



SIMULASI PENGIRIMAN PACKET VoIP MENGGUNAKAN SIMULATOR GNS3 VERSI 0.8.6

¹⁾Ade Nurhayati, ST, MT ²⁾Euis Indriyani

^{1,2} Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Jakarta

¹⁾ade_nurhayati13@yahoo.com ²⁾euisindriyani19@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi informasi pada saat ini sangat pesat. Hal ini ditandai dengan lahirnya beragam teknologi. Pergelaran jaringan saat ini bersifat konvergen yang mengarah pada *one network*, dimana implementasi *one network* menggunakan basis *internet protocol*.

Produk layanan yang lahir dari teknologi berbasis *internet protocol* salah satunya adalah *voice over internet protocol* atau biasa disebut VoIP. Implementasi teknologi *voice internet protocol* hanya banyak terdapat pada penyelenggara dan user yang memerlukan akses dengan bandwidth yang besar dan bit rate yang tinggi, sehingga untuk menguasai atau mendapatkan informasi teknologi tersebut sangat sulit. Untuk kursus dibidang jaringan *voice internet* pun jarang ada dan bila ada biayanya cukup besar.

Untuk itu penulis mensolusikan permasalahan tersebut dengan membuat simulasi jaringan “Simulasi Pengiriman Packet VoIP Menggunakan Simulator Grafikal Network Simulator atau GNS3 versi 0.8.6”. Simulator ini bersifat virtual atau simulator jaringan voice ada tapi tidak terlihat. Parameter yang digunakan didalam simulator GNS3 sama dengan parameter jaringan real. Topologi yang digunakan pada jaringan VoIP menggunakan GNS3 ini menggunakan topologi ring dengan tiga router dalam masing-masing provider dan tiga client, dan pengujian jaringan ini menggunakan parameter throughput dan delay. Protocol yang digunakan dalam simulasi ini adalah Open Shortest Path First atau OSPF dan router berbasis Multiprotocol Label Switching atau MPLS.

Dalam simulasi ini penulis melakukan tiga percobaan dengan menggunakan wireshark sebagai capture data. Hasil throughput dan delay pada tiga percobaan tersebut hasilnya berbeda-beda. Hasil throughput dan delay pada percobaan 1 yaitu 85,6 packet/sec dan 10 ms, hasil pada percobaan 2 yaitu 81,8 packet/sec dan 10 ms, dan hasil pada percobaan 3 yaitu 101,22 packet/sec dan 9,8 ms. Hasil delay pada ketiga percobaan ini dikatakan bagus, karena sesuai dengan standarisasi yang ditentukan oleh TIPHON.

Kata Kunci: VoIP, PROTOCOL OSPF, ROUTER MPLS.

ABSTRACT

The development of information technology at the moment is very fast .It is marked with the establishment of a variety of technology .This time are converging performance tissue that leads to one network, where the implementation of one network uses a base of the internet protocol.

For that writer of solution these problems by make the simulation packet delivery VoIP use simulator Grafical Network Simulator or GNS3 0.8.6 version. This simulator was is the voice of America network virtual or simulator there is but not seen. Parameter that used in simulator GNS3 equal to the parameters of a network of real. The topology used on a network VoIP gns3 the topology of use was used in the ring with three router in each provider client and three, and examination of the parameters of the network is using throughput and a delay. Protocol used in the simulation this is open shortest path first or ospf and router or mpls based multiprotocol a label switching.

In the simulation this writer ran three experiments with using wireshark as capture data. The results of throughput and a delay on three different the experiment as a result. The results of throughput and a delay on trial 1 namely 85,6 packet / sec and 10 ms, the result on experiment 2 at 81.8 packet / sec and 10 ms, and result on experiment 3 at 101,22 packet / sec and 9,8 ms. the results of a delay in all three experiments is said to good, because in accordance with prescribed by TIPHON standardization.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan telekomunikasi dan informasi di dunia sangatlah pesat saat ini, teknologi jaringan komputer dan internet telah mengalami perkembangan yang sangat signifikan, sehingga mampu menyambungkan semua komputer dan telephone yang ada di dunia untuk dapat berkomunikasi dan bertukar informasi.

