

## PERANCANGAN JARINGAN FIBER TO THE HOME (FTTH) DENGAN TEKNOLOGI GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK (GPON) UNTUK TOWER A BANDUNG TECHNOPLEX LIVING

### DESIGN OF FIBER TO THE HOME (FTTH) NETWORK WITH GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK (GPON) FOR TOWER A APARTMENT BANDUNG TECHNOPLEX LIVING

B. Richard Tampubolon<sup>[1]</sup>, AkhmadHambali<sup>[2]</sup>, R. BambangCahyoWidodo<sup>[3]</sup>  
<sup>1,2</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, FakultasTeknik Elektro, Universitas Telkom  
<sup>3</sup>PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk, Bandung

<sup>1</sup>[brichardtampubolon@gmail.com](mailto:brichardtampubolon@gmail.com), <sup>2</sup>[ahambali@telkomuniversity.ac.id](mailto:ahambali@telkomuniversity.ac.id), <sup>3</sup>[bambang.c4hy0@gmail.com](mailto:bambang.c4hy0@gmail.com)

#### Abstrak

Di zaman modern seperti saat ini dibutuhkan sarana komunikasi, informasi, dan hiburan yang high performance, untuk memenuhi hal tersebut maka dibutuhkan jaringan yang handal untuk memberikan performansi terbaik. Jaringan yang mampu memberikan performansi terbaik saat ini adalah jaringan Fiber To The Home (FTTH). FTTH (Fiber To The Home) merupakan salah satu infrastruktur jaringan yang akan dikembangkan di seluruh wilayah Indonesia. FTTH (Fiber To The Home) ini akan diintegrasikan dengan teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON). Bandung Technoplex Living merupakan apartemen yang sedang di bangun di Kawasan Pendidikan Telkom, Jln. Telekomunikasi, Ters. Buah Batu, Bandung.

Dalam tugas akhir ini, dilakukan perancangan jaringan akses FTTH pada perangkat lunak menggunakan teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) untuk Tower A apartemen Bandung Technoplex Living. Perancangan diawali dengan membuat jalur awal, lalu penentuan perangkat, spesifikasi, tata letak dan volume yang digunakan. Kemudian untuk kelayakan sistem di analisa dengan parameter Link Power Budget (LPB) dan Rise Time Budget (RTB), sedangkan untuk performansi sistem di analisa menggunakan parameter Signal to Noise Ratio (SNR) dan Bit Error Rate (BER).

Hasil analisa untuk jarak ONT terjauh, nilai downlink masing-masing parameter menghasilkan nilai  $P_r = -23.456$  dBm, rise time total sebesar 0.2615 ns dengan menggunakan pengkodean NRZ, sedangkan pada uplink masing-masing parameter menghasilkan nilai  $P_r$  sebesar  $-24.0775$  dBm, rise time total sebesar 0.2508 ns dengan menggunakan pengkodean NRZ atau RZ. Hasil ini menunjukkan link memenuhi kelayakan standard ITU-T yaitu pada batas  $P_r$  sebesar  $[-28 ; -8]$  dBm, SNR dengan batas minimal PT.Telkom yaitu 21.5 dB, dan nilai BER yang juga memenuhi standard BER untuk link optik maksimal  $10^{-6}$ <sup>[3]</sup>. Kelayakan juga ditunjukkan pada hasil simulasi downlink dengan  $P_r$  sebesar  $-20,674$  dan BER 0, serta pada uplink, dengan  $P_r$  sebesar  $-21,295$  dan BER 0.

Kata Kunci : Perancangan FTTH, GPON, Link Power Budget, Rise Time Budget, SNR, BER

#### Abstract

In this modern time, surely this prestigious apartment need communication, information, and entertainment facilities with high performance. To fulfill those needs, a reliable network for best performance is required. The best network available today which can ensure the best qualities and performance is Fiber To The Home (FTTH) Network. FTTH (Fiber To The Home) is one of the network infrastructure will be developed in all regions in Indonesia. FTTH (Fiber To The Home) technology will be integrated with Gigabit Passive Optical Network (GPON). Bandung Technoplex Living is a apartment, located in Jln. Telekomunikasi, Ters. Buah Batu, Bandung.

