

Analisis Kualitas Jaringan Tembaga Terhadap Penerapan Teknologi Annex M Pada Perangkat MSAN Studi Kasus Di PT.Telkom Purwokerto

Solichah Larasati¹ Wahyu Pamungkas² Eka Wahyudi³

^{1,2,3}*Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom Purwokerto*

¹*Solichah.larasati@yahoo.co.id, ²Wahyu@st3telkom.ac.id, ³Ekawahyudi@st3telkom.ac.id*

ABSTRAK

Perkembangan teknologi telekomunikasi, khususnya jaringan kabel semakin lama semakin berkembang pesat. Ini ditandai dengan berkembangnya layanan yang ditawarkan oleh operator yang meliputi voice, ADSL, Internet Protokol Television (IPTV), dan wifi. Berkembangnya layanan tersebut membawa dampak terhadap kenaikan kebutuhan bandwidth. PT. Telkom sebagai salah satu operator telekomunikasi di Indonesia melakukan upaya untuk memenuhi kebutuhan bandwidth yang semakin besar dengan melakukan modernisasi jaringan menggunakan perangkat Multi Service Access Node (MSAN). Salah satu jenis teknologi MSAN adalah Annex M. Annex M adalah ADSL2+ yang mempunyai nilai upstream sampai 3 Mbps dan downstream sampai 24 Mbps. Teknologi ini membutuhkan kualitas jaringan tembaga yang baik. Penelitian ini menggunakan metode analisis dengan membandingkan dua variabel sebelum dan sesudah menggunakan Annex M dalam persen rasio. Variabel yang dibandingkan diantaranya adalah SNR, Attenuation dan Attainable Rate. Berdasarkan perhitungan sampel sebelum dan sesudah menggunakan Annex M maka didapatkan bahwa parameter Signal to Noise Ratio (SNR) mengalami perbaikan kualitas jaringan upstream sebesar 10,306% dan downstream sebesar 3,048%. Parameter Attenuation sebelum dan sesudah menggunakan Annex M mengalami perbaikan kualitas jaringan upstream sebesar 13,491% dan downstream sebesar 2,797%. Parameter Attainable Rate upstream sebelum dan sesudah menggunakan Annex M mengalami kenaikan sebesar 3,9106% dan Attainable Rate downstream sebelum dan sesudah menggunakan Annex M mengalami penurunan sebesar 3%.

Kata Kunci : Multi Service Access Node (MSAN), Annex M, Signal to Noise Ratio (SNR), Attenuation, Attainable Rate.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telekomunikasi semakin lama semakin berkembang pesat. Pada saat ini perkembangan teknologi bukan hanya digunakan untuk voice saja tetapi telah beralih ke kebutuhan komunikasi data yang serba praktis untuk itu dibutuhkan bandwidth yang lebih besar sehingga tidak mengurangi kecepatan transmisinya. PT Telkom merupakan perusahaan yang bergerak di bidang telekomunikasi yang memiliki layanan meliputi voice, speedy, Internet Protokol Television (IPTV), dan wifi id. Banyaknya layanan yang ditawarkan akan menimbulkan suatu persoalan terhadap kebutuhan bandwidth yang semakin besar. Selain itu, layanan yang tawarkan oleh PT Telkom tidak hanya membutuhkan downstream yang besar, namun upstream juga harus besar.

Berdasarkan persoalan di atas, dilakukan perbaikan kualitas jaringan untuk meningkatkan kecepatan transmisi. Upaya yang dilakukan PT. Telkom adalah melakukan modernisasi jaringan dengan mengganti jaringan Sentral Telepon Lama atau Public Switched Telephone Network (PSTN) dan Digital Subscriber Line Access Multiplexer (DSLAM) sebagai penghubung antara pelanggan dengan internet yang digantikan oleh Multi-Service Access Node (MSAN). Multi-Service Access Node (MSAN) merupakan gabungan sentral telepon dengan DSLAM sebagai persiapan layanan Triple Play (voice, internet, dan video dalam satu jaringan akses). MSAN juga melayani multi services seperti Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL), E1, Plain Old Telephone Service (POTS), dan Ethernet. Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) merupakan salah satu bentuk teknologi Digital Subscriber Line, dimana teknologi komunikasi data bersifat asimetrik yaitu data ditransferkan dalam kecepatan yang berbeda antara satu sisi dengan sisi yang lain. Terdapat beberapa fasilitas untuk memilih tipe ADSL yaitu Annex A, Annex I, Annex L, Annex M, serta Annex A/I/J/L/M. Dalam penelitian ini hanya menggunakan Annex A dan Annex M. Penggunaan kedua perangkat tersebut digunakan untuk membandingkan hasil yang didapatkan terhadap perubahan kualitas jaringan.