Dalam perkembangannya telekomunikasi dan informasi mengeluarkan atau menghasilkan produk diantaranya *Internet Telephony*, dimana konsep tersebut berbasis IP. Teknologi telephony yang berbasis IP ini merupakan gabungan dari beberapa layanan-layanan yang ada dalam telephone berbasis internet. Konsep ini juga diperkirakan akan banyak dipakai secara luas dimasa yang akan datang dan memiliki kemampuan untuk melakukan komunikasi suara ditumpangkan melalui jaringan berbasis IP salah satunya dikenal dengan istilah "*Voice over Internet Protocol* atau VoIP".

VoIP sendiri telah berevolusi dalam industry telekomunikasi. Oleh karenanya, untuk mengimplementasikan telephone berbasis IP dibutuhkan suatu pengaturan parameter-parameter tertentu dalam pengiriman packet data dari sumber ke tujuan.

Perangkat backbone (jaringan utama) yang digunakan VoIP adalah router. Jaringan utama dari suatu jaringan internet tersebut menggunakan protocol dalam implementasinya.

Untuk mendapatkan pembelajaran tentang teknologi VoIP sangat sulit dan mahal. Para engineer harus datang langsung ke penyelenggara teknologi tersebut. Pada kenyataannya, untuk bisa masuk ke penyelenggara harus melalui proses yang sangat panjang dan belum tentu semua data yang diinginkan didapatkan atau diberikan oleh penyelenggara.

Karena permasalahan tersebut diatas, penulis mencoba mensolusikan agar para engineer yang akan terjun ke lapangan dapat dengan mudah dan murah untuk mempelajarinya. Adapun solusinya dengan membuat simulasi pengiriman packet VoIP menggunakan simulator GNS3 versi 0.8.6

II. LANDASAN TEORI

OSPF (Open Shortest Path First)

OSPF (*Open Shortest Path First*) merupakan sebuah routing protokol berjenis IGRP (*Interior Gateway Routing Protocol*) yang hanya dapat bekerja dalam jaringan internal suatu organisasi atau perusahaan. Jaringan internal maksudnya adalah jaringan di mana perusahaan atau organisasi tersebut masih memiliki hak untuk menggunakan, mengatur, dan memodifikasinya.

Selain itu, OSPF juga merupakan routing protokol yang berstandar terbuka. Maksudnya adalah routing protokol ini bukan ciptaan dari vendor manapun. Dengan demikian, siapapun dapat menggunakannya, perangkat manapun dapat kompatibel dengannya, dan di manapun routing protokol ini dapat diimplementasikan. OSPF merupakan routing protokol yang menggunakan konsep hirarki routing, artinya OSPF membagi jaringan menjadi beberapa tingkatan. Tingkatan-tingkatan ini diwujudkan dengan menggunakan sistem pengelompokan area.

MPLS (Multiprotocol Label Switching)

Multiprotocol Label Switching (MPLS) adalah mekanisme yang mengarahkan data dari satu node jaringan ke node yang lain dengan menggunakan alamat IP. Tujuannya adalah menghindari pencarian kompleks dalam tabel routing. MPLS, dapat mengenkapsulasi paket berbagai protokol jaringan. MPLS mendukung berbagai teknologi akses, termasuk T1/E1, ATM, Frame Relay, dan DSL.

Dikatakan Multiprotokol karena yang di dalam teknologi ini bisa membawa banyak/multi protokol, dan dikatakan label switching karena yang dipertukarkan adalah label.

VoIP (Voice over Internet Protocol)

Voice over Internet Protocol (juga disebut VoIP, *IP Telephony*, *Internet telephony* atau *Digital Phone*) adalah teknologi yang memungkinkan percakapan suara jarak jauh melalui media internet. Data suara diubah menjadi kode digital dan dialirkan melalui jaringan yang mengirimkan paket data, dan bukan lewat sirkuit analog telepon biasa.

Voice over Internet Protocol (VoIP) juga

salah satu teknologi yang mampu melewati trafik suara, video dan data yang berbentuk paket melalui jaringan IP. Dalam komunikasi VoIP, pemakai melakukan hubungan telepon melalui terminal yang berupa PC atau telepon.