In this final project, conducted the FTTH access network design by software using the technology of Gigabit Passive Optical Network (GPON) for Tower A Apartmen Bandung Technoplex Living. The design begins with making the initial path, then the determination of the device, specifications, layout and volume used. Then to feasibility analysis system with parameter Link Power Budget (LPB) and Rise Time Budget (RTB), while for system performance parameters analyzed using Signal to Noise Ratio (SNR) and Bit Error Rate (BER).

Results of analysis for ONT farthest distance, downlink value of each parameter generating value  $P_r = -23.456$  dBm, rise time of a total of 0.2615 ns using NRZ coding, while the uplink each parameter produce  $P_r$  value of  $-24.0775$  dBm, the total rise time of 0.2508 ns using NRZ or RZ coding. These results demonstrate the feasibility of a link meets the ITU-T standard that is at the limit of  $P_r$   $[-28; -8]$  DBm, SNR with minimum limit PT.Telkom is 21.5 dB, and the value BER also meet standards for maximum optical link  $10^{-6}$ <sup>[3]</sup>. Feasibility is also shown on the downlink simulation results with  $P_r$  of  $-20.674$  and BER Analysis 0, as well as on the uplink, with  $P_r$  of  $-21.512$  and BER Analysis 0.

Keyword : FTTH, GPON, Link Power Budget, Rise Time Budget, SNR, BER

## 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, memacu banyak hadirnya jenis layanan komunikasi. Layanan triple play seperti data, voice dan video memerlukan jaringan komunikasi dengan kemampuan transfer data yang tinggi dan bandwidth yang besar. Dalam hal ini, PT.Telkom selaku penyedia layanan menggunakan teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) sebagai teknologi jaringan akses FTTH.

Dalam tugas akhir ini, dilakukan perancangan jaringan akses FTTH pada perangkat lunak menggunakan teknologi GPON dengan membuat jalur awal lalu penentuan perangkat, spesifikasi, tata letak dan volume yang digunakan. Kemudian untuk kelayakan sistem di analisa dengan parameter LPB dan RTB, sedangkan untuk performansi sistem di analisa menggunakan parameter SNR dan BER.

## 2. SERAT OPTIK

### 2.1 Serat Optik

Fiber optik adalah sebuah media transmisi fisik yang terbuat dari kaca dilapisi isolator sebagai pelindung berguna untuk menyalurkan informasi berupa gelombang cahaya. Serat optik mempunyai bentuk yang halus dan memiliki ketebalan hingga 1 mm untuk dua puluh helai serat. Selain ringan, kapasitas kanal dari serat ini sangat besar. Struktur serat optik ada 3 yaitu core, cladding dan coating.

### 2.2 Fiber to the Home (FTTH)

Berikut komponen dari FTTH utama:

#### 1. Network Management System (NMS)<sup>[5]</sup>

NMS merupakan perangkat lunak yang berfungsi untuk mengontrol dan mengkonfigurasi perangkat GPON. Letak NMS ini bersamaan di dekat OLT namun beda ruangan. Konfigurasi yang dapat dilakukan oleh NMS adalah OLT dan ONT.

#### 2. Optical Line Terminal (OLT)<sup>[5]</sup>

OLT menyediakan interface antara sistem Optical Distribution Network (ODN) dengan penyedia layanan (service provider) data, video, dan jaringan telepon. OLT mengubah sinyal elektrik menjadi optik dan sebaliknya, dan berfungsi sebagai alat multiplex

#### 3. Optical Distribution Frame (ODF)<sup>[4]</sup>

Yang dimaksud dengan ODF adalah suatu frame dengan struktur mekanik berupa rack atau shelf atau struktur lain yang mempunyai fungsi utama sebagai tempat pegangan kabel (fiber) dan elemen passive lainnya (support mekanik), dilengkapi fiber organizer serta mampu melindungi elemen-elemen di dalamnya

#### 4. Optical Distribution Cabinet (ODC)/ Rumah Kabel dan Optical Distribution Point (ODP)<sup>[5]</sup>

ODC dan ODP adalah suatu perangkat pasif yang diinstalasi diluar STO bisa di lapangan (Outdoor) dan juga bisa didalam ruangan/ di MDF Gedung HRB (Indoor), yang mempunyai fungsi sebagai splitter.

