

INTERKONEKSI DAN KONFIGURASI JARINGAN AKSES BROADBAND DSL SEBAGAI ALAT BANTU PRAKTIKUM TEKNIK TRAFIK PADA PROGRAM STUDI D3 TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Interconnection and Configuration of DSL Broadband Access Network as a Practical Tool in The Traffic Engineering Course in Diploma of Telecommunication Engineering

Masitha Mashur¹, Hafiduduin, S.T, M.T², Aris Hartaman S.T, M.T³

¹Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

²Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

³Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

¹masithamashur@student.telkomuniversity.ac.id, ² hafid@tass.telkomuniversity.ac.id,

³arishartamanmt@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada kegiatan praktikum mata kuliah dibutuhkan modul agar praktikum bisa menunjang pembelajaran suatu mata kuliah. *Digital Subscriber Line (DSL)* dapat menjadi salah satu pilihan sebagai bahan ajar mata kuliah Teknik Trafik. DSL sendiri merupakan suatu teknologi akses yang dapat mentransmisikan layanan data *broadband* melalui kabel tembaga yang biasa digunakan sebagai media transmisi untuk kabel telepon. *Interkoneksi* dan konfigurasi pada jaringan DSL ini bertujuan untuk menyediakan layanan data yang dapat diakses oleh pengguna secara bersamaan dengan layanan lainnya seperti *voice*. Untuk melakukan hal ini di butuhkan rancangan topologi jaringan DSL yang kemudian dilakukan konfigurasi pada DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*), setelah terealisasi suatu interkoneksi jaringan akses broadband DSL dan pengguna dapat mengakses data melalui modem ADSL (*Asymetric Digital Subscriber Line*) kemudian dilakukan pengukuran QoS (*Quality of Service*). Hasil yang didapatkan adalah jaringan yang diimplementasikan pada Laboratorium Swithcing fakultas ilmu terapan berhasil diinterkoneksi dengan DSLAM dapat melakukan ping ke ISP dan modem dapat menerima koneksi ADSL, dilihat dari indikator lampu ADSL yang menyala pada modem. Nilai untuk *throughput*, *delay*, *packet loss*, dan *jitter* dikategorikan sebagai kualitas yang sangat baik, mengikuti standar ITU-T G.114. Nilai parameter untuk layanan ADSL untuk SNR dan Atenuasi termasuk dalam kategori menurut standar Telkom Speedy.

Kata Kunci: *Digital Subscriber Line (DSL)*, DSLAM, Modem ADSL

Abstract

In a practical activity courses required modules in order to be able to support a teaching material for Traffic Engineering courses. *Digital Subscriber Line (DSL)* can be one of the options as the materials Engineering course traffic. DSL is an access technology that can transmit broadband data service through copper wires that are commonly used as the transmission medium for telephone cable. *Interconnection and configuration on the DSL network* aims to provide data services that can be accessed by the user simultaneously with other services such as *voice*. To do this, requires DSL network topology design which is will configured in DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*), after realizing a DSLAM broadband access network interconnection and the user can access data via ADSL (*Asymetric Digital Subscriber Line*) modem then measured to QoS (*Quality of Service*). Obtained network results implemented in Swithcing Laboratory of applied science faculty successfully interconverted proved by DSLAM can ping to ISP and modem can accept ADSL connection, seen from ADSL light indicator light on modem. Values for *throughput*, *delay*, *packet loss*, and *jitter* are categorized as excellent quality, following ITU-T G.114 standards. The parameter values for ADSL service for SNR and Attenance are included in the good category following Telkom Speedy standard.

Keywords : *Digital Subscriber Line (DSL)* , DSLAM, ADSL Modem.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Suatu mata kuliah membutuhkan kegiatan praktikum untuk menunjang proses perkuliahan dan pembelajaran pada mata kuliah tersebut. Terutama untuk mata kuliah yang merupakan mata kuliah baru di suatu program studi. Teknik Trafik merupakan salah satu mata kuliah yang baru dihadirkan dalam

perubahan kurikulum D3 Teknik Telekomunikasi di Telkom University. Maka dibutuhkan bahan ajar untuk kegiatan praktikum pada mata kuliah Teknik Trafik karena mata kuliah ini bersifat baru dan bahan ajar untuk praktikum belum dibuat.