X-LITE

X-Lite adalah sebuah aplikasi opensource pendukung VoIP yang menggunakan teknologi SIP (Session Initiation Protocol). X-Lite di kembangkan pertama sekali oleh CounterPath. Ada 2 release yang telah dikeluarkan untuk aplikasi ini yang mempunyai perbedaan feature. X-Lite 2.0 digunakan untuk Macintosh dan Linux yang menggunakan X-Pro code base dan X-Lite 3.0 untuk windows yang menggunakan eveBeam code base. X-lite 2.0 hanya untuk suara saja sedangkan X-Lite 3.0 sudah memiliki feature suara, video dan instant messaging atau media untuk chatting.

GNS3

GNS3 adalah sebuah program graphical network simulator yang dapat mensimulasikan topologi jaringan yang lebih kompleks dibandingkan dengan simulator lainnya. Program ini dapat dijalankan di berbagai sistem operasi, seperti Windows, Linux, atau Mac OS X.

WIRESHARK

Wireshark merupakan salah satu tools atau aplikasi "*Network Analyzer*" atau Penganalisa Jaringan. Penganalisaan Kinerja Jaringan itu dapat melingkupi berbagai hal, mulai dari proses menangkap paket-paket data atau informasi yang berlalu-lalang dalam jaringan, sampai pada digunakan pula untuk sniffing (memperoleh informasi penting seperti password email, dll).

Wireshark sendiri merupakan free tools untuk *Network Analyzer* yang ada saat ini. Dan tampilan dari wireshark ini sendiri terbilang sangat bersahabat dengan user karena menggunakan tampilan grafis atau GUI (Graphical User Interface).

III. MEMBANGUN JARINGAN VoIP

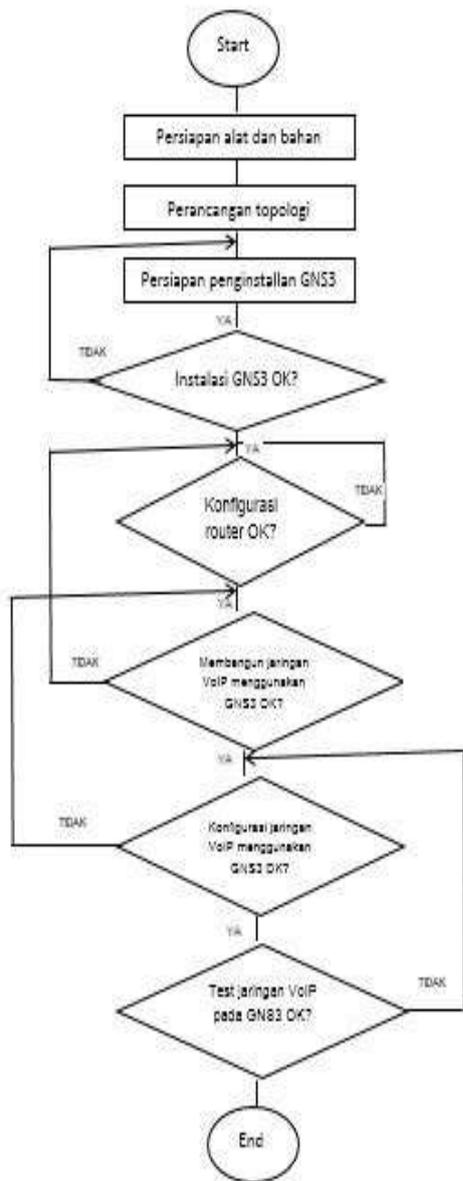
Penulis menjalankan simulasi dengan menggunakan beberapa media atau alat, diantaranya:

1. Satu buah komputer yang dijadikan sebagai server, dengan OS 64 bit yang dijadikan sebagai server.
2. Satu buah laptop dengan processor berkapasitas

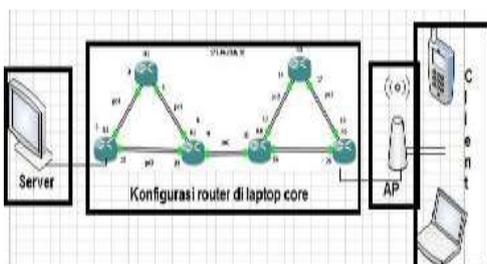
Core i3 dengan OS 64 bit yang dijadikan sebagai laptop core.