#### 5. Optical Network Terminal/Unit (ONT/ONU)

ONU menyediakan interface antara jaringan optik dengan pelanggan.

## 3. PARAMETER KELAYAKAN PERANCANGAN<sup>[3]</sup>

### 3.1 Link Power Budget

Link power budget dihitung sebagai syarat agar link yang kita rancang dayanya melebihi batas ambang dari daya yang dibutuhkan. Untuk menghitung link power budget dapat dihitung dengan rumus:<sup>[2]</sup>

$$\alpha_{tot} = L \cdot \alpha_{kabel} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + S_p \quad (1)$$

Bentuk persamaan untuk perhitungan margin daya adalah :

$$M = (P_t - P_r) - \alpha_{tot} - SM \quad (2)$$

Keterangan :

$P_t$  = Daya keluaran sumber optik ( dBm)

$P_r$  = Sensitivitas daya maksimum detektor ( dBm)

$SM$  = Safety margin, berkisar 6-8 dB

$\alpha_{tot}$  = Redaman Total sistem (dB)

$L$  = Panjang serat optik ( Km)

$\alpha_c$  = Redaman Konektor (dB/buah)

$\alpha_s$  = Redaman sambungan ( dB/sambungan)

$\alpha_{serat}$  = Redaman serat optik ( dB/ Km)

$N_s$  = Jumlah sambungan

$N_c$  = Jumlah konektor

$S_p$  = Redaman Splitter (dB)

### 3.2 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:<sup>[2]</sup>

$$t_{\text{total}} = (t_{\text{tx}}^2 + t_{\text{intermodal}}^2 + t_{\text{intramodal}}^2 + t_{\text{rx}}^2)^{1/2} \quad (3)$$

Keterangan :

$t_{\text{tx}}$  = Rise time transmitter (ns)

$t_{\text{rx}}$  = Rise time receiver (ns)

$t_{\text{intermodal}}$  = bernilainol (untukseratoptik single mode)

$t_{\text{intramodal}} = t_{\text{material}} + t_{\text{waveguide}}$

$t_{\text{material}} = \Delta\sigma \times L \times Dm$

$t_{\text{waveguide}} = \frac{1}{v} \left[ \frac{2\Delta s}{u_c} \right]^{1/2} d(\lambda)$ <sup>[6]</sup>

$\Delta_s = \frac{1}{v} \left[ \frac{2\Delta s}{u_c} \right]^{1/2}$ <sup>[6]</sup>

$v = \frac{c}{n_1} \left[ 1 - \frac{2\Delta s}{a} \right]$ <sup>[6]</sup>

$u_c = 2v^{1/2}$ <sup>[6]</sup>

$d(\lambda) = 1 + \frac{2\Delta s}{a}$ <sup>[6]</sup>

$\Delta\sigma$  = LebarSpektral (nm)

$L$  = Panjangseratoptik (Km)

$Dm$  = Dispersi Material (ps/nm.Km)

$n_1$  = indeks bias inti

$n_2$  = Indeks bias selubung

$a$  = Jari-jariinti

$c$  = kecepatanrambatcahaya  $3 \times 10^8$

### 4. PARAMETER PERFORMANSI SISTEM - BER<sup>[3]</sup>

Bit Error Rate (BER)<sup>[1]</sup>

BER merupakan laju kesalahan bit yang terjadi dalam mentransmisikan sinyal digital. Dimana BER dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$(S/N) = 20 \text{ Log } 2Q \quad (9)$$