Interkoneksi dan konfigurasi pada jaringan akses DSL pada Laboratorium Switching ini akan membuktikan bahwa teknologi ini dapat mentransmisikan data dan suara bersamaan pada media yang nantinya dapat menyediakan layanan data bersamaan dengan layanan lainnya seperti voice, ataupun IPTV dan lainnya. Digital Subscriber Line (DSL) sendiri merupakan suatu teknologi akses yang dapat mentransmisikan layanan data broadband melalui kabel tembaga yang biasa digunakan sebagai media transmisi untuk kabel telepon.

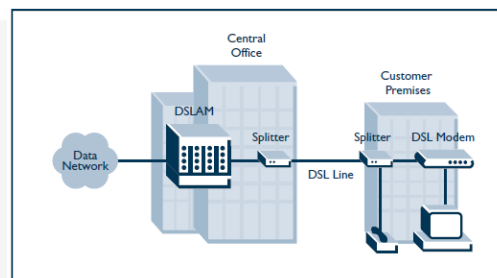
Teknologi DSL dapat membawa sinyal analog dan digital bersamaan pada satu saluran saja, maka dengan teknologi ini yang mulanya kabel tembaga biasa hanya menjadi media transmisi untuk suara dapat mentransmisikan layanan data dengan kecepatan tinggi secara bersamaan. Setelah jaringan akses broadband DSL ini berhasil terealisasi, membuktikan bahwa teknologi ini dapat melewati sinyal data dan suara bersamaan kemudian dapat dibuat suatu modul untuk praktikum mata kuliah teknik trafik.

Berdasarkan latar tersebut maka dibuatlah proyek akhir ini dengan melakukan interkoneksi dan konfigurasi jaringan DSL agar dapat menjadi alat bantu yang menunjang kegiatan praktikum matakuliah Teknik Trafik pada prodi D3 Teknik Telekomunikasi di Telkom University.

2. Dasar Teori

2.1 DSL (Digital Subscriber Line)

Digital Subscriber Line (DSL) adalah suatu teknologi akses yang dapat mentransmisikan layanan data broadband melalui kabel tembaga yang biasa digunakan sebagai media transmisi untuk kabel telepon. Terdapat beberapa macam tipe dari teknologi DSL yaitu diantaranya (*Asymmetric-DSL*) ADSL, (*High Data Rate-DSL*) HDSL, (*Single Line-DSL*) SDSL, (*Multi Rate-DSL*) M-SDL, dan (*Very High Rate-DSL*) VDSL.



Gambar 2.1 Arsitektur Jaringan DSL^[1]

2.1.1 Media Transmisi DSL

Media transmisi xDSL adalah jaringan kabel tembaga. Jarlok yang dibutuhkan terdiri atas 1 pair (2 kawat) atau 2 pair (4 kawat), tergantung jenis teknologi xDSL-nya. Untuk teknologi xDSL yang berbasis ADSL, SDSL, G.Lite, G.SHDSL dan VDSL menggunakan 1 pair jarlok. Untuk xDSL yang menggunakan 2 pair atau bahkan 3 pair adalah HDSL. Teknologi HDSL saat ini banyak dikenal dengan istilah HDSL-1P (HDSL dengan menggunakan 1 pair kabel, teknologinya sama dengan SDSL) dan HDSL-2P (HDSL dengan menggunakan 2 pair kabel)^[14].

2.1.2 Dasar Sistem xDSL^[14]

- xDSL dapat menyalurkan akses *broadband* melalui jaringan telepon. Dengan xDSL pelanggan dapat mengakses aplikasi *broadband*, seperti *streaming video*, *online gaming*, *multimedia applications*, *high speed internet access* dan *telecommuting*.
- xDSL selalu "always-on". Tidak seperti modem *dial-up*, xDSL tidak perlu *logging on/off* atau menunggu *dial tone*. Dengan xDSL, koneksi 24 jam. Sebagai tambahan, dengan xDSL (ADSL, VDSL) hubungan telepon masih dapat tetap berlangsung.
- Bandwidth xDSL dedicated*. Tidak seperti halnya sistem pada *cable modem* (HFC) atau *wireless LAN*, xDSL memberikan *bandwidth* yang tetap besarnya. *Bandwidth* tidak dibagi bagi jika ada penambahan pelanggan yang akses (*log on*).
- xDSL *secure*. Dikarenakan koneksi xDSL bersifat *point-to-point*, bukan *point-to-multipoint* ataupun *share bandwidth*, maka faktor keamanan jaringan menjadi lebih handal.