3. Dua buah laptop dengan processor berkapasitas core i3 dan Core i5 yang dijadikan sebagai laptop client.
4. Adapter LAN.
5. Satu buah Access point tipe TPLMK MR 3020 yang digunakan untuk memberikan sinyal kepada client.
6. Satu buah switch.
7. Dua buah USB LAN yang dipasang dilaptop core untuk menghubungkan ke server dan client.
8. Dua buah HP yang dijadikan sebagai client.
9. Software virtual box yang diinstall di komputer server, GNS3 versi 0.8.6 yang diinstall di laptop core, x-lite yang diinstall di laptop client, dan zoiper yang diinstall di hp client.

FLOWCHART



Topologi VoIP yang akan dibangun:



Topologi diatas adalah topologi yang akan dibangun pada simulasi pengiriman packet VoIP menggunakan GNS3 kali ini, dimana simulasi ini dilakukan guna untuk mengetahui nilai throughput dan delay pada percobaan yang dilakukan. Dalam

simulasi ini, penulis menggunakan tiga percobaan yaitu percobaan dari laptop ke laptop menggunakan AP, percobaan dari laptop ke laptop menggunakan kabel LAN, percobaan dari laptop ke hp menggunakan AP.

IV. HASIL SIMULASI

Dalam ketiga percobaan yang dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Hasil pengukuran dari percobaan laptop ke laptop menggunakan AP

a. Throughput

Throughput adalah jumlah total kedatangan paket IP sukses yang diamati di tempat pengukuran pada destination selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut (sama dengan, jumlah pengiriman paket IP sukses per service-second).

Berikut adalah hasil throughput pada wireshark yang dihasilkan dari percobaan laptop ke laptop menggunakan jaringan wireless:



Gambar 4.3 Throughput laptop ke laptop menggunakan AP

Pada gambar diatas diperlukan waktu untuk mengirimkan packet data sebanyak 191710 dari server ke client adalah 2239,124 sec. Sehingga dapat dihitung throughput perpaket yang terjadi dalam simulasi percobaan laptop ke laptop dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

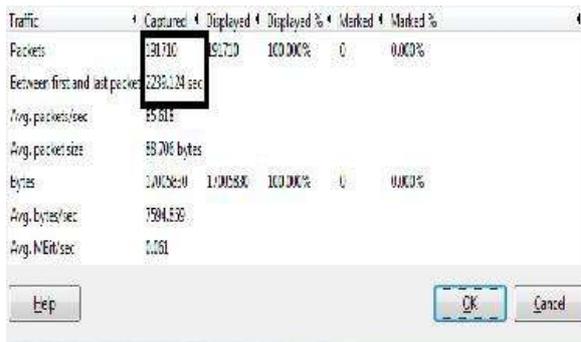
$$\text{throughput} = \frac{\text{total data packet}}{\text{waktu pengiriman}}$$

$$\text{Throughput} = \frac{191710}{2239,124} = 85,6 \text{ packet / sec}$$

b. Delay

Delay merupakan keterlambatan dalam waktu transmisi data dari pengirim dan penerima, satuan dari delay adalah sekon (detik).

Berikut adalah hasil delay menggunakan wireshark dalam percobaan laptop ke laptop menggunakan jaringan wireless:



Pada gambar diatas diperlukan waktu untuk mengirimkan packet data sebanyak 191710 dari server ke client adalah 2239,124 sec. Sehingga dapat dihitung delay perpaket yang terjadi dalam simulasi percobaan laptop ke laptop menggunakan jaringan wireless dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Delay} = \frac{\text{waktu pengiriman}}{\text{total packet data}}$$

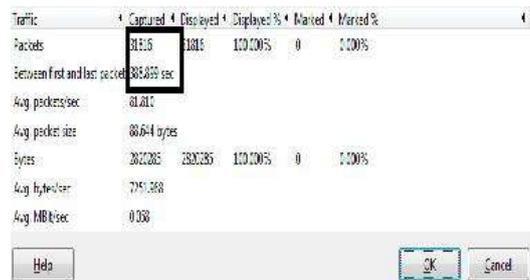
$$\text{Delay} = \frac{388,889}{31816} = 0,01 \text{ sec} = 10 \text{ ms}$$

Dari hasil perhitungan diatas, delay yang dihasilkan dari percobaan laptop ke laptop adalah 10 ms. Hasil delay ini dikategorikan sangat bagus karena sesuai dengan standarisasi yang ditentukan oleh THIPON.