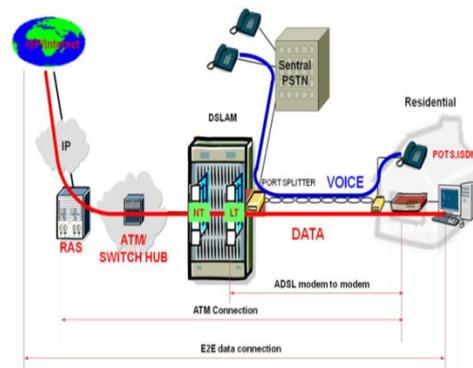
Annex A merupakan spesifikasi dari ITU-T(International Telecommunication Union) nomor G.992.1, dengan spesifikasi opsional ITU-T ADSL, sedangkan Annex M merupakan spesifikasi ITU-T nomor G.992.5 dengan spesifikasi opsional ITU-T ADSL 2+. Konfigurasi tambahan dilakukan untuk mendapatkan bandwidth di atas 1,4 Mbps agar dapat menyesuaikan dengan upstream ratenya. Hal yang dilakukan untuk mengatasi hal tersebut yaitu dengan menambahkan external line profil dengan mode Annex M karena mode ini mampu men-support hingga 3,3 Mbps untuk upstream.

2. DASAR TEORI

Jaringan lokal akses tembaga merupakan salah satu bentuk dari jaringan akses yang media transmisinya menggunakan kabel tembaga, dimana jaringannya dimulai dari blok vertikal *Main Distribution Frame* (MDF) menuju Rumah Kabel (RK), selanjutnya menuju *Distribution Point* (DP) dan sampai ke rumah pelanggan. Pada perkembangannya, kabel tembaga ini dikombinasikan dengan kabel serat optis dengan menggunakan teknologi jaringan lokal akses fiber (jarlokaf). Jarlokaf adalah jaringan lokal yang menggunakan kabel serat optik untuk menghubungkan antara sentral lokal dengan terminal pelanggan.

Modus teknologi serat optis yang digunakan saat ini sudah berkembang pesat. Antarmuka antara kabel serat optis dan kabel tembaga pun demikian pula. Terdapat perangkat DSLAM yang berfungsi menjadi antarmuka antara kabel serat optis dan kabel tembaga serta mampu melayani ribuan pelanggan. DSLAM merupakan sebuah piranti dalam jaringan komputer yang diletakkan di sentral telepon dan berfungsi untuk menerima sinyal dari banyak pelanggan *Digital Subscriber Line* (DSL), kemudian sinyal tersebut akan diteruskan ke jaringan *backbone* yang berkecepatan tinggi menggunakan teknologi *multiplexing*.

Perkembangan teknologi jaringan kabel, khususnya kabel tembaga mengarah dari teknologi analog menjadi teknologi digital. Teknologi digital yang digunakan dinamakan dengan Digital Subscriber Line (DSL). Salah satu jenis teknologi DSL ini adalah ADSL. ADSL merupakan perkembangan dari teknologi xDSL yang digunakan untuk menyalurkan signal vidio digital melalui jaringan kabel tembaga. Terdapat dua standart modulasi yang digunakan oleh ADSL yaitu *Carrierless Amplitude Phase* (CAP) dan *Discrete Multi Tone* (DMT).^[5]

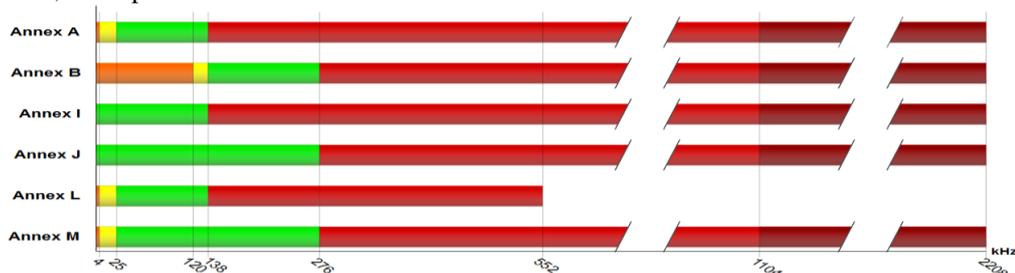


Gambar 1. Konfigurasi ADSL^[1]

Berdasarkan gambar 1 teknologi ADSL menggunakan kabel tembaga. Sinyal analog dan sinyal digital pada ADSL akan dibawa sekaligus dalam satu kabel. Sinyal digital digunakan untuk komunikasi data dan sinyal analog digunakan untuk komunikasi suara.

Teknologi Digital pada jaringan kabel menggunakan DSL mensyaratkan perangkat yang mampu melayani pelanggan dengan jenis layanan yang beragam, namun menggunakan satu media transmisi saja. Ini dipenuhi dengan sebuah perangkat yang dinamakan MSAN (*Multi Service Access Node*). MSAN merupakan sebuah jaringan akses yang memberikan layanan *multiservice* sejalan dengan perkembangan *Next Generation Network* (NGN). MSAN memberikan dan menyediakan layanan *broadband* akses *multiplexer* sebagai IP DSLAM berdasarkan pada teknologi IP, ATM, dan TDM serta layanan *narrowband* dalam jaringan PSTN melalui kabel tembaga atau fiber optik.

