1) *IP header*

IP header bertugas menyimpan informasi *routing* untuk mengirimkan paket-paket ke tujuan. Pada setiap *header* IP disertakan tipe layanan atau *Type of Service* (ToS) yang memungkinkan paket tertentu seperti paket suara diperlakukan berbeda dengan paket yang *non real-time*.

2) *Real-time Transport Protocol (RTP) header*
RTP header adalah header yang dapat dimanfaatkan untuk melakukan *framing* dan segmentasi data *real time*. *RTP* tidak mendukung realibilitas paket untuk sampai tujuan. *RTP* menggunakan protokol kendali yang disebut *RTCP (Real Time Control Protocol)* yang mengendalikan QoS dan sinkroniasi media stream yang berbeda.

3) *User Datagram Protocol (UDP) header*
UDP header memiliki ciri tertentu yaitu tidak menjamin paket akan mencapai tujuan sehingga *UDP* cocok digunakan pada aplikasi *voice real time* yang sangat peka terhadap *delay* dan *latency*.

4) *Ethernet Header*
 biasanya tergantung pada media yang digunakan.

5) *Voice Payload*
 Menurut Cisco dan berdasarkan Codec yang digunakan (G.723,1 dengan 5,3 Kbps) nilainya 20 Bytes.

2.5 Routing Protocol

Routing protocol adalah suatu aturan yang mempertukarkan informasi *routing* yang akan membentuk sebuah tabel *routing* sehingga pengalaman pada paket data yang akan dikirim menjadi lebih jelas dan *routing protocol* mencari rute tersingkat untuk mengirimkan paket data menuju alamat yang dituju. *Routing protocol* dibagi menjadi 2, yakni:

1. Interior Routing Protocol

Interior Routing Protocol biasanya digunakan pada jaringan yang bernama **Autonomous System**, yaitu sebuah jaringan yang berada hanya dalam satu kendali teknik yang terdiri dari beberapa subnetwork dan gateway yang saling berhubungan satu sama lain. Interior routing diimplementasikan melalui:

a. *Routing Information Protocol (RIP)*, biasanya terdapat pada sistem operasi UNIX dan Novell yang menggunakan metode distance vector algoritma yang bekerja dengan menambahkan satu angka matrik jika melewati 1 gateway, sehingga jika melewati beberapa gateway maka metriknya juga akan bertambah.

b. *Open Shortest Path First (OSPF)*, *routing* ini memakan banyak resource komputer dibanding *Routing Information Protocol (RIP)*, akan tetapi pada *routing* ini rute dapat dibagi menjadi beberapa jalan sehingga data dapat melewati dua atau lebih rute secara paralel.

2. Exterior Routing Protocol

Pada dasarnya internet terdiri dari beberapa *Autonomous System* yang saling berhubungan satu sama lain dan untuk menghubungkan *Autonomous System* dengan *Autonomous System* yang lainnya maka *Autonomous System* menggunakan exterior *routing protocol* sebagai pertukaran informasi *routing*nya.

a. *Exterior Gateway Protocol (EGP)* merupakan protokol yang mengumumkan kepada *Autonomous System* yang lain tentang jaringan yang berada dibawahnya maka jika sebuah *Autonomous System* ingin berhubungan dengan jaringan yang ada dibawahnya maka mereka harus melaluinya sebagai router utama. akan tetapi kelemahan protokol ini tidak bisa memberikan rute terbaik untuk pengiriman paket data.