2. Hasil pengukuran dari percobaan laptop ke laptop menggunakan kabel LAN

a. Throughput

Throughput adalah jumlah total kedatangan paket IP sukses yang diamati di tempat pengukuran pada destination selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut (sama dengan, jumlah pengiriman paket IP sukses per service-second). Berikut adalah hasil throughput pada wireshark yang dihasilkan dari percobaan laptop ke laptop menggunakan kabel LAN:



Gambar 4.7 Throughput laptop ke laptop menggunakan kabel LAN

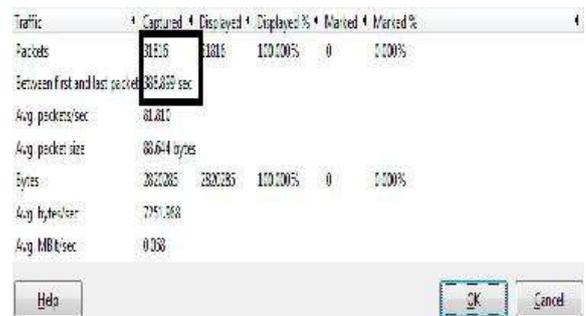
Pada gambar diatas diperlukan waktu untuk mengirimkan packet data sebanyak 31816 dari server ke client adalah 388,899 sec. Sehingga dapat dihitung throughput perpaket yang terjadi dalam simulasi percobaan laptop ke laptop dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{throughput} = \frac{\text{total data packet}}{\text{waktu pengiriman}}$$

$$\text{Throughput} = \frac{31816}{388899} = 81,8 \text{ packet / sec}$$

b. Delay

Delay merupakan keterlambatan dalam waktu transmisi data dari pengirim dan penerima, satuan dari delay adalah sekon (detik). Berikut adalah hasil delay menggunakan wireshark dalam percobaan laptop ke laptop menggunakan kabel



Gambar 4.8 Delay laptop ke laptop menggunakan kabel LAN

Pada gambar diatas diperlukan waktu untuk mengirimkan packet data sebanyak 31816 dari server ke client adalah 388,899 sec. Sehingga dapat dihitung delay perpaket yang terjadi dalam simulasi percobaan laptop ke laptop menggunakan kabel

LAN dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Delay} = \frac{\text{waktu pengiriman}}{\text{total packet data}}$$

$$\text{Delay} = \frac{388,889}{31816} = 0,01 \text{ sec} = 10 \text{ ms}$$

Dari hasil perhitungan diatas, delay yang dihasilkan dari percobaan laptop ke laptop adalah 10 ms. Hasil delay ini dikategorikan sangat bagus karena sesuai dengan standarisasi yang ditentukan oleh THIPON.

3. Hasil pengukuran dari percobaan laptop

Ke hp menggunakan AP

a. Throughput

Throughput adalah jumlah total kedatangan paket IP sukses yang diamati di tempat pengukuran pada destination selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut (sama dengan, jumlah pengiriman paket IP sukses per service-second). Berikut adalah hasil throughput pada wireshark yang dihasilkan dari percobaan laptop ke hp:

Traffic	Captured	Displayed	Displayed %	Marked	Marked %
Packets:	86750	86750	100,00%	0	0,00%
Between first and last packet:	856,976 sec				
Avg. packets/sec:	101,228				
Avg. packet size:	213,127 bytes				
Bytes:	18468906	18468906	100,00%	0	0,00%
Avg. bytes/sec:	21574,468				
Avg. MBit/sec:	0,173				