2.2 Jaringan Broadband

Broadband adalah lawan dari baseband. Baseband adalah transmisi dari sinyal tunggal melalui medium transmisi. Broadband adalah transmisi untuk lebih dari satu sinyal melalui medium transmisi. Saat

ini terminal broadband secara umum digunakan untuk menggambarkan transmisi informasi pada kecepatan tinggi sampai 45 Mbps. Servis terminal broadband sudah digunakan secara umum untuk menjelaskan suatu pelayanan komersial lewat video dengan resolusi tinggi dan audio^[4].

2.3 ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)

Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) merupakan salah satu dari variasi teknologi DSL. ADSL memiliki karakteristik *asymmetric* dimana kapasitas *downstream* (aliran data dari sentral ke pelanggan) lebih besar daripada kapasitas *upstream* (aliran data dari pelanggan ke sentral)^[3].

2.2.1 Perkembangan ADSL

1. ADSL2 (ITU G.992.3/4; ITU G.992.3 Annex J ; ITU G.992.3 Annex L)^[7]

ADSL2 merupakan perkembangan pertama dari teknologi ADSL yang diresmikan oleh ITU-T sebagai G.992.3 pada bulan Juli tahun 2002.

2. ADSL2+ (ITU G.992.5; ITU G.992.5 Annex M)^[7]

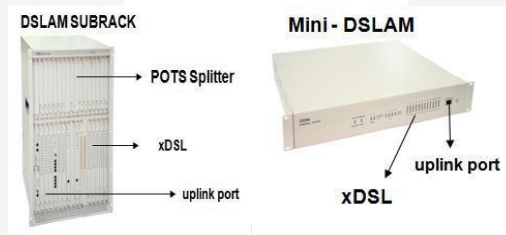
Saat ini ADSL 2+ merupakan pengembangan paling terbaru dari teknologi ADSL, yang diresmikan oleh ITU-T sebagai G.992.5 pada bulan Januari tahun 2003. ADSL 2+ mengandung segala fitur ADSL 2 dan memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan ADSL biasa.

2.4 Modem ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)

Modem ADSL berfungsi sebagai *Network Address Translation* (NAT) agar semua komputer di LAN dapat mengakses internet melalui satu jalur ADSL. Pada umumnya, router ADSL menyediakan server DHCP untuk mengalokasikan *IP address* secara otomatis ke komputer di LAN^[3].

2.5 DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer)

Digital Subscriber Line Access Multiplexer (DSLAM) adalah sebuah perangkat *multiplexer*, berfungsi menggabungkan dan memisahkan sinyal data dengan saluran telepon untuk mentransmisikan data. DSLAM merupakan *modem* yang letaknya berada di sisi sentral yang berisi berbagai jenis teknologi X-DSL. Pada perangkat DSLAM biasanya sudah terpasang *splitter* yang berfungsi memisahkan sinyal suara (PSTN) dan sinyal data (internet)^[8]. DSLAM dalam bentuk SUBRACK ditempatkan pada STO (*Sentral Telepon Otomate*) dan Remote dalam bentuk Mini DSLAM, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.3 Subrack DSLAM dan Mini DSLAM^[7]

2.6 VLAN (Virtual Local Access Network)

VLAN merupakan suatu teknologi LAN virtual (anggota-anggotanya memiliki kebutuhan dan atribut yang sama) yang terhubung secara logikal bukan secara lokasi/fisik. VLAN beroperasi pada layer 2 (*Data Link layer*) OSI. VLAN ini diperlukan untuk mendukung layanan triple play, yang terdiri dari tiga layanan berbeda. Secara umum, dalam kerja praktek ini terdapat tiga VLAN sesuai dengan layanannya dan PVC yang digunakan^[7].

2.7 PSTN (Public Switched Telephone Network)

PSTN adalah sebuah jaringan public atau lebih dikenal dengan jaringan telepon tetap yang bersifat circuit switch. Agar telepon pelanggan dapat terhubung dengan sentral telepon dibutuhkan sebuah jaringan akses yang dikenal dengan jaringan akses kabel. Jaringan akses kabel ini merupakan jaringan kabel tembaga yang ditarik hingga menuju telepon milik pelanggan melalui beberapa titik pendistribusian^[13].