b. *Border Gateway Protocol (BGP)* merupakan salah satu jenis *routing protocol* yang digunakan untuk koneksi antar *Autonomous System (AS)*, dan salah satu jenis *routing protocol* yang banyak digunakan oleh ISP besar (Telkomsel ataupun perbankan.BGP termasuk dalam kategori *routing protocol* jenis *Exterior Gateway Protocol (EGP)*.BGP mempunyai skalabilitas yang tinggi karena dapat melayani pertukaran *routing* pada beberapa organisasi besar.Oleh karena itu BGP dikenal dengan *routing protocol* yang sangat rumit dan kompleks.BGP adalah *Path Vector routing protocol*.Dalam proses menentukan rute-rute terbaiknya selalu mengacu kepada path yang terbaik dan terpilih yang didapatnya dari router BGP yang lainnya.BGP memiliki kemampuan dengan mengontrol dan mengatur trafik-trafik dari sumber berbeda di dalam network multi-home (tersambung ke lebih dari 1 ISP / *Internet Service Provider*.Tujuan utama BGP adalah memperkenalkan kepada public di luar network tentang rute atau porsi spasi address yang dimiliki dengan "meminta izin" membawa data ke suatu spasi address tujuan.Salah satu kelemahan yang mungkin dihadapi oleh BGP *routing* adalah ia mempublikasikan rute yang tidak diketahui bagaimana cara mencapainya.Ini dinaikan black-holing yaitu melakukan advertise, atau meminta ijin membawa data, tetapi beberapa bagian spasi address adalah milik orang lain, akibatnya proses advertise malah menyulitkan.BGP menentukan jalur dengan menggunakan *path vector*. *Path vector* sendiri ditentukan oleh beberapa hal, di antaranya atribut yang ada pada BGP itu sendiri atau *rule* atau *policy* yang dibuat oleh administrator jaringan. BGP berkomunikasi melalui port 179.

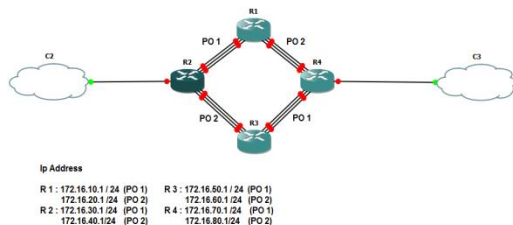
Proses penentuan jalur terbaik BGP adalah sebagai berikut :

a. Jika hanya ada satu rute menuju tujuan maka itulah yang dipilih.

- b. Jika ada dua buah rute maka dipilih yang weight-nya paling tinggi.
- c. Jika weight-nya sama maka pilih yang local preference-nya paling tinggi.
- d. Jika local preference nya sama maka pilih default route.
- e. Jika tidak ada default route maka dipilih yang AS-PATH terpendek.
- f. Jika As-Path nya sama maka pertimbangkan origin. Router dengan atribut origin IGP akan dipilih.
- g. Jika Originnya sama maka dipilih yang MED nya paling rendah.
- h. Jika MEDnya sama juga maka dipilih adalah yang next hopnya paling kecil.
- i. Jika belum membuahkan hasil maka solusi terakhir dipilih yang Router ID nya terendah.

3.1 Rancang Bangun Jaringan VoIP Menggunakan GNS3

Pada tugas akhir ini dilakukan konfigurasi pada sebuah topologi jaringan VoIP yang berbasis MPLS dengan routing protocol yang digunakan adalah *Border Gateway Protocol (BGP)*. Perancangan jaringan VoIP ini meliputi perancangan router MPLS dan client. Pada sisi router MPLS, router dan client akan dikonfigurasi bersamaan di jaringan MPLS dan setelah router dan client di konfigurasi di jaringan MPLS, maka akan dilakukan pengecekan koneksi antara router – router dan router – client, setelah itu akan menguji kualitas dari jaringan VoIP tersebut. Design network dalam proyek jaringan voip yang di rencanakan seperti gambar dibawah ini.