Gambar 4.11 Throughput laptop ke hp menggunakan AP

Pada gambar diatas diperlukan waktu untuk mengirimkan packet data sebanyak 86750 dari server ke client adalah 856,976 sec. Sehingga dapat dihitung throughput perpaket yang terjadi dalam simulasi percobaan laptop ke laptop dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{throughput} = \frac{\text{total data packet}}{\text{waktu pengiriman}}$$

$$\text{Throughput} = \frac{86750}{856,976} = 101,22 \text{ packet / sec}$$

a. Delay

Delay merupakan keterlambatan dalam waktu transmisi data dari pengirim dan penerima, satuan dari delay adalah sekon (detik). Berikut adalah hasil delay menggunakan wireshark dalam percobaan laptop ke hp :

Traffic	Captured	Displayed	Displayed %	Marked	Marked %
Packets:	86750	86750	100,00%	0	0,00%
Between first and last packet:	856,976 sec				
Avg. packets/sec:	101,228				
Avg. packet size:	213,127 bytes				
Bytes:	18468906	18468906	100,00%	0	0,00%
Avg. bytes/sec:	21574,468				
Avg. MBit/sec:	0,173				

Gambar 4.12 Delay laptop ke hp menggunakan AP

Pada gambar diatas diperlukan waktu untuk mengirimkan packet data sebanyak 86750 dari server ke client adalah 856,976 sec. Sehingga dapat dihitung besar delay perpaket yang terjadi pada simulasi percobaan laptop ke hp dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Delay} = \frac{\text{waktu pengiriman}}{\text{total packet data}}$$

$$\text{Delay} = \frac{856,976}{86750} = 0,0098 \text{ sec} = 9,8 \text{ ms}$$

Dari hasil perhitungan diatas, delay yang dihasilkan dari percobaan laptop ke laptop adalah 9,8 ms. Hasil delay ini dikategorikan sangat bagus karena sesuai dengan standarisasi yang ditentukan oleh THIPON.

V. KESIMPULAN

1. Hasil throughput dari percobaan laptop ke laptop menggunakan AP yaitu 85,6 packet dan hasil delay yaitu 10 ms.
2. Hasil throughput dari percobaan laptop ke laptop menggunakan kabel LAN yaitu 81,8 packet/sec dan hasil delay yaitu 10 ms.
3. Hasil throughput pada percobaan laptop ke hp menggunakan AP yaitu 101,22 packet/sec dan hasil delay yaitu 9,8 ms.
4. Hasil delay dari ketiga percobaan yang

dilakukan dikatakan bagus, karena sesuai dengan standarisasi yang ditentukan oleh TIPHON.

