

Analisis Unjuk Kerja Jaringan Gigabit Passive Optical Network (GPON) PT.Telkom Ternate

M. Zen Saifuddin, Rintania Elliyati Nuryaningsih Achmad P. Sardju

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Khairun Ternate
Jl. Pertamina kampus II Gambesi. Kec. Kota Ternate Selatan
¹amatt.memett@yahoo.com, ²rintania@gmail.com, ³mattsardju@gmail.com

Abstrak - Beragam aktifitas manusia pada saat ini menuntut adanya teknologi yang dapat membantu mempercepat, mempermudah dalam berkomunikasi. GPON adalah sebuah teknologi perangkat akses yang berbasis serat optik mampu menyalurkan *triple play service* langsung ke pelanggan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui arsitektur jaringan GPON yang telah diimplementasikan oleh PT.Telkom Ternate, serta menganalisis unjuk kerja jaringan teknologi GPON pada Kota Ternate dengan menggunakan parameter *link budget*, *rise time budget*, *signal to noise rasio* (SNR) dan *Bit Error Rate* (BER) dengan perbandingan yang berdasarkan pada standar operasi dari PT.Telkom maupun ITU-T. Dari hasil penelitian ini telah menunjukkan bahwa unjuk kerja jaringan GPON pada PT.Telkom Ternate telah memenuhi standar pada *link budget* yaitu -18,511 dBm, -16,662 dBm, -16,660 dBm untuk *downlink* sedangkan untuk *uplink* -19,457 dBm, -17,31 dBm, -18,715 dBm dan nilai standar yang ditetapkan oleh PT.Telkom -25 dBm dan ITU-T -28 dBm. Sementara *BER* baik *downlink* maupun *uplink* memiliki nilai yang sama yaitu 0 dan standar yang ditetapkan oleh PT.Telkom dan ITU-T adalah 10^{-12} . Pada *rise time budget* dan *signal to noise rasio* belum memenuhi standar operasi dari PT.Telkom dan ITU-T.

Kata kunci - GPON, *Link Budget*, *Rise Time Budget*, *Signal To Noise Rasio*, dan *BER*

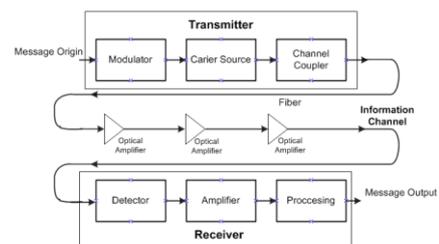
I. PENDAHULUAN

Beragam aktifitas manusia saat ini menuntut adanya teknologi yang dapat membantu mempercepat, mempermudah dalam berkomunikasi. Saluran telepon, akses data, internet, serta TV berbayar sudah bukan lagi menjadi teknologi yang asing tetapi telah menjadi kebutuhan utama masyarakat modern saat ini. Kemajuan teknologi saat ini memungkinkan kita untuk mendapatkan layanan data, video dan suara secara bersamaan melalui akses *broadband* atau yang disebut *triple play*. *Triple play services* merupakan kombinasi dari beberapa tipe layanan terdiri dari aplikasi internet, aplikasi VoIP (*Voice over Internet Protocol*) dan aplikasi video yang dapat berjalan secara bersamaan yang hanya melewati satu layanan saja namun kecepatan transfer dan *bandwith* tetap mencukupi untuk semuanya. Sebelum teknologi GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) berkembang, terlebih dahulu muncul teknologi yang bernama MSAN (*Multi Service Acces Node*).

MSAN merupakan teknologi akses data yang pada awalnya diharapkan dapat mendukung *triple play services* namun ditinggalkan karena kinerja dan fungsinya kurang optimal. Kurang optimalnya kinerja MSAN dalam pelayanan *triple play services* serta peralihan teknologi kabel tembaga menjadi kabel fiber optik sebagai media penghantar layanan menjadi alasan utama diperlukannya pembaharuan teknologi yang dapat mengatasi keterbatasan teknologi sebelumnya. GPON adalah sebuah teknologi perangkat akses terbaru berbasis fiber optik mampu menyalurkan *triple play services* lebih efektif dan langsung ke pelanggan. GPON merupakan teknologi pendukung jaringan berbasis FTTH (*Fiber To The Home*) yang dapat menghantarkan pelayanan sampai ke pelanggan menggunakan fiber optik. GPON adalah suatu teknologi akses yang dikategorikan sebagai *broadband access* berbasis serat optik. Teknologi ini memiliki peningkatan kapasitas *bandwidth* yang sangat besar karena mampu mengangkut data, video, suara dalam satu alat secara bersamaan (*triple play*).

II. Sistem Komunikasi Serat Optik

Pada umumnya sistem komunikasi serat optik terdiri dari pemancar sebagai sumber pengirim informasi, detektor penerima informasi, dan media transmisi sebagai sarana untuk melewati sinyal informasi. Pengirim bertugas untuk mengolah informasi yang akan disampaikan agar dapat dilewatkan melalui suatu media sehingga informasi tersebut dapat sampai dan diterima dengan baik dan benar ditujuan/penerima. Perangkat yang ada di penerima bertugas untuk menterjemahkan informasi kiriman tersebut sehingga maksud dari informasi dapat dimengerti.