Sehingga diperoleh nilai pendekatan:

$$\text{BER} = P(Q) \sqrt{\frac{1}{2\pi}} \quad (10)$$

Dimana,  $Q$  = Quantum noise dan  $P_e$  = Probability Error

### 5. PERANCANGAN

Pada bagian ini memaparkan langkah - langkah perancangan dari jaringan FTTH, sebagai panduan dalam proses penelitian agar sesuai dengan rencana. Proses awal yang dilakukan adalah penentuan jalur, lalu menentukan jenis dan spesifikasi perangkat, dimana jenis dan spesifikasi perangkat tersebut sesuai dengan standar PT. Telkom. Setelah proses tersebut, hal yang berikutnya dilakukan adalah penentuan letak perangkat dan pengukuran jarak antar perangkat, menggunakan denah kondisi apartemen yang diperoleh dari pihak pengelola apartemen Bandung Technoplex Living. Lalu kita dapat melakukan analisis kelayakan jaringan dengan melakukan perhitungan LPB dan RTB, sedangkan untuk mengetahui performansi jaringan, dilakukan simulasi pada optisistem untuk memperoleh hasil perhitungan BER.

### 6. ANALISIS DAN SIMULASI

#### 6.1 Analisis Perhitungan

##### 6.1.1 Link Power Budget

Perhitungan akan dibagi menjadi dua bagian, yaitu downlink dan uplink, serta akan dihitung berdasarkan jarak dari STO ke ONT terjauh yaitu 5,65 km.

Downlink 1490nm

$$\alpha_{\text{tot}} = (5,650 \times 0,24) + (1 \times 0,2) + (1 \times 0,1) + (11 + 7,8)$$

$$\alpha_{\text{tot}} = 20,456 \text{ dB}$$

Daya terima:

$$\begin{aligned}Pr &= Pt - \alpha_{\text{tot}} - 6 \\Pr &= 3 - 20,456 - 6 \\Pr &= -23,456 \text{ dBm}\end{aligned}$$

Margin daya:

$$\begin{aligned}M &= (Pt - Pr(\text{Sensitivitas})) - \alpha_{\text{total}} - SM \\M &= (3 + 28) - 20,456 - 6 \\M &= 4,544 \text{ dBm}\end{aligned}$$

#### Uplink1310nm

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{tot}} &= (5,65 \times 0,35) + (1 \times 0,2) + (1 \times 0,1) + (11 + 7,8) \\ \alpha_{\text{tot}} &= 21,0775 \text{ dB}\end{aligned}$$

Daya terima:

$$\begin{aligned}Pr &= Pt - \alpha_{\text{tot}} - 6 \\Pr &= 3 - 21,0775 - 6 \\Pr &= -24,0775 \text{ dBm}\end{aligned}$$

Margin daya:

$$\begin{aligned}M &= (Pt - Pr(\text{Sensitivitas})) - \alpha_{\text{total}} - SM \\M &= (3 + 28) - 21,0775 - 6 \\M &= 3,9225 \text{ dBm}\end{aligned}$$

Hal ini menunjukkan link memenuhi kelayakan LPBPT. Telkom yaitu  $\alpha_{\text{tot}}$  maksimum 25 dB dan maksimum ITU-T yaitu 28 dB dengan Prx yang masih berada pada batas sensitivitas penerimayaitu [-28 ; -8] dBm, dan margin daya lebih dari nol.