Pengaturan perkembangan teknologi telekomunikasi, diatur dengan menggunakan aturan dari ITU dengan lampiran yang dinamakan Annex. Annex A merupakan ITU-T G.992.1 dengan spesifikasi opsional ITU-T ADSL. Band frekuensi yang digunakan oleh ADSL ini adalah 25 KHz sampai 138 KHz digunakan oleh upstream dan 138 KHz sampai 2208 KHz digunakan oleh downstream. Secara operasional kemampuan ADSL ini dalam kecepatan data mencapai 1,38 Mbps untuk upstream dan 25,4 Mbps untuk downstream. Sedangkan Annex M merupakan ITU-T G.992.5 dengan spesifikasi opsional ITU-T ADSL 2+. Band frekuensi yang digunakan oleh ADSL 2+ ini adalah 25 KHz sampai 276 KHz digunakan untuk upstream dan 276 KHz sampai 2208 KHz digunakan untuk downstream. Untuk mendapatkan nilai bandwidth di atas 1,4 Mbps perlu dilakukan konfigurasi tambahan untuk dapat menyesuaikan upstream rate. Untuk mengatasinya dilakukan dengan menambahkan external line profil dengan Annex M karena Annex M ini mampu men-support kecepatan data hingga 3 Mbps untuk upstream dan 23,77 Mbps untuk downstream.^[6]



Gambar 2 Grafik Frekuensi Annex^[3]

Perbedaan utama antara Annex A dengan Annex M terletak pada range frekuensi yang digunakan dan kecepatan untuk upstream dan downstream. Frekuensi untuk kedua Annex ini bergeser dari 138 KHz menjadi 276 KHz yang memungkinkan kecepatan upstream akan ditingkatkan dari 1,4 Mbps hingga 3 Mbps. Sedangkan untuk downstream akan mengalami penurunan dari 25,4 Mbps turun hingga 23,7 Mbps. Sebuah teknik untuk menyalurkan frekuensi tinggi melalui jaringan akses tembaga dilakukan dengan membagi frekuensi tinggi tersebut menjadi frekuensi yang kecil – kecil (bin), dimana 1 bin setara dengan 53 kbps, sehingga untuk mencari kecepatan maksimal upstream dan downstream dapat dituliskan dalam persamaan 2.1 sebagai berikut:

$$a) \text{ Maksimal Upstream/Downstream} = \frac{b-a}{4,3125} \times 53 \text{ kbps} \dots\dots\dots(1)^{[2]}$$

Dimana : a = range frekuensi rendah dari upstream/downstream Annex
b = range frekuensi tinggi dari upstream/downstream Annex

b) Perhitungan Maksimal Upstream dan Downstream Annex A

$$\text{Maksimal Upstream} = \frac{(138 \text{ khz}-25 \text{ khz})}{4,3125} \times 53 \text{ kbps} = 1,388 \text{ Mbps}$$

$$\text{Maksimal Downstream} = \frac{(2208 \text{ khz}-138\text{khz})}{4,3125} \times 53 \text{ kbps} = 25,44 \text{ Mbps}$$

c) Perhitungan Maksimal Upstream dan Downstream Annex M

$$\text{Maksimal Upstream} = \frac{(276 \text{ khz}-25 \text{ khz})}{4,3125} \times 53 \text{ kbps} = 3,08 \text{ Mbps}$$

$$\text{Maksimal Downstream} = \frac{(2208 \text{ khz}-276 \text{ khz})}{4,3125} \times 53 \text{ kbps} = 23,74 \text{ Mbps}$$

3. PERANCANGAN SISTEM

Data hasil penelitian terdiri dari data pelanggan speedy sebanyak 100 pelanggan yang menggunakan perangkat MSAN MRB. Data hasil penelitian ini akan membandingkan kualitas jaringan sebelum dan sesudah menggunakan Annex M berdasarkan parameter Signal to Noise Ratio, Attenuation, Attainable Rate dan jarak.

Proses pengambilan data dapat dilakukan diseluruh kantor Telkom yang ada di Indonesia. Namun karena penulis melakukan studi kasus di Purwokerto, maka untuk pengambilan sample data dilakukan di Telkom Purwokerto.

Proses pengambilan data dilakukan selama sepuluh hari dimana lima hari untuk data sebelum (Annex A) dan lima hari berikutnya untuk data sesudah (Annex M). Sample data tersebut diambil pada waktu jam sibuk (10.00 – 15.00) dengan banyaknya sample yang diambil sebanyak 100 pelanggan speedy. Berdasarkan data pengukuran pelanggan speedy tersebut dicari beberapa pelanggan speedy yang aktif kemudian nilai untuk masing – masing sample tersebut dihitung rata – ratanya.

Dalam melakukan analisa menggunakan metode rata-rata seperti pada persamaan 3.1 dan perbandingan dalam persen ratio seperti persamaan 3.2.

$$\text{Mean} = H = \frac{H1+H2+H3+H4+H5}{5} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan : H = nilai mean

Hx = nilai pengukuran pada hari ke-1 sampai ke-5

Nilai yang terdapat pada data tidak semua mempunyai nilai, terkadang ada data yang bernilai nol. Sehingga apabila nilai tersebut dimasukan akan mengurangi nilai rata – rata (mean) yang mengakibatkan nilai menjadi lebih kecil dan data tidak valid. Berlatar belakang hal tersebut penulis menghitung nilai rata – rata tanpa mengikutkan nilai nol. Persamaan 3.2 untuk mencari hasil rasio perbandingan antara lain :

$$\% \text{ Rasio} = \frac{\text{DataSesudah}-\text{DataSebelum}}{\text{DataSebelum}} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Proses pengambilan data dilakukan selama sepuluh hari pada saat jam sibuk, dimana pada jam sibuk kualitas jaringan akan menurun. Waktu yang diperlukan untuk pengambilan data dalam satu hari sebanyak satu kali yaitu antara pukul 10.00 – 15.00. Sebelum menggunakan Annex M proses pengambilan data dilakukan selama lima hari dan setelah menggunakan Annex M proses pengambilan data dilakukan selama lima hari. Alamat yang diakses adalah Embaasy 10.88.10.250 untuk melihat nomor speedy yang digunakan untuk sample. Berikutnya untuk mengetahui parameter Signal-to-Noise-Ratio (SNR), Attenuation, dan Attainable Rate dengan mengakses Random Access Dial in User Service (RADIUS). Hasil dari pengambilan data tersebut akan di rata-rata dan dianalisis bagaimana pengaruh kualitas jaringan tembaga setelah diterapkannya Annex M.