2.8 Splitter

Splitter adalah perangkat yang berfungsi untuk memisahkan sinyal suara dan data sehingga sinyal suara dapat diterima oleh telepon dan data dapat diterima oleh laptop/PC (*Personal Computer*)^[2].

Gambar 2.6 Splitter Modem ADSL^[2]

2.9 Layanan Triple Play

Layanan triple play adalah layanan internet, dimana menyediakan layanan data, video, dan suara dalam satu kemasan paket berlangganan. Layanan ini muncul sebagai hasil inovasi dari munculnya layanan akses internet broadband[7].

2.10 QoS (Quality of Service)

QoS (*Quality of Service*) adalah kualitas dari suatu layanan yang mampu disediakan oleh suatu jaringan.

2.10.1 Throughput, merupakan suatu istilah yang mendefinisikan banyaknya bit yang diterima dalam selang waktu tertentu dengan satuan bit per second yang merupakan kondisi data rate sebenarnya dalam suatu jaringan^[4].

2.10.2 Delay adalah jumlah waktu yang dibutuhkan sebuah paket untuk sampai pada *end point* tujuan setelah ditransmisikan dari *sending point*. Delay rata-rata sebagai jumlah total waktu pengiriman paket dalam satu kali pengamatan^[4].

Table 2.2 Standar delay (ITU-T G.114)

Delay	Kualitas
0 -150 ms	Sangat baik
150 – 400 ms	Cukup, masih dapat diterima
> 400 ms	Buruk, tidak dapat diterima

2.10.3 Packet loss adalah kegagalan transmisi paket mencapai tujuannya^[4].

Tabel 2.3 Standar Packet Loss (ITU-T G.114)

Packet Loss	Kualitas
0 - 0.5 %	Sangat baik
0.5 – 1.5 %	Baik
>1.5%	Buruk

2.10.4 Jitter adalah perbedaan selang waktu kedatangan antar paket di terminal tujuan, atau dengan kata lain *jitter* merupakan variasi dari *delay*. Besarnya nilai *jitter* mengakibatkan rusaknya data yang diterima, baik itu berupa penerimaan yang terputus-putus atau hilangnya data akibat *overlap* dengan paket data yang lain. Banyak hal yang dapat menyebabkan *jitter*, diantaranya adalah peningkatan *traffic* secara tiba-tiba sehingga menyebabkan penyempitan *bandwidth* dan menimbulkan antrian^[4].

Table 2.4 Standar jitter (ITU-T G.114)

Jitter	Kualitas
0 - 20 ms	Baik
20 – 50 ms	Cukup
> 50 ms	Buruk

2.11 Parameter Kinerja Sistem

Ada beberapa parameter – parameter yang digunakan untuk melakukan pengukuran pada kinerja sistem dari jaringan yang telah diinterkoneksi. Berikut beberapa parameter - parameter yang digunakan :

2.11.1 Kecepatan upstream dan downstream, adalah kecepatan saat melakukan *upload* dan *downstream* adalah kecepatan saat melakukan *download*.

- 2.11.3 SNR (*Signal to Noise Ratio*)** merupakan perbandingan daya dalam suatu sinyal terhadap daya yang dikandung oleh *noise* yang muncul pada titik-titik tertentu saat transmisi. *Noise* yang bernilai besar akan menyebabkan nilai SNR semakin kecil^[16].

Tabel 2.2 Klasifikasi SNR (Standar Telkom Speedy)

SNR	Kualitas
29,0 dB <	Bagus sekali
20,0 dB - 28,9 dB	Bagus • Koneksi stabil.
11,0 dB - 19,9 dB	Baik • Sinkronisasi sinyal ADSL dapat berlangsung lancar.
07,0 dB - 10,9 dB	Cukup • Rentan terhadap variasi perubahan kondisi pada jaringan.
00,0 dB - 06,9 dB	Buruk • Sinkronisasi sinyal gagal atau tidak lancar .

- 2.11.4 Atenuasi** atau redaman sinyal merupakan proses peredaman sinyal hingga kekuatan sinyal berkurang seiring dengan penambahan jarak yang ditempuh. Atenuasi sendiri juga merupakan factor besarnya redaman pada kabel, semakin kecil nilai redaman kabel maka akan semakin baik^[16].