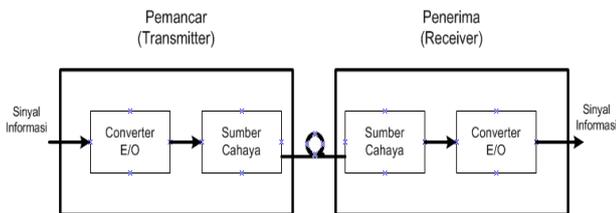
Gambar 1. Blok Diagram Sistem Komunikasi Serat Optik

1. *Message origin*, bisa berupa besaran fisik non-listrik (suara atau gambar), sehingga diperlukan *tranduser (sensor)* yang merubah *message* dari non-listrik kedalam listrik.
2. *Modulator dan Carrier Source*, memiliki dua fungsi utama, pertama merubah *message* listrik ke dalam bentuk yang sesuai, kedua menumpangkan sinyal pada gelombang yang dibangkitkan oleh *carrier source*.
3. *Cannel Coupler*, Untuk menyalurkan daya gelombang media cahaya yang termodulasi dari *carrier source* ke *information channel* (serat optik), merupakan bagian penting dari desain sistem komunikasi serat optik sebab kemungkinan *loss* yang tinggi.
4. Detektor dan amplifier berfungsi merubah sinyal optik yang diterima mejadi sinyal listrik.
5. *Message Output*

Jika keluaran yang dihasilkan dipresentasikan langsung ke pengguna, yang mendengar atau melihat informasi tersebut, maka keluaran yang masih dalam bentuk sinyal listrik harus dirubah menjadi gelombang suara atau visual image. *Tranduser (actuator)* untuk hal ini adalah *speaker* untuk *audio message* dan tabuang sinar katoda (CRT) (atau yang lainnya seperti LCD) untuk *visual image*.

A. Prinsip Dasar Sistem Transmisi Serat Optik

Prinsip dasar dari sistem komunikasi serat optik adalah pengiriman sinyal informasi dalam bentuk sinyal cahaya. Pemancar kabel serat optik dan penerima merupakan komponen dasar yang digunakan dalam sistem komunikasi serat optik. Pemancar berfungsi untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal optik, kabel serat optik berfungsi sebagai media transmisi dan penerima berfungsi untuk mengubah sinyal optik yang diterima menjadi sinyal listrik kembali. Proses pengiriman informasi yang melalui serat optik menggunakan prinsip pemantulan sinyal optik yang berupa cahaya dengan panjang gelombang tertentu (A. Sweitenia Prihadian, 2016). Secara umum, konfigurasi sistem transmisi serat optik ditunjukkan seperti gambar 2.



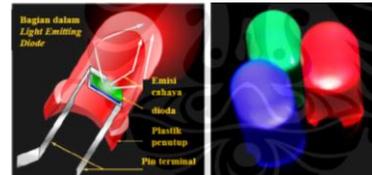
Gambar 2. Konfigurasi Sistem Transmisi Serat Optik

B. Komponen Sistem Komunikasi Serat Optik

1. Sumber Pengirim, merupakan komponen dalam sistem komunikasi serat optik yang dapat mengubah sinyal

listrik menjadi sinyal cahaya. Terdapat 2 (dua) tipe sumber pengirim optik yang digunakan untuk mengirim cahaya informasi melalui serat optik, yaitu *light emitting diode (LED)* dan *laser diode (LD)*. LED biasanya dipakai pada serat optik *multimode*, karena memiliki *spektrum* cahaya yang lebar, sedangkan LD yang memiliki *spektrum* cahaya yang lebih sempit biasanya digunakan untuk komunikasi menggunakan serat optik *single mode*. (Hilmi, 2015)

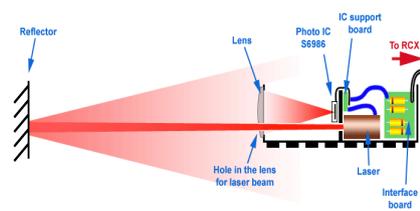
1. LED (*Light Emitting Diode*)



Gambar 3. LED (*Light Emitting Diode*)

LED adalah salah satu jenis *diode* yang dapat memancarkan cahaya ketika diberi bias maju. Pada sistem komunikasi serat optik, LED digunakan sebagai sumber media cahaya yang berfungsi sebagai *carrier*. Cahaya yang dihasilkan oleh LED diakibatkan oleh terjadinya *rekombinasi* antara elektron dengan *hole*, dimana panjang gelombang yang dihasilkan ditentukan oleh selisi pita energi konduksi dan pita energi *valensi*. Panjang gelombang ini besarnya harus sesuai dengan karakteristik dari serat optik yang digunakan, sehingga didapatkan hasil yang *optimum (loss power dan error rate yang kecil, data rate dan bandwidth yang besar)*. LED digunakan sebagai sumber optik untuk komunikasi serat optik, jenis serat optik *multimode* dengan data *rate* kurang dari 50 Mb/s (Uripno, 2012)

2. LASER (*Light Amplification By Stimulated Emmission Of Radiation*)



Gambar 4. Prinsip Kerja LASER

Laser merupakan sebuah media yang bisa mengeluarkan cahaya. Laser yang artinya cahaya yang diperkuat oleh pancaran radiasi yang terstimulasi. Jadi sinar laser dihasilkan dari sumber pancaran radiasi. Laser adalah cahaya yang memancarkan gelombang elektromagnetik melewati suatu proses yang dinamakan emisi spontan. Berkas cahaya yang dipancarkan tidak menyebar dan rentang frekuensinya sempit. Daerah kerja laser tidak terbatas pada spektrum cahaya tampak saja tetapi dapat bekerja pada daerah frekuensi yang luas, berupa laser *infrared*, laser *ultra violet*,

laser X-ray. Secara umum laser terdiri dari media penguat berkas cahaya (*gain medium*), sumber energi pemompa (*pumping source*), dan *resonator* optik (*optical resonator*) (Wadhana, Setijono, and Sc, 2012).

2. Detektor Penerima

Detektor optik berfungsi sebagai penerima dalam sistem komunikasi optik. Sebuah detektor optik atau *photodetector* adalah kebalikan dari apa yang dikerjakan oleh bagian pengirim, yaitu sumber optik. Detektor optik dapat menghasilkan gelombang sesuai aslinya dengan meminimalisasi *loses* yang timbul selama perambatan sehingga dapat menghasilkan sinyal elektrik yang maksimum dengan daya optik yang kecil.

3. Konektor Serat Optik

Konektor optik merupakan salah satu perlengkapan kabel serat optik yang berfungsi sebagai penghubung serat. Konektor ini mirip dengan konektor listrik dalam hal fungsi dan tampilan luar tetapi konektor pada serat optik memiliki ketelitian yang lebih tinggi. Konektor diperlukan apa bila sewaktu-waktu serat akan dilepas saat diperlukan suatu penggantian *transmitter* atau *receiver* maupun untuk melakukan suatu kegiatan perawatan maupun pengukuran (Uripno, 2012).