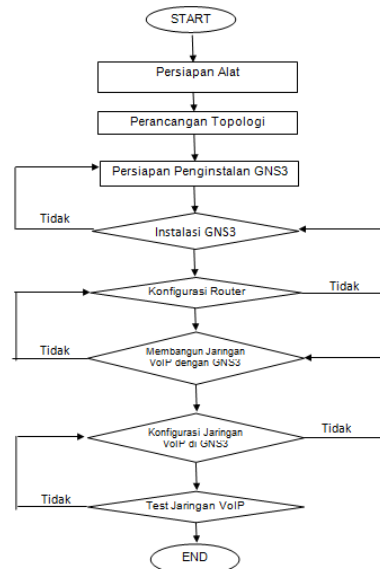


Gambar 3.1 Topologi Jaringan VoIP Berbasis MPLS

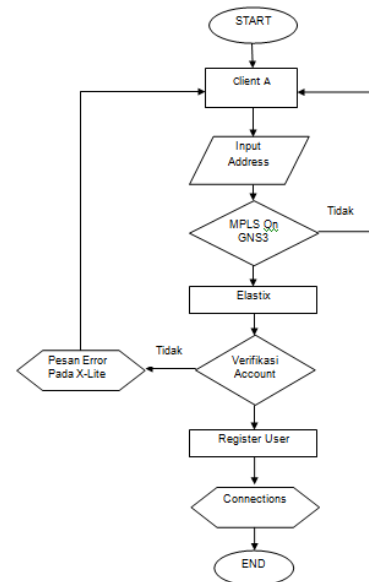
Perangkat yang digunakan pada simulasi ini adalah 4 buah Laptop/PC/netbook dengan kemampuan software yang mendukung. Masing – masing laptop mempunyai tugas masing-masing. Laptop 1 berperan sebagai client pengirim, laptop 2 sebagai client penerima, laptop 3 sebagai server VoIP dan laptop 4 sebagai arsitektur server MPLS R1, R2, R3, dan R4 router MPLS3 seperti yang ada di gambar 3.1. Setiap router dihubungkan dengan kabel. Kabel yang digunakan disini adalah giga Ethernet. Terdapat 2 kabel giga Ethernet untuk menghubungkan antara client a, laptop 4 dan client b. Adapun perangkat yang digunakan selain PC/Laptop, yaitu kabel lan, usb lan giga Ethernet, dan access point (AP).

3.2 Perancangan Simulasi

Pembuatan simulasi ini meliputi beberapa tahap, yaitu :



Gambar 3.2 Flowchart Perancangan Simulasi



Gambar 3.3 Flowchart Skema Simulasi

3.3 Parameter Jaringan VoIP Berbasis MPLS

3.3.1 Delay

Delay adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan data dari sumber (pengirim) ke tujuan (penerima). Delay maksimum yang direkomendasikan oleh ITU untuk aplikasi suara adalah 150 ms, dan yang masih bias diterima pengguna adalah 250 ms. Beberapa delay yang dapat mengganggu kualitas suara dalam VoIP :

1. *Propagation Delay* : delay yang terjadi akibat transmisi melalui jarak antar pengirim dan penerima.
2. *Serialization delay* : delay pada saat proses pelekakan bit ke dalam circuit.
3. *Processing delay* : delay yang terjadi data proses *coding, compression, decompression* dan *decoding*.
4. *Packetization delay* : delay yang terjadi saat proses paketsasi *digital voice sample*.

5. Queuing delay : delay akibat waktu tunggu paket sampai dilayani.
6. Jitter buffer : delay akibat adanya buffer untuk mengatasi jitter.

Menurut versi TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*) standarisasi nilai *delay* sebagai berikut.

Tabel 3.1 Standarisasi *delay* versi TIPHON

Kategori Latency	Besar Delay
Sangat bagus	< 150 ms
Bagus	150 s/d 300 ms
Sedang	300 s/d 450 ms
Jelek	> 450 ms

Persamaan perhitungan *delay* :

$$\text{Delay} = \frac{\text{Waktu (T)}}{\text{Paket (P)}}$$

3.3.2 Jitter

Jitter merupakan sebagai variasi *delay* atau variasi kedatangan waktu. Banyak hal yang dapat menyebabkan *jitter*, diantaranya adalah peningkatan trafik secara tiba-tiba sehingga menyebabkan penyempitan *bandwidth* dan menimbulkan antrian. Selain itu kecepatan kirim dan terima paket dari setiap node juga menyebabkan *jitter*.

Secara umum terdapat empat kategori penurunan kualitas jaringan berdasarkan nilai *jitter* sesuai dengan versi TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*). Standarisasi nilai *jitter* dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 3.2 Standarisasi *jitter* versi TIPHON

Kategori Degradasi	Peak Jitter
Sangat bagus	0 ms
Bagus	0 s/d 75 ms
Sedang	76 s/d 125 ms
Jelek	125 s/d 225 ms

Persamaan perhitungan *jitter* :

$$\text{Jitter} = \frac{\text{total variasi delay}}{\text{total paket yang diterima}}$$

3.3.3 Packet Loss

Merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, dapat terjadi karena *collision* dan *congestion* pada jaringan. Nilai *packet loss* sesuai dengan versi TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*) :

Tabel 3.3 Standarisasi *packet loss* versi TIPHON

Kategori Throughput	Throughput	Indeks
Sangat bagus	100 %	4
Bagus	75 %	3
Sedang	50 %	2
Jelek	< 25 %	1

Persamaan perhitungan *packet loss* :

$$\text{Packet Loss} = (\text{Packet Tx} - \text{Packet Rx}) \times 100\%$$

3.3.4 Throughput

Throughput, yaitu kecepatan (*rate*) transfer data efektif, yang diukur dalam bps. *Throughput* merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada *destination* selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut. Nilai *throughput* sesuai dengan versi TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*) :

Tabel 3.4 Standarisasi *throughput* versi TIPHON

Kategori Degradasi	Packet Loss	Indeks
Sangat bagus	0 %	4
Bagus	3 %	3
Sedang	15 %	2
Jelek	25 %	1

Rumus perhitungan *throughput* :

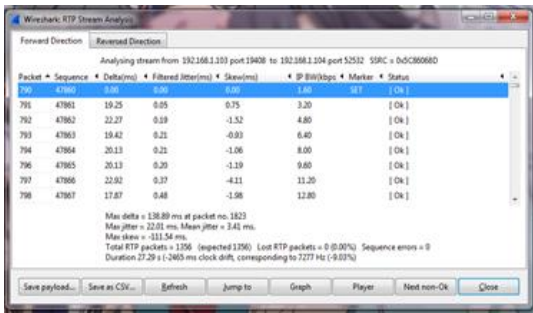
$$\text{Throughput} = \frac{\text{jumlah paket yang dikirim}}{\text{waktu pengiriman data}}$$

4.1 Pengujian Sistem

4.1.1 Pengujian Pada Wireshark Analysis

Jaringan VoIP melakukan koneksi dengan kabel UTP agar bisa slaing berinteraksi antara client a dan b. Dan juga terdapat server, sebagai ruang utama pengaturan ip pbx VoIP itu sendiri. Untuk memastikan bahwa koneksi berjalan baik dan mengetahui baik itu *jitter*, *bandwidth* dll maka diperlukan *software* wireshark analysis untuk mengetahuinya. Wireshark analysis diinstall pada setiap *pc/laptop* client.

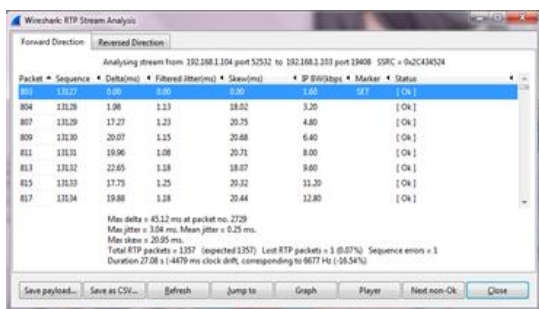
Pada performansi di sisi client a, maka didapatkan hasil pengukuran berdasarkan pengambilan gambar pada wireshark di bawah ini