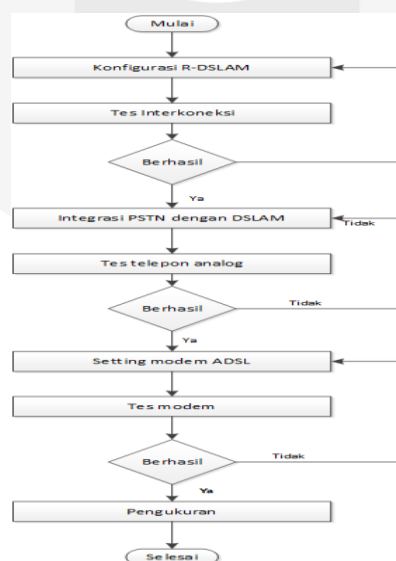
Tabel 2.3 Klasifikasi Attenuasi (Standar Telkom Speedy)

Attenuasi	Kualitas
00,0 dB - 19,99 dB	Bagus sekali
20,0 dB - 29,99 dB	Bagus
30,0 dB - 39,99 dB	Baik
40,0 dB - 49,99 dB	Cukup
50,0 dB - 59,99 dB	Buruk • Kemungkinan akan timbul masalah koneksi
60,0 dB <	Sangat Jelek • Pasti akan timbul banyak gangguan koneksi

3 Pembahasan

3.1. Diagram Alir

Pada proyek akhir ini dibuatlah digram alir pengerjaan sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan

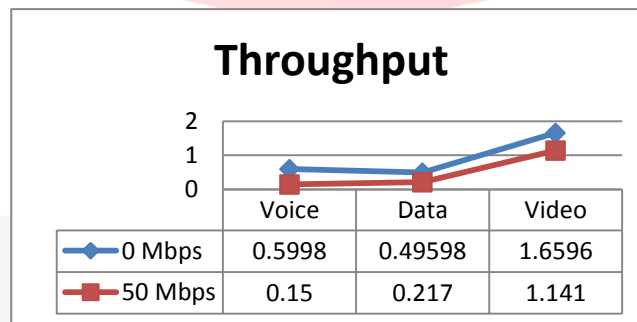
3.6 Pengujian Modem ADSL

Pengujian modem ADSL dilakukan untuk mengetahui apakah modem berhasil mendapatkan koneksi ADSL dari jaringan akses DSL atau belum. Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan modem ADSL dengan roset dimana roset merupakan perangkat keluaran untuk penghubung user dengan koneksi ADS. Kemudian dihubungkan dengan splitter yang di buhungkan lagi dengan port ADSL untuk port modem, yaitu port yang melewati data.



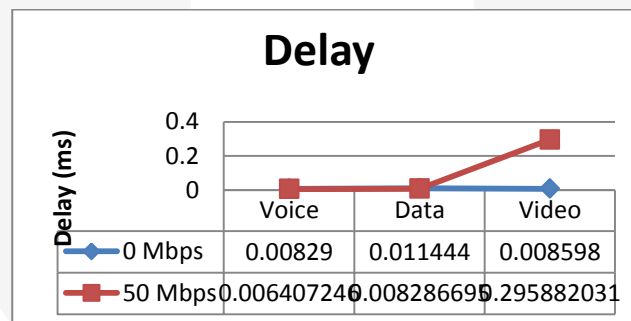
Gambar 3.3 Hasil Tes pada Modem ADSL2+

3.7 Hasil Pengukuran



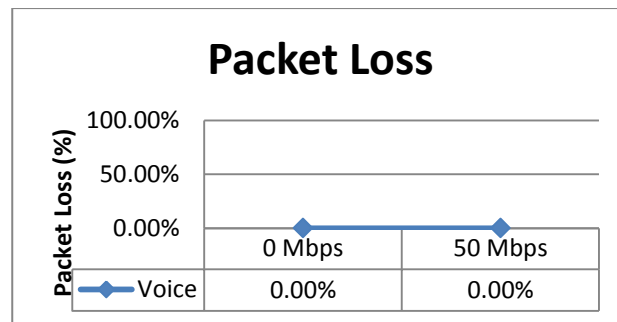
Gambar 3.4 Grafik Throughput

Dari 5 kali percobaan yang dilakukan untuk mengetahui nilai rata-rata *throughput* untuk data sebesar 0.4778 Mbit/sec, untuk video sebesar 1.452 Mbit/sec, untuk voice sebesar 0.2706 Mbit/sec. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai terbesar untuk *throughput* adalah untuk video dan terkecil untuk voice.