5. Hasil delay dari percobaan laptop ke laptop dengan laptop ke hp itu lebih bagus percobaan laptop ke hp. Hal ini dikarenakan, semakin hasil delay itu mendekati angka 0 maka delay yang dihasilkan akan lebih bagus.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Aplikasi dalam teknologi VoIP: <http://indrochubby.blogspot.com/2009/10/teknologi-voip.html> diakses pada tanggal 04 April 2015.
- [2]. Fitur-fitur algoritma dijkstra: <http://pantun02.blogspot.com/2013/11/konsep-dynamic-routing-dan-algoritma.html> diakses pada tanggal 30 april 2015.
- [3]. Fitur-fitur GNS3: <http://jar-net.blogspot.com/2011/03/mengenal-gns3-graphical-network.html> diakses pada tanggal 04 april 2015.
- [4]. Fungsi OSI Layer: <http://itsmachmudi.blogspot.com/2014/02/pengertian-osi-layer-osi-protocol-dan-11.html> diakses pada tanggal 28 maret 2015.
- [5]. Fungsi TCP/IP Layer: <http://gunardisoft.blogspot.com/2012/05/tugas-fungsi-masing-masing-layer-osi.html> diakses pada tanggal 28 Maret 2015.
- [6]. Header dan implementasi MPLS: <http://putrajatim.blogspot.com/2013/01/multi-protocol-label-switching-mpls.html> diakses pada tanggal 31 Maret 2015.
- [7]. Kegunaan wireshark: <http://fiyaphyong.blogspot.com/2010/10/wireshark-fungsi-dan-kegunaanya.html> diakses pada tanggal 04 April 2015.
- [8]. Kelebihan dan kekurangan GNS3: <http://fahmpress.blogspot.com/2014/02/step-by-step-memulai-lab-cisco-dengan.html> diakses pada tanggal 04 April 2015
- [9]. Kelebihan wireshark: <https://sigmaakhiria.wordpress.com/2013/02/25/wireshark/> diakses pada tanggal 04 April 2015.
- [10]. Kekurangan wireshark: <http://myrunds.com/?p=96> diakses pada tanggal 04 April 2015.
- [11]. Keunggulan MPLS: <http://scubyx.blogspot.com/2011/06/multiprotocol-label-switching-mpls.html> diakses pada tanggal 31 Maret 2015.
- [12]. Komponen VoIP: <http://nunalinda.blogspot.com/2013/06/protokol-voip.html> diakses pada tanggal 04 April 2015.
- [13]. Konsep algoritma dijkstra: <http://dhewitkj1.blogspot.com/2008/12/algoritma-link-state.html> diakses pada tanggal 30 April 2015.
- [14]. OSI Layer: <http://bayyulf.blogspot.com/2012/07/pengertian-osi-dan-tcpip.html> diakses pada tanggal 28 Maret 2015.
- [15]. Pengertian algoritma dijkstra: <http://achmad-asrori.blogspot.com/2013/01/algoritma-dijkstra.html> diakses pada tanggal 30 April 2015.
- [16]. Pengertian bandwidth: <http://tutorial-mj.blogspot.com/2012/12/pengertian-bandwidth.html> diakses pada tanggal 19 juni 2015.
- [17]. Pengertian delay: <http://www.infomugi.com/2014/02/pengertian-bandwidth-delay-jitter-dan.html> diakses pada tanggal 19 juni 2015.
- [18]. Pengertian GNS3: <http://goresanchanan.blogspot.com/2012/10/pengertian-gns3-gns3-adalah-sebuah.html> diakses pada tanggal 04 April 2015.
- [19]. Pengertian MPLS: <http://www.dedyisn.net/cisco-learn/belajar-mpls-bagian-1/> diakses pada tanggal 31 Maret 2015.
- [20]. Pengertian MPLS dan komponen-komponen MPLS: <https://belajartelekomunikasi.wordpress.com/2009/07/20/teknologi-mpls/> diakses pada tanggal 31 Maret 2015.
- [21]. Pengertian OSPF, kelebihan dan kekurangan OSPF: <http://santekno.blogspot.com/2013/01/ospf-open-shortest-path-first.html> diakses pada tanggal 31 Maret 2015.
- [22]. Pengertian packet loss: <https://randyahmad619.wordpress.com/tag/packet-loss/> diakses pada tanggal 19 juni 2015.
- [23]. Pengertian QoS: <http://ecgalery.blogspot.com/2011/03/quality-of-service-qos-pada-jaringan-ip.html> diakses pada tanggal 19 juni 2015.

[24]. Pengertian VoIP: <http://komputer-pc.blogspot.com/2010/03/1.html> diakses pada tanggal 04 April 2015.

[25]. Pengertian VoIP :
<https://ayuanggrianih.wordpress.com/tugas-kuliah/tugas-i-jaringan-interner/2-apa-yang-dimaksud-dengan-voip-jelaskan-dan-gambarkan-cara-kerjanya/> diakses pada tanggal 04 April 2015.

[26]. Pengertian wireshark:
<http://wulandari25.blogspot.com/2012/03/laporan-pratikum-2-pengertian-wireshark.html> diakses pada tanggal 04 April 2015.

[27]. Prinsip kerja, kelebihan dan kelemahan dari VoIP: <http://idkf.bogor.net/yuesbi/e-DU.KU/edukasi.net/TIK/VoIP/semua.html> diakses pada tanggal 04 April 2015.

[28]. TCP/IP:
<https://rahmafebrianti.wordpress.com/content/materi/osi-layer-tcpip-layer/> diakses pada tanggal 28 Maret 2015.

[29]. Tipe-tipe router OSPF :
<http://dhityajazz.blogspot.com/2013/07/materi-ospf-dan-implementasinya.html> diakses pada tanggal 31 Maret 2015.