Gambar 4.1 Hasil Analysis Client A Di Wireshark

Pada hasil wireshark stream analysis, menunjukkan bahwa ukuran paket data pada jaringan 192.168.1.103 selalu bertambah 1 pada setiap detik. Nilai pada *sequence* juga bertambah pada setiap detiknya. Pada paket 790, nilai *delta* atau yang dimaksud rentang waktu antara paket yang datang dan paket sebelumnya ketika di uji coba bernilai 0.00 ms, karena baru melakukan uji coba. Nilai *jitter* dan *skew* atau yang dimaksud waktu akhir (atau awal) paket saat total percakapan bernilai 0.00 ms .Sama seperti nilai *delta*, nilai *skew* 0.00 ms karena baru melakukan uji coba. Lalu paket 790 mempunyai ip bandwidth sebesar 1.60 kbps. Dan marker atau yang dimaksud penanda adalah set, karena wireshark masih melakukan pengaturan untuk uji coba. Dan statusnya ok. Lalu selanjutnya pada paket 791 dan 792 sudah mulai terlihat nilai *delta*, *filtered jitter*, *skew*, *ip bandwidth* dan status ok. Pada paket 793 terjadi penurunan nilai *delta* dan nilai *skew*, disebabkan karena adanya koneksi yang kurang stabil. Semua paket yang dikirim mempunyai status ok. Karena baik nilai *delta*, *jitter*, *skew* tidak melebihi nilai maksimal yang tertera pada kolom bawah stream analysis. Nilai maksimal *delta* adalah 138.89 ms , nilai maksimal *jitter* 22.01 ms dengan nilai rata-rata *jitter* 3.41 ms, dan nilai maksimal *skew* adalah -111.54 ms. Jika tidak melebihi nilai maksimal tersebut maka statusnya adalah ok.

Pada performansi di sisi client b, maka didapatkan hasil pengukuran berdasarkan pengambilan gambar di wireshark di bawah ini



Gambar 4.2 Hasil Analysis Client B Di Wireshark

Pada jaringan 192.168.1.104 yang berperan sebagai client b mempunyai ukuran paket data dengan selisih berkisar 1-2 pada setiap paketnya. *Sequence*

number yang dimiliki memiliki selisih 1 setiap detiknya. Pada paket 803 nilai *delta*, nilai *skew*, dan nilai *jitter* masih 0.00 ms karena masih persiapan untuk uji coba. Mempunyai nilai bandwidth 1.60 kbps. Marker atau penanda set yang berarti masih mengatur untuk uji coba dengan status ok. Lalu pada beberapa paket terjadi penurunan nilai, dikarenakan koneksi jaringan yang tidak stabil. Semua status pada jaringan client b ini ok, karena baik itu nilai *delta*, *jitter* atau *skew* tidak melebihi nilai maksimal yang tertera pada kolom bawah wireshark analysis. Nilai maksimal *delta* adalah 45.12 ms, nilai maksimal *jitter* 3.04 ms dengan rata-rata *jitter* 0.25 ms, lalu nilai maksimal *skew* adalah 20.95 ms.

4.2 Analisa Hasil Quality Of Service (QoS) Jaringan VoIP Berbasis MPLS

4.2.1 Delay

Delay adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan data dari sumber (pengirim) ke tujuan (penerima). *Delay* maksimum yang direkomendasikan oleh ITU untuk aplikasi suara adalah 150 ms, dan yang masih bisa diterima pengguna adalah 250 ms.

Tabel 4.1 Standarisasi *delay* versi TIPHON

Kategori Latency	Besar Delay
Sangat bagus	< 150 ms
Bagus	150 s/d 300 ms
Sedang	300 s/d 450 ms
Jelek	> 450 ms

Rumus *delay*

$$\text{Delay} = \frac{\text{Waktu (T)}}{\text{Paket (P)}}$$

Pada performansi QoS jaringan VoIP berbasis MPLS, maka didapatkan hasil pengukuran *delay* dengan menggunakan wireshark berdasarkan pengambilan gambar summary sebanyak 3 kali percobaan. Dengan mengambil nilai rata-rata pada keseluruhan percobaan, maka dapat diketahui hasilnya dengan cara menggunakan rumus seperti berikut

Percobaan 1 :

$$\text{Packets} = 3577$$

$$\text{Between first and last packets} = 112.716 \text{ s}$$

Percobaan 2 :

$$\text{Packets} = 5017$$

$$\text{Between first and last packets} = 62.631 \text{ s}$$

Percobaan 3 :

$$\text{Packets} = 4244$$

$$\text{Between first and last packets} = 42.574 \text{ s}$$

Hasil nilai rata-rata paket

$$\text{Nilai rata-rata paket} = \frac{3577 + 5017 + 4244}{3} = 4279.333$$

Hasil nilai rata-rata *Between first and last packets*

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{112.716 + 62.631 + 42.574}{3} = 72.64 \text{ s}$$