Gambar 5. Konektor Serat Optik

4. Kabel Serat Optik

Serat optik adalah sebuah kaca murni yang panjang dan tipis serta berdiameter sangat kecil (*mikron*). Serat optik menggunakan prinsip pemantulan sempurna dengan membuat kedua indeks bias dari *core* dan *cladding* berbeda, sehingga cahaya (informasi) dapat memantul dan merambat di dalamnya. Struktur bagian serat optik terdiri dari *core*, *cladding* dan *coating*.



Gambar 6. Struktur Bagian Serat Optik

- **Core** (Inti) Bagian yang paling utama dinamakan bagian inti, dimana gelombang cahaya yang dikirimkan akan merambat dan mempunyai indeks bias lebih besar dari lapisan kedua. Terbuat dari kaca (*glass*) yang berdiameter antara 2 μm 125 μm , dalam hal ini tergantung dari jenis serat optiknya.
- **Cladding** (Selubung) berfungsi sebagai cermin yaitu memantulkan cahaya agar dapat merambat ke ujung

lainnya. Dengan adanya *cladding* ini cahaya dapat merambat dalam *core* serat optik. *Cladding* terbuat dari bahan gelas dengan indeks bias yang lebih kecil dari *core*. *Cladding* merupakan selubung dari *core*. Diameter *cladding* antara 5 μm – 250 μm . Hubungan indeks bias antara *core* dan *cladding* akan mempengaruhi perambatan cahaya pada *core* (mempengaruhi besarnya sudut kritis).

- **Coating** (Jaket) berfungsi sebagai pelindung mekanis pada serat optik dan terbuat dari bahan plastik. Berfungsi untuk melindungi serat optik dari kerusakan.

C. Arsitektur Jaringan Serat Optik

1. FTTB (*Fiber To The Building*)

Merupakan arsitektur jaringan serat optik yang dibuat sampai pada gedung bertingkat selanjutnya didistribusikan kemasing-masing ruangan kabel. TKO (*Titik Konversi Optik*) terletak didalam gedung dan biasanya terletak pada ruangan telekomunikasi. Kemudian terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel *indoor*. FTTB diterapkan bagi para pelanggan bisnis atau pelanggan yang berada di apartemen.

2. FTTC (*Fiber To The Curb*)

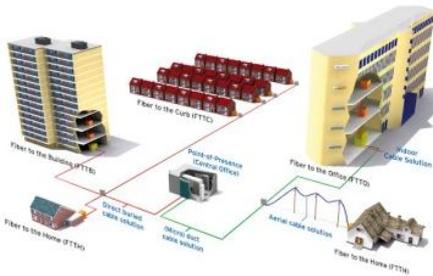
FTTC, adalah arsitektur jaringan serat optik yang dibuat sampai pada perindustrian. Dari *Curb* sampai keruma-rumah digunakan koneksi tembaga. *Curb* biasanya melayani 8 hingga 24 pelanggan. FTTC dapat ditempatkan bagi pelanggan bisnis yang letaknya terkumpul pada area terbatas dan tidak bertingkat.

3. FTTN (*Fiber To The Node/Naightbohood*)

Adalah jaringan yang dibuat sampai pada suatu titik yang berupa kabinet yang terletak dipinggir jalan sehingga disebut juga FTTCab. Jarak antara titik perindustrian dengan pelanggan pada FTTN lebih jauh dari FTTC. Serta jumlah pelanggan yang bisa dilayani hingga mencapai ratusan pelanggan walaupun FTTN menggunakan kabel tembaga untuk dikoneksikan kerumah-rumah.

4. FTTH (*Fiber To The Home*)

FTTH adalah jaringan optik yang sepenuhnya dari pusat penyedia (*provider*) ke kawasan pelanggan menggunakan serat optik sebagai media penghantar. Jarak antara pusat layanan dan pelanggan adalah maksimal 20 km. perkembangan teknologi ini tidak terlepas dari perkembangan pergantian kabel tembaga serta didorong untuk mendapatkan layanan yang dikenal dengan istilah *Triple play services*, yaitu layanan internet, suara serta video dalam satu infrastruktur pelanggan.



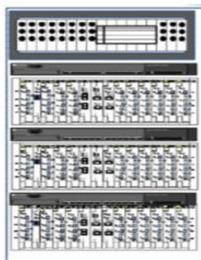
Gambar 7. Arsitektur Jaringan Serat Optik

D. Gigabit Passive Optical Network (GPON)

GPON adalah teknologi jaringan optik berbasis *Passive Optical Network (PON)* yang distandarisi oleh ITU-T. G.984. GPON mampu memberikan layanan dengan kecepatan 2,4.Gbps *Downstream* dan 1,2 untuk *Upstream*. Jarak antara OLT (*Optical Line Terminal*) dengan ONT (*Optical Network Terminal*) mencapai 20 km. Ciri khas dari teknologi ini dibanding teknologi optik lainnya semacam SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) adalah teknik distribusi *traffic* nya dilakukan secara pasif. Dari sentral hingga ke arah *subscriber* akan didistribusikan menggunakan pasif *splitter* (1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, 1:64, 1:128) (Fakhri and Vinaldo, 2012).

A. Komponen GPON

1. *Network Management System (NMS)*, Merupakan perangkat lunak yang berfungsi mengontrol dan mengkonfigurasi perangkat pada GPON. Konfigurasi yang dapat dilakukan oleh NMS adalah OLT dan ONT. Selain itu dapat mengatur layanan GPON seperti video, VoIP dan IPTV. NMS menggunakan program *Windows* yang bersifat GUI (*Graffic Unit Interface*) maupun *command line* NMS memiliki jalur langsung pada OLT, sehingga dapat memonitoring dari jarak jauh. Letak NMS berdekatan dengan OLT namun berbeda ruangan.
2. *Optical Line Terminataion (OLT)*, merupakan penyedia layanan data, video, dan jaringan telepon serta membuat *link* ke sistem operasi penyedia layanan melalui NMS. OLT juga berfungsi mengubah sinyal elektrik menjadi sinyal optik dan sebagai *multiplexer*.