#### 6.1.2 Rise Time Budget

##### Downlink1490nm

Bit Ratedownlink (Br) = 2. 4 Gbps sehingga :

$$\text{dengan format NRZ, } tr = \frac{0.7}{Br} = \frac{0.7}{2.4 \times 10^9} = 0,2917 \text{ ns}$$

$$\text{dengan format RZ, } tr = \frac{0.35}{Br} = \frac{0.35}{2.4 \times 10^9} = 0,1458 \text{ ns}$$

$$\begin{aligned}t_{\text{material}} &= \Delta\sigma \times L \times Dm \\ &= 1 \text{ nm} \times 5,65 \text{ Km} \times 0,01364 \text{ ns/nm.Km} \\ &= 0.077 \text{ ns}\end{aligned}$$

Sehingga besar untuk serat optik singlemode adalah:

$$\begin{aligned}t_{\text{total}} &= (t_{\text{rx}}^2 + t_{\text{intermodal}}^2 + t_{\text{intramodal}}^2 + t_{\text{rx}}^2)^{1/2} \\ &= [(0,2)^2 + (0,077)^2 + (0)^2 + (0,15)^2]^{1/2} \\ &= 0,2615 \text{ ns}\end{aligned}$$

Setelah melakukan hasil perhitungan, didapat rise time total untuk downlink sebesar 0.2615 ns masih di bawah maksimum rise time dari bit rate sinyal NRZ sebesar 0.2917 ns, tetapi diatas bit rate sinyal RZ sebesar 0.1458 ns. Dapat disimpulkan bahwa sistem memenuhi hanya memenuhi rise time budget sinyal NRZ.

##### Uplink1310nm

Bit Rateuplink (Br) = 1.2 Gbps sehingga :

$$\text{dengan format NRZ, } tr = \frac{0.7}{Br} = \frac{0.7}{1.2 \times 10^9} = 0.5833 \text{ ns}$$

$$\text{dengan format RZ, } tr = \frac{0.35}{Br} = \frac{0.35}{1.2 \times 10^9} = 0.2917 \text{ ns}$$

$$\begin{aligned}t_{\text{material}} &= \Delta\sigma \times L \times Dm \\ &= 1 \text{ nm} \times 5,65 \text{ Km} \times 0,00356 \text{ ns/nm.Km} \\ &= 0,0201 \text{ ns}\end{aligned}$$

Sehingga besarnya untuk serat optik singlemode:

$$\begin{aligned}t_{\text{total}} &= (t_{\text{rx}}^2 + t_{\text{material}}^2 + t_{\text{modus}}^2 + t_{\text{rx}}^2)^{1/2} \\ &= [(0,15)^2 + (0,0201)^2 + 0 + (0,2)^2]^{1/2} \\ &= 0,2508 \text{ ns}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan rise time total untuk uplink sebesar 0.2508 ns masih dibawah maksimum rise time dari bit rate sinyal NRZ sebesar 0.5833 ns dan sinyal RZ sebesar 0.2917 ns. Dapat disimpulkan bahwa sistem memenuhi rise time budget sinyal NRZ dan RZ.

## 6.2 Analisis Simulasi

Dari hasil simulasi menggunakan perangkat lunak optysistem, didapatkan nilai daya transmit dan nilai BER. Berikut nilai hasil simulasi menggunakan perangkat lunak optysistem :

Tabel 4.1 Nilai Hasil Simulasi

| Parameter          | Simulasi |     |
|--------------------|----------|-----|
|                    | Pr       | BER |
| Jarak ONT Terdekat | -20,652  | 0   |
| Jarak ONT Terjauh  | -20,674  | 0   |
| Jarak ONT Terdekat | -21,244  | 0   |
| Jarak ONT Terjauh  | -21,295  | 0   |