Perhitungan delay sesuai dengan rumus

$$\text{Delay} = \frac{\text{Waktu (T)}}{\text{Paket (P)}}$$

$$\text{Delay} = \frac{72.64 \text{ s}}{4279.33}$$

$$\text{Delay} = 0.016 \text{ s}$$

$$\text{Delay} = 16 \text{ ms}$$

Berdasarkan pada hasil yang didapat dengan cara manual bahwa nilai delay adalah 31 ms. Perhitungan ini didapat dari waktu antara paket pertama dan paket terakhir dibagi dengan jumlah paket yang ada. Dapat disimpulkan, bahwa setiap 16 ms terjadi delay pada percakapan dan juga nilai delay 16 ms ini masih bisa diterima oleh client berdasarkan ketetapan ITU. Kategori dari hasil delay berdasarkan tabel TIPHON menunjukkan bahwa nilai delay mempunyai kualitas yang sangat bagus. Penyebab hasil delay mempunyai kualitas yang sangat bagus dimungkinkan karena transmisi yang bagus / koneksi jaringan yang stabil.

4.2.2 Throughput

Throughput, yaitu kecepatan (*rate*) transfer data efektif, yang diukur dalam bps. *Throughput* merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada *destination* selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut.

Tabel 4.2 Standarisasi *throughput* versi TIPHON

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

Rumus *throughput*

$$\text{Throughput} = \frac{\text{jumlah paket yang dikirim}}{\text{waktu pengiriman data}}$$

Pada performansi QOS jaringan VoIP berbasis MPLS, maka didapatkan hasil pengukuran *throughput* dengan menggunakan wireshark berdasarkan pengambilan gambar summary sebanyak 3 kali percobaan. Dengan mengambil nilai rata-rata pada keseluruhan percobaan, maka dapat diketahui hasilnya dengan cara menggunakan rumus seperti berikut

Percobaan 1 :

$$\text{Packets} = 3577$$

$$\text{Between first and last packets} = 112.716 \text{ s}$$

Percobaan 2 :

$$\text{Packets} = 5017$$

$$\text{Between first and last packets} = 62.631 \text{ s}$$

Percobaan 3 :

$$\text{Packets} = 4244$$

$$\text{Between first and last packets} = 42.574 \text{ s}$$

Hasil nilai rata-rata paket

$$\text{Nilai rata-rata paket} = \frac{3577 + 5017 + 4244}{3} = 4279.33$$

Hasil nilai rata-rata *Between first and last packets*

$$\text{Nilai rata - rata} = \frac{112.716 + 62.631 + 42.574}{3} = 72.64 \text{ s}$$

$$\text{Throughput} = \frac{\text{jumlah paket yang dikirim}}{\text{waktu pengiriman data}}$$

$$= \frac{4279.33}{72.64 \text{ sec}} = 58.91 \text{ bps}$$

$$= \frac{58.91 \text{ bps}}{50000 \text{ bps}} \times 100 \% = 0.0029 \%$$

Berdasarkan perhitungan sesuai rumus, maka didapatkan hasil untuk *throughput* adalah 0.0029 %. Nilai *throughput* didapatkan dari jumlah paket yang dikirim dibagi dengan waktu pengiriman data lalu hasil tersebut dibagi dengan bandwidth yang disediakan dan dikali dengan persentase. Merujuk pada tabel 4.2 tentang standarisasi *throughput* versi TIPHON, maka nilai *throughput* pada simulasi ini masuk dalam kategori jelek dengan nilai indeks 1. Hal ini dapat terjadi karena spesifikasi computer yang kurang bagus baik itu *user*, *client* atau *server*. Lalu perangkat jaringan, misal pengaturan perangkat yang kurang tepat dan juga topologi jaringan yang kurang baik.