Gambar 8. Perangkat OLT

3. *Optical Distribution Cabinet (ODC)*, merupakan komponen jaringan optik yang menyediakan sarana (*transmisi*) dari OLT terhadap pengguna atau sebaliknya. OLT menggunakan komponen optik pasif yang diinstalasi diluar STO bisa dilapangan maupun didalam ruangan yang mempunyai fungsi sebagai berikut :
 - a. Sebagai titik *terminasi* ujung kabel *feeder* dan perangkat kabel distribusi
 - b. Sebagai titik *distribusi* kabel dari kapasitas besar menjadi beberapa kabel yang kapasitasnya lebih kecil.
 - c. Tempat *splitter*
 - d. Tempat penyambungan



Gambar 9. Perangkat ODC

ODC menyediakan peralatan *transmisi* antara OLT dan ONT antara lain sebagai berikut :

1. Konektor, merupakan salah satu perlengkapan yang terdapat pada ujung dari serat optik yang terhubung langsung pada perangkat yang berfungsi sebagai penghujung serat yang dipasang pada ODC, ODP ONT. Dalam operasinya konektor mengelilingi serat kecil sehingga cahayanya terbawa secara bersama-sama tepat pada inti dan searah dengan serat lainnya. Konektor memiliki beberapa jenis diantaranya :
 - a. *Fiber Connector (FC)*, digunakan pada *single mode* yang akurasiya sangat tinggi dalam menghubungkan kabel dengan *transmitter* maupun *receiver*. Konektor ini menggunakan drat ulir dengan posisi yang dapat diatur sehingga ketika dipasangkan keperangkat lain akurasiya tidak berubah.
 - b. *Subscriber Connector (SC)*, digunakan pada *single mode* dengan sistem cabut pasang dan dapat diatur secara manual serta akurasiya baik ketika dipasangkan keperangkat
 - c. *Straight Tip (ST)*, adalah konektor yang digunakan pada *single mode* maupun *multi mode* dan sangat muda digunakan baik dicabut maupun dipasang.



Gambar 10. Konektor optik

2. *Splitter*, merupakan komponen pasif yang berfungsi untuk membagi informasi sinyal optik, kapasitas distribusinya bermacam-macam yaitu : 1:2, 1:4, 1:16, 1:32, 1:64 dan ada juga yang inputnya 2 seperti 2:16, dan 2:32



Gambar 11. Splitter

4. *Optical Distribution Point (ODP)*, Adalah perangkat keras yang berfungsi sebagai tempat instalasi sambungan jaringan optik *single mode* terutama untuk menghubungkan kabel serat optik. Perangkat ODP berisi *optical pigtail*, *connector*, dan *splitter*. ODP dapat melindungi sambungan serat optik dan membagi satu *core* menjadi beberapa *core* guna keperluan pelanggan.



Gambar 12. Perangkat ODP

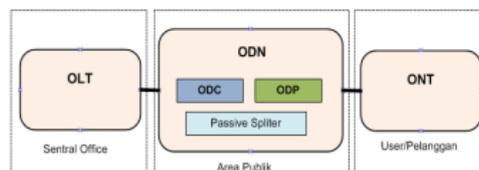
5. *Optical Network Termination/Unit (ONT/ONU)* Perangkat ONU menyediakan *interface* antara jaringan optik dengan pelanggan. Sinyal ditransmisikan melalui ODP dan diubah oleh ONT menjadi sinyal elektrik yang diperlukan oleh pelanggan. ONT diletakan pada sisi pelanggan.



Gambar 13. Perangkat ONU/ONT

B. Konfigurasi GPON

Sistem GPON yang dimiliki PT. Telkom menggunakan isyarat optik dengan panjang gelombang 1490 nm dari metro yang berada disetiap *Sentral Telepon Otomat (STO)* untuk *Downstream* dan isyarat optik dengan panjang gelombang 1310 nm dari metro untuk *Upstream* yang digunakan untuk mengirim data dan suara. Sedangkan layanan video dikonversi dahulu ke format optik dengan panjang gelombang 1550 nm oleh optik pemancar video (*optical video transmitter*). Isyarat optik 1550 nm dan 1490 nm ini digabungkan oleh penggabung (*coupler*) dan ditransmisikan ke pelanggan secara bersama. Sehingga dapat dikatakan, tiga panjang gelombang ini membawa informasi yang berbeda secara bersamaan dan dalam berbagai arah pada satu kabel serat optik yang sama.



Gambar 14. Konfigurasi Teknologi GPON

C. Parameter kinerja sistem

Dalam mengevaluasi dan menilai *performansi* atau unjuk kerja dari suatu jaringan dalam mengirimkan sinyal dari pengirim hingga sampai pada pelanggan masih baik atau tidak maka perlu dilakukan perhitungan dengan menggunakan parameter kinerja sistem diantaranya adalah sebagai berikut : (Prawira et al, 2014)

1. Link Power Budget

Link power budget merupakan metode perhitungan dengan tujuan menghitung besaran daya yang diperlukan sehingga level daya yang diterima tidak kurang dari level daya minimum agar dapat dideteksi oleh penerima. Persamaan daya dapat dituliskan

$$\alpha_{tot} = L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + Sp \dots\dots\dots (2.1)$$

Bentuk persamaan untuk perhitungan margin daya adalah :

$$M = (Pt - Pr) - \alpha_{tot} - SM \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

- Pt = Daya keluaran sumber optik (dBm)
- Pr = *Sensitivitas* daya maksimum *detektor* (dBm)
- SM = *Safety* margin, berkisar 3-5 dB
- α_{tot} = Redaman Total sistem (dB)
- L = Panjang serat optik (Km)
- α_c = Redaman Konektor (dB/buah)
- α_s = Redaman sambungan (dB/sambungan)
- α_{serat} = Redaman serat optik (dB/ Km)
- Ns = Jumlah sambungan
- Nc = Jumlah konektor
- Sp = Redaman *Splitter* (dB)