Parameter – Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi :

a. *Signal to Noise Ratio (SNR)*

SNR merupakan rasio perbandingan antara intensitas sinyal dengan *noise*. Semakin tinggi nilai SNR, maka kualitas jaringan akan semakin baik. Klasifikasi nilai SNR:^[6,7]

>29,0 dB	: bagus sekali
20 dB-28,9dB	: koneksi stabil
11 dB-19,9dB	: baik
7 dB – 10,9 dB	: cukup
0 dB – 6,9 dB	: buruk

b. *Attenuation*

Attenuation merupakan redaman sinyal pada jalur telepon. Semakin rendah nilai redaman, maka kualitas koneksi semakin baik.

Klasifikasi *Attenuation*:^[3,4]

0 dB-19,9 dB	: bagus sekali
20 dB-29,9 dB	: bagus
30 dB-39,9 dB	: baik
40 dB-49,9 dB	: cukup
50 dB-59,9 dB	: buruk
>60dB	: buruk sekali

c. *Attainable Rate*

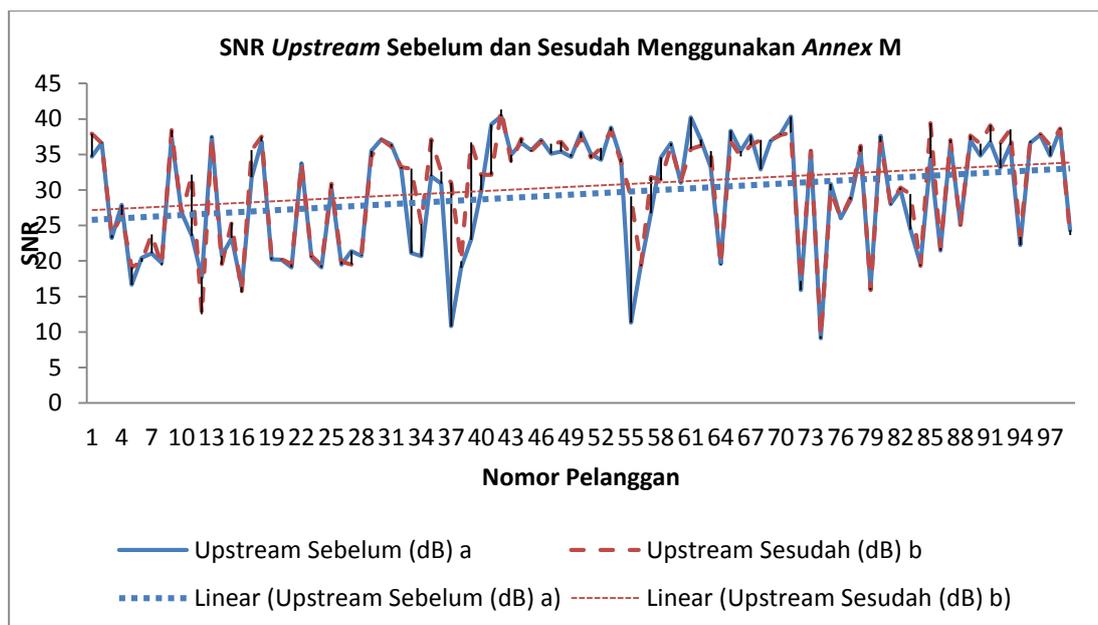
Attainable Rate merupakan kapasitas *bandwidth* maksimal yang dapat ditransmisikan melalui jaringan.

4. Analisa dan Pembahasan

Dengan menggunakan persamaan (2) dari hasil data rata-rata (mean) sebelum menggunakan Annex M pada lampiran dan data rata – rata (mean) sesudah menggunakan Annex M didapatkan prosentase rasio perbandingan yang dibuat tabel dengan data 100 pelanggan. Berdasarkan tabel tersebut, hasil rata-rata sebelum dan sesudah menggunakan Annex M, baik untuk upstream maupun downstream didapatkan dari operasi hitung rata – rata decibel (dB) yang dirubah dahulu ke dalam bentuk numerik, kemudian hasil numerik tersebut dikonversikan lagi kedalam bentuk decibel (dB). Prosentase rasio perbandingan didapatkan dari rata-rata data upstream dan downstream sebelum dan sesudah menggunakan Annex M yang telah dikonversikan ke dalam bentuk numerik. Apabila nilai tersebut telah diperoleh, kemudian menentukan nilai rata-ratanya, nilai tertinggi, dan nilai terendah. Hasil akhir dari proses ini dinyatakan dalam sebuah grafik hubungan antara SNR *upstream* dan *downstream* pada kondisi sebelum dan sesudah menggunakan Annex m seperti gambar 3 di bawah ini.

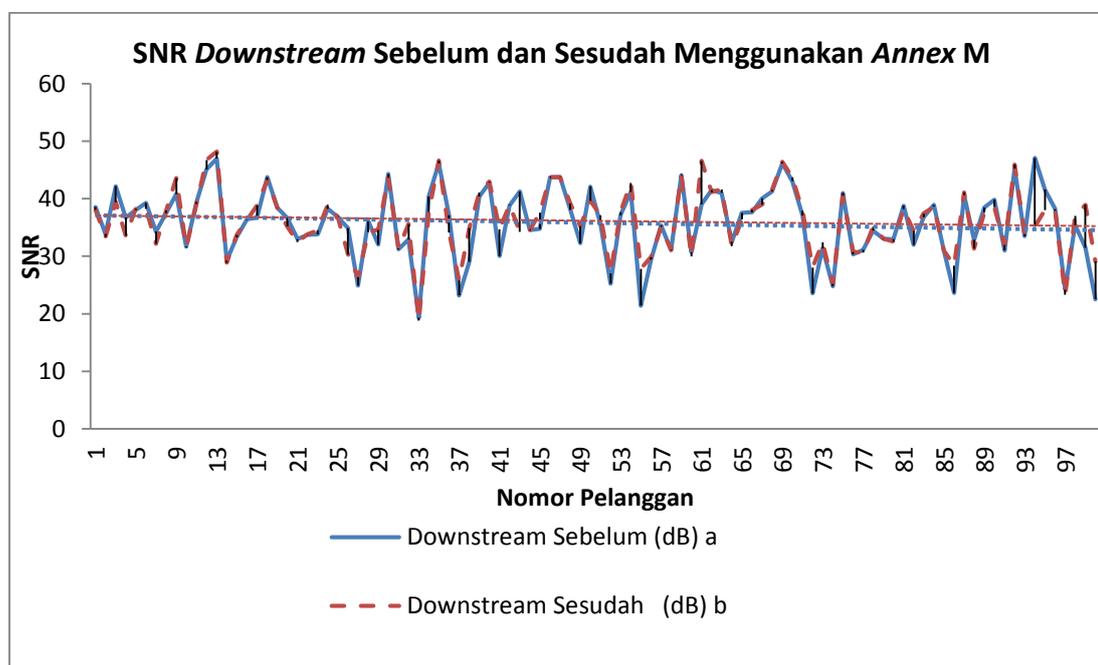
Berdasarkan pada gambar 3 di bawah ini, nilai rasio rata-rata upstream sebelum dan sesudah menggunakan Annex M mengalami perbaikan kualitas jaringan sebesar 10,306%. Apabila nilai SNR semakin tinggi, maka kualitas jaringan akan semakin baik. Hal ini dikarenakan SNR adalah perbandingan antara sinyal dengan noise yang dihasilkan, apabila sinyal lebih besar dari noise, maka kualitas jaringan semakin baik. Kenaikan nilai SNR untuk upstream sebelum menggunakan Annex M adalah 34,007 dB dan nilai SNR upstream sesudah menggunakan Annex M adalah 34,433 dB. Naiknya nilai SNR untuk upstream ini disebabkan rata – rata kualitas kabel yang digunakan dalam kondisi baik, selain itu, kenaikan nilai SNR juga disebabkan adanya tambahan power dari modul MSAN dan perbedaan mode ADSL yang digunakan. Tidak semua pelanggan mengalami kenaikan nilai SNR, sebagai contohnya pelanggan no 41. Pelanggan ini mempunyai nilai rasio SNR terendah yaitu -80,412%. Pelanggan no 41 ini nilai SNR upstream sesudah menggunakan Annex M menjadi lebih kecil jika dibandingkan sebelum menggunakan Annex M. Penurunan nilai SNR bisa disebabkan karena kabel *drop wire* yang digunakan sudah lama, udara yang panas menyebabkan kabel memuai, selain adanya sambungan kabel juga sebagai penyebab turunnya nilai SNR.

Selain itu ada juga pelanggan yang mengalami kenaikan nilai SNR yang tinggi bahkan mempunyai perbandingan nilai rasio tertinggi sebesar 10434,162% (pelanggan no 37). Dimana pelanggan ini mempunyai kualitas jaringan yang mulanya cukup menjadi baik sekali. Analisa rasio perbandingan menggunakan persamaan 3.2 dan dirata-rata dari gambar 3 dapat disimpulkan sesudah menggunakan Annex M terjadi perbaikan kualitas jaringan untuk upstream pada parameter SNR.



Gambar 3. Grafik SNR *Upstream* Sebelum dan Sesudah Menggunakan *Annex M*

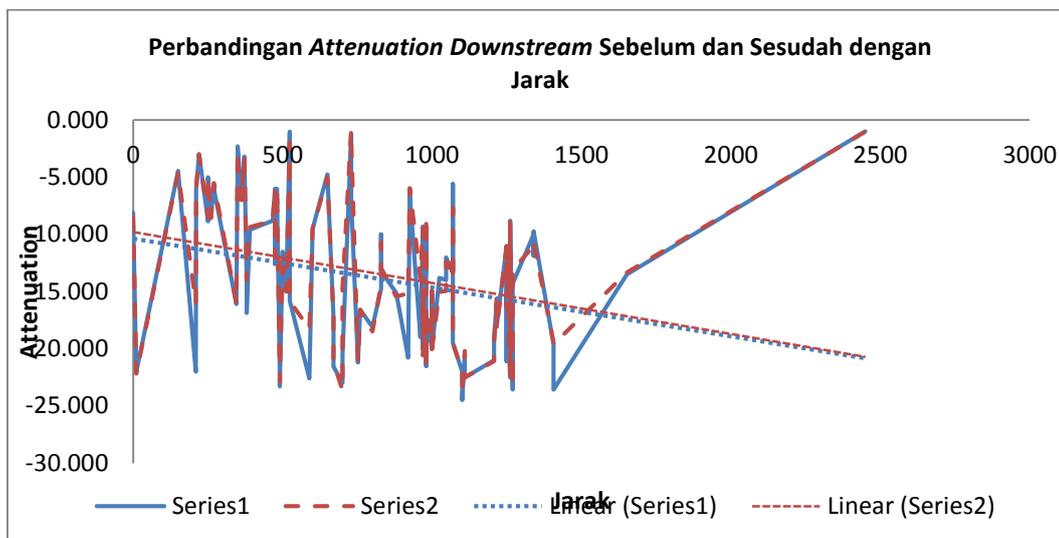
Seperti pada gambar 4 di bawah ini, grafik rata – rata nilai SNR downstream sebelum menggunakan Annex M dan sesudah menggunakan Annex M mengalami kenaikan. Berdasarkan rata-rata keseluruhan terjadi perbaikan kualitas jaringan untuk SNR downstream, karena nilai SNR downstream sebelum menggunakan Annex M lebih kecil dari pada nilai SNR downstream setelah menggunakan Annex M. Berdasarkan klasifikasinya, rata – rata nilai SNR upstream dan downstream yang dihasilkan berdasarkan hasil pengukuran masuk dalam kategori “Bagus Sekali”.



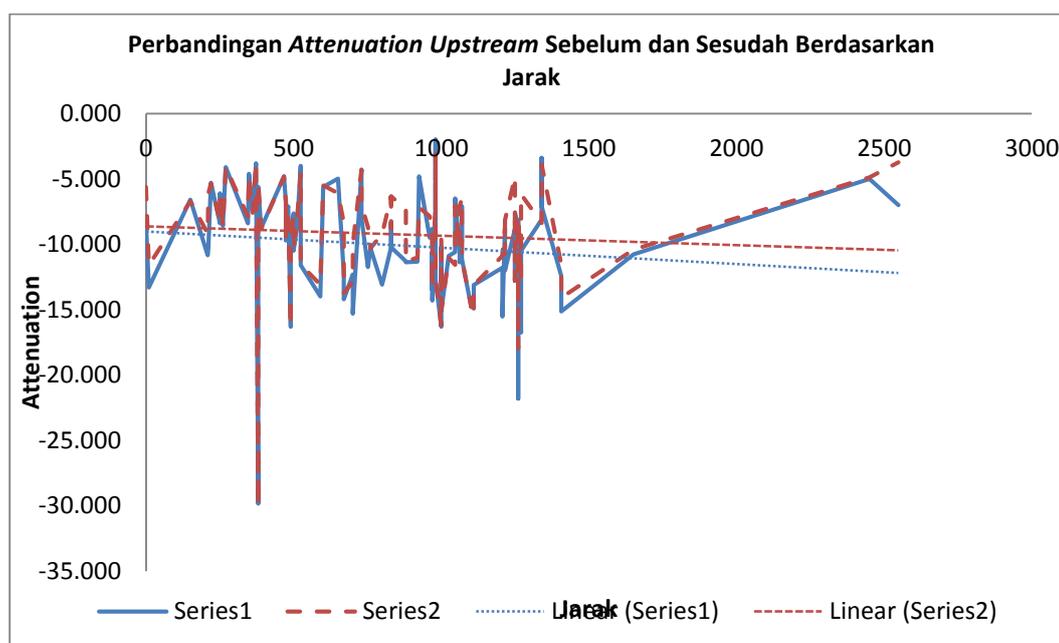
Gambar4. Grafik SNR *Downstream* Sebelum dan Sesudah Menggunakan *Annex M*

Dengan proses yang sama, yaitu menggunakan rumus (3), maka didapatkan grafik hubungan antara attenuation sisi downstream dengan jarak. Grafik Perbandingan Attenuation Downstream gambar 5 sebelum dan sesudah menggunakan Annex M dengan Jarak mengalami kenaikan nilai redaman. Berdasarkan rata-rata keseluruhan semakin jauh jarak antara MSAN dengan pelanggan, mengakibatkan redaman yang dihasilkan semakin besar. Sehingga dapat disimpulkan semakin jauh jarak antara MSAN dengan pelanggan, mengakibatkan kualitas jaringan semakin menurun. Sedangkan berdasarkan gambar 6

Grafik Perbandingan Attenuation Upstream sebelum dan Sesudah menggunakan Annex M dengan Jarak. Berdasarkan rata-rata keseluruhan semakin jauh jarak antara MSAN dengan pelanggan, mengakibatkan redaman upstream yang dihasilkan semakin besar.



Gambar5. Grafik attenuation downstream Sebelum dan Sesudah dengan jarak

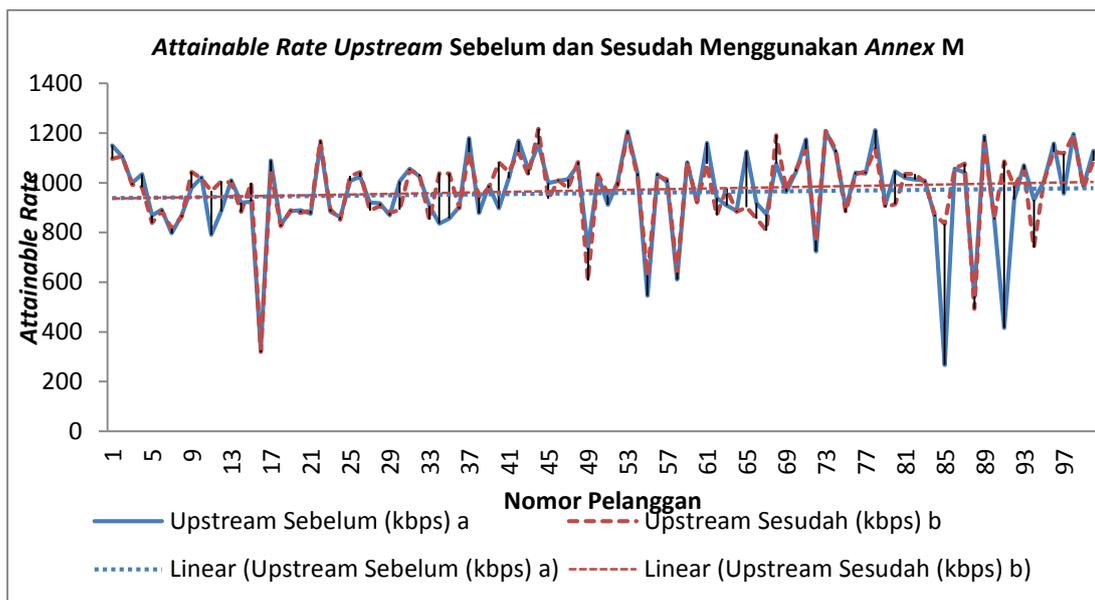


Gambar 6. Grafik attenuation *Upstream* Sebelum dan Sesudah dengan jarak

Berdasarkan gambar 7 di bawah ini, nilai rata – rata attainable rate upstream sebelum dan sesudah menggunakan Annex M mengalami kenaikan yaitu sebelum menggunakan Annex M sebesar 958,472 kbps dan sesudah menggunakan Annex M naik menjadi 970,32 kbps, dengan nilai rata – rata rasio perbandingan sebesar 3,91064%. Perbandingan nilai rasio attainable rate terendah sebesar -20,687% (pelanggan no 94) dan perbandingan nilai rasio attainable rate tertinggi sebesar 212,275% (pelanggan no 85).

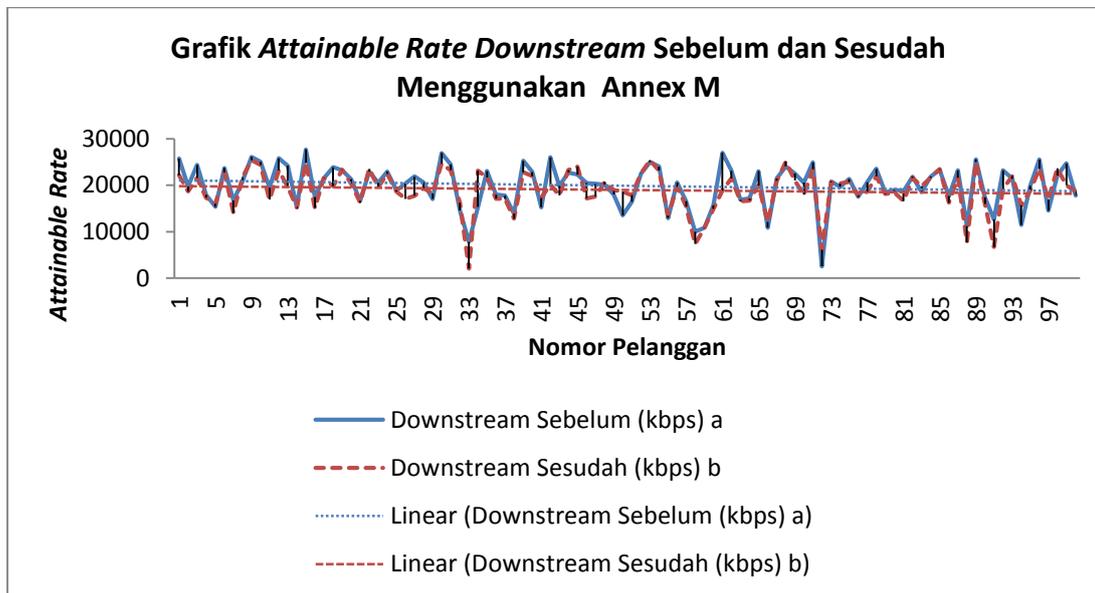
Analisis rasio perbandingan menggunakan persamaan 3.2 dan dirata – rata dari gambar 7 didapatkan sesudah menggunakan Annex M terjadi kenaikan kecepatan koneksi sebesar 3,91064%. Namun naiknya nilai attainable rate ini belum maksimal. Berdasarkan perhitungan kecepatan bandwidth maksimal upstream yang didapatkan untuk Annex M seharusnya mencapai 3Mbps, namun untuk kecepatan bandwidth maksimal yang didapatkan setelah menggunakan Annex M hanya 0,97032Mbps. Hal ini disebabkan karena biasanya standart untuk pen-settingan kecepatan bandwidth upstream untuk pelanggan biasa 1 Mbps, dan setelah dilakukan setting Annex M dengan bandwidth yang lebih besar, modem disisi pelanggan tidak support dengan bandwidth yang dimiliki Annex M, sehingga pelanggan hanya mampu mencapai bandwidth upstream

maksimal 1 Mbps. Sedangkan untuk grafik perbandingan rasio attainable rate upstream dapat dilihat pada gambar 4.7 dibawah ini.



Gambar7. Grafik *Attainable Rate Upstream* Sebelum dan Sesudah Menggunakan *Annex M*

Pada gambar 8 merupakan grafik *Attainable Rate Downstream* sebelum dan sesudah menggunakan *Annex M*. *Attainable Rate* merupakan kapasitas bandwidth maksimal yang dapat ditransmisikan melalui jaringan. Berdasarkan gambar 8 rata – rata *attainable rate downstream* pada pelanggan sebelum menggunakan *Annex M* lebih besar dari pada setelah menggunakan *Annex M*.



Gambar8. Grafik *Attainable Rate Downstream* Sebelum dan Sesudah Menggunakan *Annex M*

3. Kesimpulan

Berdasarkan pengukuran parameter jaringan *Speedy* yang telah dilakukan terhadap kualitas jaringan dengan membandingkan penerapan sebelum menggunakan *Annex M* dengan sesudah menggunakan *Annex M* pada perangkat *Multi Service Access Node (MSAN) MRB* terhadap kebutuhan *downstream* dan *upstream* layanan data di PT. Telkom Purwokerto dengan jumlah sampel sebanyak 100 pelanggan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan parameter *Signal to Noise Ratio* (SNR) terjadi perbaikan kualitas jaringan pada parameter SNR setelah menggunakan *Annex M.*, nilai SNR *Upstream* sebelum dan sesudah menggunakan *Annex M* sebesar 34,007 dB dan 34,433 dB dengan persen rasio sebesar 10,306%, sedangkan nilai SNR *Downstream* sebelum dan sesudah menggunakan *Annex M* sebesar 39,217 dB dan 39,348 dB dengan persen rasio sebesar 3,048%.
2. Parameter *Attenuation upstream* sebelum dan sesudah menggunakan *Annex M* sebesar -8,589 dB dan -8,039 dB dengan persen rasio sebesar -13,491%. *Attenuation downstream* sebelum dan sesudah menggunakan *Annex M* sebesar -9,620 dB dan -9,5 dB dengan persen rasio 2,797 dB, sehingga terjadi perbaikan kualitas jaringan pada parameter *Attenuation* setelah menggunakan *Annex M.*
3. Parameter *Attainable Rate Upstream* sebelum dan sesudah menggunakan *Annex M* sebesar 958,472 kbps dan 970,32 dB dengan persen rasio sebesar 3,9106%, sedangkan untuk *Attainable Rate Downstream* sebelum dan sesudah menggunakan *Annex M* mengalami perubahan dalam persen rasio sebesar -3% yaitu dari 19871,885 kbps menjadi 18969,885 dB . Parameter *Attainable Rate* terjadi peningkatan kapasitas *bandwidth* maksimal yang ditransmisikan melalui jaringan untuk *upstream* setelah menggunakan *Annex M*, namun untuk *downstream* terjadi penurunan kapasitas *bandwidth* maksimal yang ditransmisikan melalui jaringan setelah menggunakan *Annex M.*

4. Daftar Pustaka

- 1) Yayasan Sandhykara Putra Telkom, 2004. *Modul Sistem Telekomunikasi*. 1st ed. Yayasan Sandhykara Putra Telkom.
- 2) Hariyadi, Cahya. *Teknik Jaringan Akses Telekomunikasi*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Ditjen MPDM Departemen Pendidikan Nasional.
- 3) Fitriani, Noor Ellysa. 2013. Laporan Tugas Akhir Analisis Pengaruh Jumlah User Aktif Terhadap Kapasitas Bandwidth Pada Perangkat Giga Byte Passive Optical Network (GPON) Studi Kasus di PT. Telkom. Purwokerto: Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom Purwokerto.
- 4) Saydam, Drs. Gouzali Bc.TT. 2006. *Sistem Telekomunikasi di Indonesia*. Bandung: CV. Alfabeta.
- 5) Zahlan, Zulkifli. 2013. Laporan Tugas Akhir Analisis Performansi Gigabit Passive Optical Network (GPON) Untuk Layanan Data Pada Operator Selular Studi Kasus di PT. Telkom Purwokerto. Purwokerto: Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom Purwokerto.
- 6) Karna, Nyoman Bogi Aditya. *Technical Documentation Telkom DIN Access*. Bandung : Institut Management Telkom.
- 7) Purbo, Onno W. 2006. *Buku Pegangan Pengguna ADSL dan Speedy*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.