4.2.3 Packet Loss

Packet loss adalah suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, dapat terjadi karena *collision* dan *congestion* pada jaringan. Nilai *packet loss* sesuai dengan versi TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*) :

Tabel 4.3 Standarisasi *packet loss* versi TIPHON

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

Rumus *packet loss* :

$$\text{Packet loss} = (\text{Packet Tx} - \text{Packet Rx}) \times 100\%$$

Pada performansi QOS jaringan VoIP berbasis MPLS, maka didapatkan hasil pengukuran *packet loss* dengan menggunakan wireshark berdasarkan pengambilan gambar summary sebanyak 3 kali percobaan. Dengan mengambil nilai rata-rata pada keseluruhan percobaan, maka dapat diketahui hasilnya dengan cara menggunakan rumus seperti berikut

Percobaan 1 :

$$\text{Packets} = 3577$$

Percobaan 2 :

$$\text{Packets} = 5017$$

Percobaan 3 :

$$\text{Packets} = 4244$$

Hasil nilai rata-rata paket

$$\text{Nilai rata-rata paket} = \frac{3577 + 5017 + 4244}{3} = 4279.33$$

Perhitungan *packet loss* secara manual

$$\begin{aligned} \text{Packet Loss} &= (\text{Packet Tx} - \text{Packet Rx}) \times 100\% \\ \text{Packet loss} &= (4279.33 - 4279.33) \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan *packet loss* berdasarkan rumus maka didapatkan hasil sebesar 0 %. Dengan merujuk pada standarisasi TIPHON sesuai dengan tabel 4.3, maka *packet loss* mempunyai kategori yang sangat bagus dengan nilai indeks 4. Tidak ada paket yang hilang selama proses transmisi VoIP berlangsung. Percakapan dari *user* ke *client* berjalan baik. *Packet loss* dengan kategori sangat bagus ini sangat berperan penting terhadap komunikasi VoIP ini karena *client* menginginkan suara yang disampaikan dapat terdengar sempurna tanpa ada paket suara yang hilang. Dan juga mangingat VoIP adalah komunikasi *real-time*.

4.2.4 Jitter

Jitter merupakan sebagai variasi *delay* atau variasi kedatangan waktu. Banyak hal yang dapat menyebabkan *jitter*, diantaranya adalah peningkatan trafik secara tiba-tiba sehingga menyebabkan penyempitan *bandwidth* dan menimbulkan antrian. Selain itu kecepatan kirim dan terima paket dari setiap node juga menyebabkan *jitter*. Standarisasi nilai *jitter* dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 4.4 Standarisasi *jitter* versi TIPHON

Kategori Degradasi	Peak Jitter
Sangat bagus	0 ms
Bagus	0 s/d 75 ms
Sedang	76 s/d 125 ms
Jelek	125 s/d 225 ms

Rumus perhitungan *jitter* :

$$\text{Jitter} = \frac{\text{total variasi delay}}{\text{total paket yang diterima}}$$

Pada performansi QOS jaringan VoIP berbasis MPLS, maka didapatkan hasil pengukuran *jitter* dengan menggunakan wireshark berdasarkan pengambilan gambar summary sebanyak 3 kali percobaan. Dengan mengambil nilai rata-rata pada keseluruhan percobaan, maka dapat diketahui hasilnya dengan cara menggunakan rumus seperti berikut

$$\text{Total variasi delay} = 16 \text{ ms}$$

Variasi *delay* ini didapatkan berdasarkan perhitungan rumus yang sudah dibahas pada sub bab 4.2.1 tentang *delay*.

Percobaan 1 :

$$\text{Packets} = 3577$$

Percobaan 2 :

$$\text{Packets} = 5017$$

Percobaan 3 :

$$\text{Packets} = 4244$$

Hasil nilai rata-rata paket

$$\text{Nilai rata-rata paket} = \frac{3577 + 5017 + 4244}{3} = 4279.33$$

$$\text{Total paket yang diterima} = 4279.33$$

Rumus perhitungan *jitter* :

$$\text{Jitter} = \frac{\text{total variasi delay}}{\text{total paket yang diterima}}$$

$$\text{Jitter} = \frac{16 \text{ ms}}{4279.337}$$

$$\text{Jitter} = 0.003 \text{ ms}$$

Hasil perhitungan *jitter* berdasarkan rumus adalah 0.003 ms. Dengan merujuk TIPHON sebagai standarisasi kualitas *jitter*, maka *jitter* mempunyai kategori / kualitas bagus seperti yang tertera ada tabel 4.4. Hal ini disebabkan karena minimalisirnya antrian paket data dan juga kecepatan transfer data yang stabil. *Jitter* bermain pada waktu *delay*, jika *delay* mempunyai kualitas yang sangat bagus dalam artian nilai *delay* sangat kecil, maka dapat dipastikan nilai *jitter* pun akan sangat kecil juga dan memiliki kategori yang sangat bagus.

5.1 Kesimpulan

- Hasil daripada sisi *client* a dan *client* b seperti yang terlihat pada wireshark analysis menunjukkan bahwa kedua *client* mempunyai status OK. Pada setiap *packet size* nya dengan selisih antar paket 1-3 nilai. Lalu pada beberapa paket terjadi penurunan nilai *delta* dan *skew*, dikarenakan koneksi jaringan yang tidak stabil. Kedua *client* mempunyai status ok, karena nilai *delta*, nilai *jiter* dan nilai *skew* tidak melebihi nilai maksimal seperti yang tertera pada wireshark analysis.
- Pada simulasi ini didapatkan hasil *Quality Of Service* (QOS) dari 3 kali pengujian antar *client*. Nilai *delay* 16 ms, nilai *throughput* 58.91 bps, nilai *packet loss* 0% dan nilai *jitter* 0.003 ms.
- Nilai *delay* masuk ke dalam kategori sangat bagus sesuai standarisasi TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*), karena mempunyai kualitas yang sangat bagus dimungkinkan karena transmisi yang bagus / koneksi jaringan yang stabil. Nilai *throughput* masuk ke dalam kategori bagus sesuai standarisasi TIPHON, karena spesifikasi computer baik itu *user*, *client* atau *server*. Lalu perangkat jaringan, misal pengaturan perangkat yang kurang tepat dan juga topologi jaringan yang kurang baik. Nilai *packet loss* mempunyai kategori sangat bagus sesuai standarisasi TIPHON. Nilai *jitter* mempunyai kategori bagus sesuai standarisasi TIPHON, karena minimalisirnya antrian paket data dan juga kecepatan transfer data yang stabil.

5.2 Saran

Penulis menyarankan agar memperhatikan kondisi setiap perangkat dan spesifikasi perangkat agar mendapatkan hasil dengan kualitas yang sangat baik. Serta memperhatikan kestabilan jaringan internet.

DAFTAR PUSTAKA

- AnjikSukmaaji, Rianto. Jaringan Komputer :Konsep Dasar Pengembangan Jaringan dan

- Keamanan Jaringan Subnet, VLSM, DES, PGP & FIREWALL. Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2008.
2. M. Ahli Syabana. Pengertian, Jenis, Fungsi dan Cara Kerja Router. Diakses dari <http://akinma.blogspot.com/2013/10/pengertian-jenis-fungsi-dan-cara-kerja.html>. 5 April 2015.
 3. Yanto. *Analisis QOS (Quality Of Service) Pada Jaringan Internet (Studi Kasus: Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura)*. Laporan penelitian, Jurnal penelitian, Universitas Tanjungpura, Pontianak, 2013.
 4. Ni Komang Kartini. Makalah VoIP. Diakses dari <https://nikomangkartini.files.wordpress.com/2012/04/makalah-voip.pdf>, 15 Maret 2015
 5. Kajian Pustaka, VoIP. Diakses dari <http://www.kajianpustaka.com/2012/10/voip-voice-over-internet-protocol.html>, 18 Maret 2015
 6. Toni Saputro, Multi Protocol Label Switching (MPLS). Diakses dari <http://putrajatim.blogspot.com/2013/01/multi-protocol-label-switching-mpls.html>, 29 Maret 2015.
 7. Prima. VoIP. Diakses dari http://lecturer.eepis-its.edu/~prima/jaringan_teleponi/bahan_ajar/VoIP.pdf. 22 Maret 2015
 8. Zenhadi. MPLS. Diakses dari <http://lecturer.eepis-its.edu/~zenhadi/kuliah/Jarkom2/Prakt10%20MPLS.pdf>. 30 Maret 2015
 9. Desi Nilawati. Multi Protocol Label Switching (MPLS). Diakses dari <http://desinilawati.blogspot.com/2013/12/multi-protocol-label-switching-mpls.html>. 30 Maret 2015