2. Rise Time Budget

Rise time budget merupakan metode untuk menentukan batasan dispersi suatu link serat optik. Umumnya degradasi total waktu transisi dari link digital tidak melebihi 70 persen dari satu periode bit NRZ (Non-return-to-zero) atau 35 persen dari satu periode bit untuk data RZ (return-to-zero). Untuk menghitung Rise Time budget dapat dihitung dengan rumus :

$$t_{total} = (t_{tx}^2 + t_{intermodal}^2 + t_{intra modal}^2 + t_{rx}^2)^{1/2} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

- t_{tx} = Rise time transmitter (ns)
- t_{rx} = Rise time receiver (ns)
- $t_{intermodal}$ = bernilai nol (untuk single mode)
- $t_{intra modal}$ = $t_{material} + t_{waveguide}$
- $t_{material}$ = $\Delta\sigma \times L \times Dm$
- $t_{waveguide}$ = $\frac{L}{c} [n_2 + n_2\Delta d(\frac{vb}{dv})]$
- Δ_s = $\frac{(n1-n2)}{n1}$
- V = $(\frac{2\pi}{\lambda} \times ax \ n1 + 2x\Delta s)^{1/2}$
- u_c = $2V^{1/2}$
- $d(\frac{vb}{dv})$ = $1 + (\frac{u_c^2}{v^2})$
- $\Delta\sigma$ = Lebar Spektral (nm)
- L = Panjang serat optik (Km)
- Dm = Dispersi Material (ps/nm.Km)
- $n1$ = indeks bias inti
- $n2$ = Indeks bias selubung
- a = Jari-jari inti 4,5 μm
- c = kecepatan rambat cahaya 3×10^8

3. Signal to Noise Ratio (SNR)

Signal to Noise Ratio (SNR) merupakan perbandingan daya sinyal terhadap daya noise pada satu titik yang sama.

$$SNR = \frac{Signal\ Power}{Shot\ noise\ Power + amplifier\ noise\ power} \dots\dots\dots(2.4)$$

1. Daya Sinyal (Signal power), Daya sinyal merupakan kuat daya sinyal yang diterima pada receiver. Besar daya sinyal di penerima ditujukan dengan persamaan berikut:

$$Signal\ Power = 2[P_{opt} (\frac{mq}{hv})] M^2 \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

- P_{opt} = Daya Sinyal yang diterima detektor (W)
- q = Muatan elektron ($1,6 \times 10^{-19}$ C)
- η = efisiensi quantum
- h = konstanta plank (6.625)
- M = Tambahan daya sinyal yang terdapat pada detektor jika yang digunakan adalah APD
- hv = energi photon
- $R = \eta q/hv = 0,85$ A/W

2. Dark current, adalah arus gelap yaitu arus balik/arus kecil yang mengalir melalui (reverse bias diode). Arus gelap terjadi pada setiap diode yang kedapatan memiliki arus bocor balik.

$$Noise\ dark\ current = 2 q_i p B \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

- q = muatan elektron ($1,6 \times 10^{-19}$ C)
- i_D = arus gelap (0,85 A)
- B = bandwidth detektor cahaya ($0,5 \times 10^9$ Hz)

3. Thermal Noise, Derau termal adalah arus yang berasal dari struktur gerak acak elektron bebas pada komponen-komponen elektronik.

$$Thermal\ Noise = \frac{4kTeffB}{R1} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

- k = Konstanta Boltzman (J/K) = $1,38 \times 10^{-23}$ J^oK
- B = bandwidth detektor cahaya (Hz)
- $Teff$ = effective noise temperatur (°K)
- $R1$ = equivalent resistance (Ω)

4. Derau tembakan/tumbukan (Shot Noise), Derau tembakan terjadi karena adanya ketidaklinearan pada sistem.

$$Shot\ Noise = 2q (2 Popt \frac{mq}{hv}) BM^2 F(M) \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

$F(M)$ = noise figure, menunjukkan kebaikan penguat dalam memproses sinyal pada sistem komunikasi serat optik

5. Bit Error Rate (BER) BER merupakan laju kesalahan bit yang terjadi dalam mentransmisikan sinyal digital. Dimana BER dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$(S/N) = 20 \text{ Log } 2Q \dots\dots\dots(2.9)$$

Sehingga diperoleh nilai pendekatan:

$$BER = Pe(Q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{e^{-\frac{Q}{2}}}{Q} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

- Q = Quantum noise
- Pe = Probability Error

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan pada PT.Telkom Ternate Maluku Utara beralamat di jalan kalumpang Kec. Kota Ternate Utara. Dan dilaksanakan pada tanggal 26 Oktober 2016

B. Tahapan penelitian

1. Pengambilan data, Melakukan pengamatan langsung terhadap jaringan yang digunakan untuk layanan triple play yaitu jaringan GPON dilokasi penelitian, melakukan wawancara untuk mendapatkan informasi.
2. Lokasi pengukuran, Pengukuran dilakukan pada area Ternate Utara, Ternate Tengah dan Ternate Selatan. Peneliti melakukan pengukuran dengan beberapa parameter diantaranya :
 1. Redaman konektor dari OLT – ONT
 2. Redaman penyambungan pada core (inti serat)
 3. Redaman serat optik

3. Analisa

Melakukan analisa pada hasil pengukuran dengan menggunakan parameter-paramter berikut :

- a. *Link power budget*
- b. *Rise time budget*
- c. *Signal To Noise Ratio (SNR)*
- d. *Bit Error Rate (BER)*

4. Alat dan bahan

Pada penelitian ini, peneliti melakukan pengambilan data pengukuran dengan menggunakan alat dan bahan sebagai berikut:

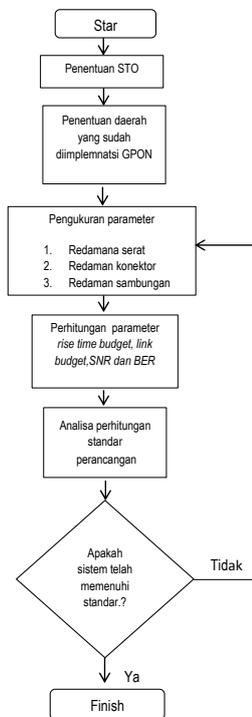
- 1. Optical power meter



Gambar 14. Optical Power Meter

- 2. Kabel serat optik
- 3. Konektor atau penghubung
- 4. Splitter

5. Prosedur penelitian



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data penelitian

Data penelitian digunakan untuk melakukan perhitungan dengan beberapa parameter tujuannya menganalisa jaringan GPON yang telah dioperasikan oleh PT.Telkom Ternate.