Dari hasil simulasi, masih berada pada batas minimal kelayakan perancangan jaringan baik BER maupun Pr pada simulasi. Hal ini menunjukkan simulasi yang menggunakan perangkat lunak bekerja dengan baik dengan nilai performansi jaringan yang masih berada pada batas performansi jaringan yang baik, dengan batas Pr pada [-28 ; -8] dBm dan batas maksimal BER standard link optik sebesar  $10^{-6}$  atau  $10^{-9}$  untuk PT.Telkom.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, analisis, dan proses perhitungan yang dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Dari perhitungan LPB, pada downlink dihasilkan nilai  $\alpha_{tot} = 20,456$  dB, Pr=-23,456 dBm, dan margin daya sebesar 4,544 dBm untuk jarak ONT terjauh, serta nilai  $\alpha_{tot} = 20,424$  dB, Pr=-23,424 dBm, dan margin daya sebesar 4,576 dBm untuk jarak ONT terdekat. Sedangkan pada uplink dihasilkan nilai  $\alpha_{tot} = 21,0775$  dB, Pr=-24,0775 dBm, dan margin daya sebesar 3,9225 dBm untuk jarak ONT terjauh, serta nilai  $\alpha_{tot} = 21,032$  dB, Pr=-24,032 dBm, dan margin daya sebesar 3,968 dBm untuk jarak ONT terdekat. Untuk simulasi dihasilkan nilai Pr downlink untuk jarak ONT terjauh sebesar -21,291 dBm dan -21,084 dB untuk jarak ONT terdekat, sedangkan nilai Pr uplink pada -21,512 dB untuk jarak ONT terjauh dan -21,203 dB untuk jarak ONT terdekat. Hal ini menunjukkan link memenuhi kelayakan LPB PT. Telkom yaitu  $\alpha_{tot}$  maksimum 25 dB dan maksimum ITU-T G984.2 yaitu 28 dB dengan Pr yang masih berada pada batas sensitivitas penerima yaitu [-28 ; -8] dBm, dan margin daya lebih dari nol.
2. Dari perhitungan RTB, pada downlink didapat rise time total sebesar 0.2621 ns untuk jarak terjauh dan 0.261 ns untuk jarak terdekat yang masih di bawah maksimum rise time dari bit rate sinyal NRZ sebesar 0.2917 ns, tetapi diatas bit rate sinyal RZ sebesar 0.1458 ns, dapat disimpulkan bahwa sistem hanya memenuhi rise time budget sinyal NRZ. Pada uplink didapat nilai RTB total sebesar 0.2508 ns untuk jarak ONT terjauh dan 0.2507 ns untuk jarak ONT terdekat, hal ini menunjukkan link memenuhi kelayakan RTB dengan maksimum rise time dari bit rate sinyal NRZ sebesar 0.5833 ns dan sinyal RZ sebesar 0.2917 ns, dapat disimpulkan bahwa sistem memenuhi rise time budget sinyal NRZ dan RZ.
3. Dari hasil simulasi menggunakan perangkat lunak optisistem nilai BER masih berada pada batas minimal kelayakan perancangan jaringan begitu juga nilai Pr pada simulasi, hal ini salah satunya disebabkan oleh jarak perancangan jaringan masih dibawah jarak maksimal perancangan pada teknologi ini yaitu maksimal 20 km. Hal ini menunjukkan hasil simulasi perancangan jaringan bekerja dengan baik, dan berada pada batas performansi jaringan dengan batas Pr pada [-28 ; -8] dbm dan batas maksimal nilai BER standar link optik  $10^{-6}$  dan  $10^{-9}$  untuk standar PT. Telkom.

**Dartar Pustaka:**

- [1] Fikri, Haikal. 2014. "Analisa Performansi Teknologi CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) pada Jaringan ODC (Optical Distribution Cabinet) STO-Cijaura Menggunakan Opti System". Bandung : Universitas Telkom
- [2] Keiser, Gred. 1991. "Optical Fiber Communications". Singapore : The McGraw-Hill Companies, Inc
- [3] Kencanawati, Dwi. 2014. "Perancangan Jaringan Fiberto the Home (FTTH ) dengan Teknologi Gigabit Capable Passive Optical Network (GPON) untuk Apartmen Newton (Newton Residence) Bandung". Bandung : Universitas Telkom
- [4] PT.Telekomunikasi Indonesia Tbk, Direktorat Network dan Solution. 2010. "Pedoman Pemasangan Jaringan Akses Fiber Optik". PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk. Bandung
- [5] Telkom Indonesia, PT. 2012. "Modul 1 -Overview Jaringan FTTx". PT. Telkom Indonesia