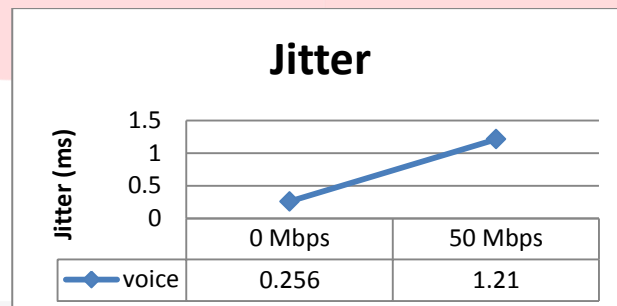
Gambar 3.5 Grafik Delay

Dari 5 kali percobaan yang dilakukan untuk mengetahui nilai rata-rata *delay* untuk data sebesar 0.0086894 ms, untuk video sebesar 0.0131316 ms, untuk voice sebesar 0.0073198 ms. Analisa dari hasil ini yaitu kualitas untuk delay dikategorikan sangat baik sesuai dengan standar ITU- T G.114, yaitu nilai *delay* yang sangat bagus adalah 0-150 ms.



Gambar 3.6 Grafik Packet Loss

Dari 5 kali percobaan yang dilakukan untuk mengukur didapatkan nilai packet loss untuk layanan *voice/voip* sebesar 0.00% yang didapatkan melalui *Wireshark*. Dari hasil pengukuran packet loss yang didapatkan, nilai tersebut dikategorikan sebagai nilai untuk packet loss yang sangat baik mengikuti standar ITU-T G.114.



Gambar 4.7 Grafik Jitter

Dari 5 kali percobaan yang dilakukan untuk mengukur didapatkan yaitu nilai *jitter* sebesar 0.256 ms yang didapatkan melalui *Wireshark*. Dari hasil pengukuran *jitter* yang didapatkan, nilai tersebut dikategorikan sebagai nilai untuk *jitter* yang sangat baik mengikuti standar ITU-T G.114.

Tabel 4.1 Pengukuran SNR

Percobaan	Downstream(dB)	Upstream(dB)
1	44.1	26.3
2	44.0	26.4
3	43.9	26.3
4	43.6	26.9
5	13.5	18.5
Rata-rata	37.82	24.88

Dari tabel diatas didapatkan hasil, rata-rata nilai SNR untuk downstream 37.82 dB hasil ini dikategorikan sangan baik sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh Telkom speedy yaitu 29,0 dB < , dan untuk upstream 24,88 dB. Hasil ini dikategorikan hasil ini dikategorikan bagus sesuai dengan standar yang ditetapkan olehh Telkom speedy.

Tabel 4.2 Pengukuran Atenuasi

Percobaan	Downstream(dB)	Upstream(dB)
1	0.3	1.7
2	0.3	1.3
3	0.3	1.2
4	0.3	1.4
5	3.3	3.1
Rata-rata	0.9	1.74

Dari tabel diatas didapatkan hasil, rata-rata nilai atenuasi untuk *downstream*. 0.9 dB untuk *upstream* 1.74 dB. Hasil ini dikategorikan hasil ini dikategorikan sangat bagus sesuai dengan standar yang ditetapkan olehh Telkom speedy.

4 Kesimpulan

Dari hasil yang didapatkan setelah melakukan semua proses yang telah dilakukan untuk melakukan interkoneksi dan konfigurasi pada jaringan akses DSL ini dapat ditarik kesimpulan yaitu :