1. Optical Line Terminal (OLT)

OLT yang digunakan dalam perancangan sesuai dengan standar ITU-T G.984 dan direkomendasikan oleh PT.Telkom Ternate.

Tabel 1. Spesifikasi perangkat OLT

Parameter	Spesifikasi	Unit
<i>Optical transmit power</i>	1,5 – 5	dBm
<i>Downlink Wavelength</i>	1490	nm
<i>Uplink Wavelength</i>	1310	nm
<i>Video Wavelength</i>	1550	nm
<i>Spectrum width</i>	1	nm
<i>Downstream rate</i>	2,4	Gbps
<i>Upstream rate</i>	1,2	Gbps
<i>Optical Rise Time</i>	160	Ps

Sumber PT.Telkom Ternate

2. Optical Network Terminal (ONT)

ONT memiliki laju *downstream* sebesar 2,4 Gbps dan laju *upstream* sebesar 1,2 Gbps.

Tabel 2. Spesifikasi ONT

Parameter	Spesifikasi	Unit
<i>Downstream rate</i>	2,4	Gbps
<i>Upstream rate</i>	1,2	Gbps
<i>Downlink Wavelength</i>	1490	nm
<i>Uplink Wavelength</i>	1310	nm
<i>Video Wavelength</i>	1550	nm
<i>Spectrum width</i>	1	nm
<i>Optical Rise Time</i>	160	ps

Sumber : PT.Telkom Ternate

3. Kabel serta optik

Serat optik yang digunakan sesuai dengan standar ITU-T G.652.D dan G.657.A. serat optik G.652.D digunakan untuk kabel *feeder* dan kabel distribusi. Rugi-rugi kabel serat optik G.652.D dan G.657.A pada panjang gelombang 1310 nm sebesar 0,35 dB/km dan panjang gelombang 1490 nm sebesar 0,35 dB/km.

4. Konektor

Konektor yang digunakan adalah konektor SC/UPC. Konektor SC digunakan pada bagian OLT sampai ONT dengan *loss* sebesar 0,25 dB. Terdapat 14 buah konektor SC/UPC. Peletakan konektor antara lain, 1 buah di OLT, 4 buah di ODF, 3 buah di ODC, 3 buah di ODP, 2 buah di *roset* serta 1 buah pada ONT.

5. Sambungan

Sambungan dilakukan dari OLT sampai ONT menggunakan sambungan permanen (sambungan fusi). Rugi-rugi sambungan sebesar 0,05 dB. Sambungan terdapat pada kabel *feeder* kabel distribusi dan kabel drop.

6. Splitter

Splitter yang digunakan ada dua tipe yaitu *splitter* 1:4 yang diletakan pada ODC dengan *loss* 7,25 dB dan *splitter* 1:8 yang diletakan pada ODP dengan *loss* sebesar 10,28 dB.

Tabel 3. Jumlah perangkat pada PT.Telkom Ternate

Perangkat	Jenis	Jumlah
OLT	Z32080	1 unit
ODC	ODC-GGK-FBB	3 unit
ODP		12 unit
ONT		24 unit
SPLITTER	1:4	2 unit
	1:8	24 unit
Kabel serat optik	G.652.D/G657.A	

Sumber PT. Telkom Ternate

Tabel 4. Pelanggan, Redaman serat, konektor, redaman sambungan dan *splitter*

No	Link	Redaman Serat, konektor, jumlah sambungan, jumlah konektor dan <i>splitter</i>					
		L Total (Km)	J. Konektor (Nc)	R. Konektor (cc)	J. Sambungan (Ns)	R. Splicer (dB)	Spitter
Ternate Utara							
1	FAJ.10	5,975	6	0,25	6	0,1	1:4 /1:8
2	FAJ.08	6,252	6	0,25	6	0,2	1:4/1:8
3	FAJ.07	6,144	6	0,25	6	0,2	1:4/1:8
4	FAJ.07	6,149	6	0,25	6	0,1	1:4/1:8
5	FAK.09	5,149	6	0,25	6	0,1	1:4/1:8
6	FAK.04	4,507	6	0,25	6	0,2	1:4/1:8
7	FAH.01	4,474	6	0,25	6	0,1	1:4/1:8
8	FAH.02	4,718	6	0,25	6	0,2	1:4/1:8
Ternate Tengah							
9	TNT.07	1,847	6	0,25	6	0,1	1:4 /1:8
10	TNT.02	1,854	6	0,25	6	0,2	1:4/1:8
11	TNT.03	1,943	6	0,25	6	0,2	1:4/1:8
12	TNT.04	2,923	6	0,25	6	0,1	1:4/1:8
13	TNT.05	2,345	6	0,25	6	0,1	1:4/1:8
14	TNT.06	2,615	6	0,25	6	0,1	1:4/1:8
15	TNT.01	2,752	6	0,25	6	0,1	1:4/1:8
16	TNT.08	2,178	6	0,25	6	0,2	1:4/1:8
17	TNT.09	2,536	6	0,25	6	0,1	1:4/1:8
18	TNT.10	2,956	6	0,25	6	0,1	1:4/1:8
Ternate Selatan							
19	FAG.11	5,034	6	0,25	6	0,2	1:4/1:8
20	FAG.12	3,775	6	0,25	6	0,1	1:4/1:8
21	FAB.11	4,722	6	0,25	6	0,1	1:4/1:8
22	FAG.10	4,737	6	0,25	6	0,2	1:4/1:8
23	FAB.04	4,702	6	0,25	6	0,2	1:4/1:8
24	FAA.12	3,257	6	0,25	6	0,1	1:4/1:8

Tabel 5. Hasil Pengukuran Link Budget

No	Link	Downlink 1490 nm					Uplink 1310 nm			
		L (Km)	P _{TX} (dBm)	P _{RX} (dBm)	P _{TX} (mW)	P _{RX} (mW)	P _{TX} (dBm)	P _{RX} (dBm)	P _{TX} (mW)	P _{RX} (mW)
1	FAJ.10	5,957	3,391	-18,589	18,589	0,013867	2,364	-18,358	18,358	0,014621
2	TNT.01	2,752	3,431	-24,227	24,227	0,003786	2,413	-24,560	24,560	0,03499
3	FAG.12	3,775	3,310	-21,934	21,934	0,006412	2,336	-16,516	16,516	0,2233

Tabel 6. Hasil perhitungan Link Budget

No	Link	Downlink 1490 nm					Uplink 1310 nm			
		L (Km)	α _{tot} (dB)	P _{TX} (dBm)	P _{RX} (dBm)	M (dBm)	α _{tot} (dB)	P _{TX} (dBm)	P _{RX} (dBm)	M (dBm)
1	FAJ.10	5,957	21,821	3,310	-18,511	1,489	21,821	2,364	-19,457	1,543
2	TNT.01	2,752	20,093	3,431	-16,662	3,248	20,093	2,783	-17,31	2,69
3	FAG.12	3,775	21,051	3,391	-16,660	3,34	21,051	2,336	-18,715	1,285

Tabel 7. Hasil perhitungan Rise Time Budget

No	Downlink			Uplink		
	tr (ns)	T _{total} (ns)	Max	tr (ns)	T _{total} (ns)	Max
FAJ.10	0,2916	0,2466	0,292	0,5833	0,2875	0,335
TNT.01	0,2916	0,5149		0,5833	0,7008	
FAG.12	0,2916	0,1226		0,5833	0,0744	

Tabel 8. Hasil perhitungan Signal to Noise Rasio (SNR)

No	Link	S/N Perhitungan		BER. Perhitungan		STANDAR BER/SNR	
		Downlink (dB)	Uplink (dB)	Downlink	Uplink	TELKOM	ITU-T
1	FAJ.10	4,345	8,061	0,04	0,04	BER 10 ⁻¹² SNR 21,5 dB	BER 10 ⁻¹² SNR 21,5 dB
2	TNT.01	13,43	10,322	0,013	0,09		
3	FAG.12	13,92	24,90	0,13	0,4		

B. Analisis hasil perhitungan

Analisis hasil perhitungan dimaksudkan untuk mengetahui apakah unjuk kerja dari sistem jaringan Teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) Pada PT.Telkom Ternate yang telah di implementasikan sudah sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan atau tidak. Analisis berdasarkan hasil perhitungan disetiap *link* yang telah dilakukan proses perhitungan dengan beberapa parameter diantaranya *Link Budget*, *Rise Time Budget Signal To Nois Ratio* dan *Bit Error Rite* (BER).

1. Analisis hasil perhitungan *Link Budget*

Dari hasil perhitungan pada *Link Budget*, pada FAJ.10 Ternate Utara dengan No.ID 172324801425@telkom.net. Jarak total kabel 5,957 km, dan nilai P_{RX} pada hasil perhitungan sebesar -18,511 dB sementara pada hasil pengukuran nilai P_{RX} adalah -18,589 dB pada sisi *downlink*. Pada sisi *uplink*, nilai P_{RX} perhitungan sebesar -19,457 dB dan nilai P_{RX} pengukuran sebesar -18,589 dB. Pada TNT.01 Ternate Tengah, dengan No.ID. 172324801270@telkom.net nilai P_{RX} pengukuran sebesar -24,227 dB dan nilai P_{RX}

perhitungan sebesar -18,511 dB pada arah *downlink* sementara pada arah *uplink*, nilai P_{RX} pengukuran adalah -24,560 dB. FAG.12 Ternate Selatan dengan No.ID. 172324500392@telkom.net nilai P_{RX} pengukuran sebesar -21,934 dB dan P_{RX} perhitungan -16,660 dB arah *downlink* dan P_{RX} pengukuran sebesar -18,358 dB dan P_{RX} perhitungan sebesar -18,715 dB. Nilai α_{tot} dari masing-masing baik *downlink* maupun *uplink* lebih kecil dari standar yang ditetapkan. Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa ketiga *link* tersebut telah memenuhi standar *link budget* yang telah ditetapkan baik dari PT.Telkom maupun standar ITU-T. untuk PT.Telkom nilai α_{tot} maksimum sebesar 25 dB dan ITU-T sebesar 28 dB, dan dengan P_{RX} yang masih berada pada batas sensitivitas penerima yaitu antara (-23-25 dBm).

2. Analisis hasil perhitungan *Rise Time Budget*

Rise Time Budget adalah metode perhitungan yang dilakukan untuk menentukan suatu batasan dispersi sinyal pada sistem komunikasi serat optik. Dari hasil perhitungan diperoleh total *Rise Time Budget* untuk FAJ.10.Ternate Utara, pada arah *downlink* sebesar 0,2466 ns dan arah *uplink* sebesar 0,2875 ns. Dan TNT.10 Ternate Tengah, memiliki *Rise Time* total sebesar 0,5149 ns pada arah *downlink* dan 0,7008 ns pada arah *uplink*. Sementara pada FAG.10 Ternate Selatan, nilai *rise time* totalnya adalah 0,1246 ns pada arah *downlink* dan pada *uplink* sebesar 0,0744. Jika kita bandingkan dengan nilai pada pengkodean NZR maka terdapat perbedaan terutama pada ONT.01 nilai pada pengkodean NRZ arah *downlink* sebesar 0,292 ns. perbedaan tersebut terjadi karena beberapa faktor terutama pada bentangan kabel serat kurang baik. Namun pada FAG.12 dan FAJ.10, nilai *rise time* totalnya masih berada dibawah/lebih kecil dari NRZ. Sementara pada arah *uplink* nilai *rise time* total adalah 0,335 ns. Dan hasil perhitungan didapatkan nilai *rise time* total pada FAJ.10 sebesar 0,2875 ns, TNT.01. 0,7008 ns dan FAG.12 sebesar 0,0744 ns. Dan permasalahan yang sama terjadi pada TNT.01 yang memiliki nilai lebih besar dari nilai *rise time* total yaitu 0,030 ns. Jadi dapat dikatakan bahwa *rise time* total dari ketiga pelanggan hanya pada FAJ.10. dan FAG.12 yang sudah memenuhi standar, sementara pada TNT.01 tidak memenuhi standar yang ditetapkan.

3. Analisis hasil perhitungan *Signal to Noise Ratio (SNR)*

Berdasarkan pada hasil perhitungan diatas, SNR dengan menggunakan persamaan (2.4 – 2.10) FAJ.10 Ternate Utara, dengan No.ID172324801425@telkom.net mempunyai nilai SNR pada arah *downlink* yaitu 4,345 dB, arah *uplink* 8,061 dB. BER *downlink* 0,04 dan *uplink* 0,04. Untuk TNT.01 Ternate Tengah dengan No.ID. No.ID.172324801270@telkom.net. Nilai SNR pada arah *downlink* sebesar 13,43 dB sementara pada arah *uplink* nilai SNR sebesar 10,322 dB dan BER *downlink* 0,013, BER *uplink* 0,09. FAG.12, nilai SNR *downlink* yaitu 13,92 dB, *uplink* sebesar 24,90 dB. Sedangkan nilai BER untuk *downlink* 0,13 dan *uplink* 0,4.

Secara teoritis dikatakan bahwa Semakin tinggi nilai SNR maka semakin baik kualitas performansi jaringan. Dari hasil pengukuran pada SNR dapat dikatakan bahwa sistem jaringan yang di implementasikan nilai SNRnya berada dibawah dari nilai standar yang ditetapkan. hanya pada FAG.12 Ternate Selatan mempunyai nilai SNR pada arah *uplink* yang berada di atas standar yang ditetapkan yaitu 24,90 dB. sementara nilai BER untuk FAJ.10. *downlink* 0,04 *uplink* 0,04, TNT.01. BER *downlink* sebesar 0,013, dan *uplink* 0,09. Pada FAG.12, nilai BER *downlink* sebesar 0,13 dan *uplink* sebesar 0,4. PT.Telkom memiliki standar sistim SNR untuk komunikasi serat optik minimal 21,5 dB dan BER maksimal adalah 10^{-12} , namun nilai BER dari masing-masingnya 0.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka penulis dapat menyimpulkan beberapa hal diantaranya adalah sebagai berikut:

- 1) Sistem telah memenuhi syarat *link power budget* karena berdasarkan perhitungan pada 3 pelanggan didapatkan nilai daya pada panjang gelombang 1490 nm, Prx yaitu -16,660 dBm dan panjang gelombang 1310 nm Prx sebesar -18,715 dBm untuk pelanggan pada Ternate Selatan. sedangkan pelanggan pada Ternate Tengah Prx 1490 nm yaitu -16,662 dBm dan Prx 1310 nm -17,31 dBm. Sementara pelanggan pada Ternate Utara Prx 1490 nm yaitu -18,511 dBm dan Prx 1310 nm -19,457 dBm. Sedangkan standar Telkom -25 dbm dan ITU-T -28 dBm.
- 2) Dari hasil perhitungan *rise time budget* didapatkan *rise time* total dari FAJ.10, Ternate Utara dan FAG.12 Ternate Selatan yang sudah memenuhi standar yang ditetapkan. Sedangkan pada TNT.01 Ternate Tengah, nilai *rise time* total baik *uplink* maupun *downlink* lebih besar dari standar yang ditetapkan oleh PT.Telkom dan ITU-T yaitu 0,292 untuk *downlink* dan 0,335 untuk *uplink*.
- 3) Dari hasil perhitungan dan analisa SNR, hanya FAJ.10 Ternate Utara arah *downlink* belum memenuhi standar yaitu 4,345 dB, *uplink* yaitu 8,061 dB. hal yang sama berlaku pada TNT.01, nilai SNR *downlink* yaitu 13,43 dB dan *uplink* 10,322 dB. FAG.12 nilai SNR pada *downlink*, sebesar 13,92 dB sementara *uplink* nilai SNR berada diatas yang ditetapkan yaitu 24,90 dB. dan nilai BER dari masing-masing adalah 0 baik *downlink* maupun *uplink*. Standar nilai dari SNR yang ditetapkan oleh PT.Telkom dan ITU-T adalah minimal 21,5 dB dan BER adalah 10^{-12} .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Sweitenia Prihadian Elektro, 2006. *Digital Repository Universitas Jember.*
- [2] Anon, Nanda, 2011. *Jurnal, Mengenal Detail Teknologi Jaringan FTTH.*
- [3] Fakhri, Aldrin, and Andrea Vinaldo, 2012. "Pengenalan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON)

Dan Perancangan Komunikasi Serat Optik Berbasis (FTTH) Pada Survey STO Solo Di Area Klaten Selatan.
- [5] Prawira, Ridhwan, Surya Gandaatmaja, Akhmad Hambali, and Andi Audy Oceanto. 2014. "ANALISIS SIMULASI PERFORMANSI MODULASI DIRECT DAN EKSTERNAL PADA JARINGAN FTTH DENGAN GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK (GPON)." *Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom Bandung.*
- [6] Triyono Budi Santoso, 201. *Sistem Komunikasi*
- [7] Uripno, Bambang. 2012. "JURNAL OPTIK."
- [8] Wadhana, Endy Kusuma. 2013. "FIBER OPTIK DAN PROPAGASI CAHAYA.": *JURNAL.*
- [9] Wadhana, Endy Kusuma, Ir Heru Setijono. 2012. "KOMUNIKASI SERAT OPTIK MENGGUNAKAN METODE OPTICAL LINK."

ANALISIS KUALITAS JARINGAN GPON PADA LAYANAN TRIPLE PLAY SERVICE.