1. Jaringan berhasil diinterkoneksi dan diimplementasikan pada Laboratorium Switching di Fakultas Ilmu Terapan Universitas Telkom, dibuktikan dengan DSLAM dapat melakukan ping ke ISP dan modem dapat menerima koneksi ADSL.
2. Koneksi ADSL berhasil diterima oleh modem ADSL2+, dapat dilihat dari indikator lampu ADSL yang menyala pada modem.
3. Nilai rata-rata throughput untuk data sebesar 0.4778 Mbit/sec, untuk video sebesar 1.452 Mbit/sec , untuk voice sebesar 0.2706 Mbit/sec. Nilai rata-rata delay untuk data sebesar 0.0086894 ms, untuk video sebesar 0.0131316 ms, untuk voice sebesar 0.0073198 ms.
4. Nilai untuk throughput, delay, packet loss, dan jitter dikategorikan sebagai kualitas yang sangat baik, mengikuti standar ITU-T G.114.
5. Nilai parameter untuk layanan ADSL yang didapatkan adalah SNR dengan nilai rata-rata untuk downstream sebesar 37.82 dB dan dikatakan sebagai nilai yang sangat bagus, untuk upstream sebesar 24.88 dB dan dikatakan sebagai nilai yang bagus mengikuti standar Telkom Speedy
6. Nilai parameter untuk layanan ADSL yang didapatkan adalah Atenuasi dengan nilai rata-rata untuk downstream sebesar 0.9 dB dan dikatakan sebagai nilai yang sangat bagus, untuk upstream sebesar 1.74 dB dan dikatakan sebagai nilai yang bagus mengikuti standar Telkom Speedy

Daftar Pustaka:

- [1] Allied Tellesyn. 2005. DSL White Papper. www.alliedtellesyn.com
- [2] Anton Prabowo. NETWORK ELEMENT ADSL SPEEDY. Semarang : Universitas Diponegoro .
- [3] Anugrah Adiwilaga. 2010. Asynchronous Digital Subscriber Line. Bandung : Politeknik Negeri Bandung.
- [4] Eko Budi Setiawan. ANALISA QUALITY OF SERVICES (QoS) VOICE OVER INTERNET PROTOCOL (VoIP) DENGAN PROTOKOL H.323 DAN SESSION INITIAL PROTOCOL (SIP). Bandung : Teknik Informatika UNIKOM.
- [5] Febri Fadhil W K. TEKNOLOGI DIGITAL SUBSCRIBER LINE ACCESS MULTIPLEXER (DSLAM) PADA JARINGAN SPEEDY. Semarang : Universitas Diponegoro .
- [6] Forouzan, Behrouz A. 2007. Data Communication and Networking. United State : McGraw-Hill.
- [7] Gidion Erwin. PENGATURAN CPE DAN DSLAM UNTUK LAYANAN TRIPLE PLAY. Semarang : Universitas Diponegoro.
- [8] Golden, Philip, Herve Dedieu, Krista S Jacobsen. 2006. Fundamentals of DSL technology. New York : Auerbach Publications.
- [9] Haerunisa. ANALISIS IMPLEMENTASI DSLAM UNTUK LAYANAN HIGH BROADBAND ACCESS PADA JARINGAN METRO ETHERNET PT TELKOM TBK (STUDI KASUS RUAS KOTA 2 JAKARTA). Bandung : IT Telkom.
- [10] PT. TELEKOMUNIKASI INDONESIA, Tbk. 2004. x DIGITAL SUBSCRIBER LINE (xDSL). Bandung : PT. TELEKOMUNIKASI INDONESIA, Tbk.
- [11] Ratna Mayasari. 2009. EVALUASI KINERJA JARINGAN ASYMETRIC DIGITAL SUBSCRIBER LINE 2+ (ADSL2+) UNTUK LAYANAN IPTV DI KANDATEL BANDUNG. Bandung : Tugas Akhir IT Telkom.
- [12] Suherman. DESAIN DAN IMPLEMENTASI JARINGAN AKSES KABEL TELEPON. Staf Pengajar Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik USU.
- [13] Susanto. 2007. xDSL SEBAGAI SOLUSI KECEPATAN DAN INFRASTRUKTUR PADA SISTEM BROADBAND. Jakarta : Universitas Mercu Buana.
- [14] Systems & Network Training Ltd. 2001 - 2003 Introduction to Ethernet switching v1.2.
- [15] Willy Irawan. 2013. ANALISIS PERFORMANSI LAYANAN SPEEDY DENGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT MSAN (MULTI SPEED ACCESS NODE) SEBAGAI NGN (NEXT GENERATION NETWORK) STUDI KASUS PT.TELKOM, Tbk (DIVISI ACCESS). Pekanbaru : Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim.