

ANALISIS KINERJA JARINGAN FIBER TO THE HOME MENGGUNAKAN TEKNOLOGI 10-GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK DI JAKARTA BARAT

Lukman Medriavin Silalahi^{#1}, Retno Dwi Hapsari^{#2}, Imelda Uli Vistalina Simanjuntak^{#3}, Agus Dendi Rochendi^{#4}

*# First-Third Department of Electrical Engineering, Second-Third Universitas Mercu Buana
Jalan Meruya Selatan No. 1, Jakarta, 11650, Indonesia*

¹lukman.medriavin@mercubuana.ac.id

²imelda.simanjuntak@mercubuana.ac.id

³retnohapsari1103@gmail.com

*# Fisika Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Jl Pasir Putih I, Ancol Timur, Jakarta 14430, indonesia*

¹agus.dendi.rochendi@lipi.go.id

Received on dd-mm-yyyy, revised on dd-mm-yyyy, accepted on dd-mm-yyyy

Abstract

Dewasa ini, kebutuhan masyarakat akan layanan internet meningkat, faktor ini disebabkan karena kegiatan kerja di rumah ataupun sekolah di rumah sehingga internet menjadi kebutuhan utama. Riset ini mengangkat tentang analisa kinerja jaringan Fiber To The Home sepanjang 1,32 km dari Sentra-Telepon-Otomat (STO) Slipi ke Jalan Tali Kota Bambu Selatan, Jakarta Barat menggunakan teknologi 10-Gigabit Passive Optical Network. Tujuan riset ini adalah mendapatkan desain jaringan fiber to the home kemudian simulasikan menggunakan peranti lunak Optisystem hingga didapatkan hasil performansi jaringan yang terbaik. Metode riset yang digunakan antara lain menghitung link power budget, rise time budget dan Bit Error Rate (BER). Hasil perhitungan menyatakan kelayakan jaringan link power budget berkisar antara -22,367 dBm hingga -22,485 dBm. Hasil simulasi Optisystem diperoleh nilai antara -16,191 dBm hingga -16,310 dBm dan hasil pengukuran di lapangan diperoleh nilai antara -14,55 dBm hingga -15,00 dBm. Hasil ini memenuhi standar kelayakan jaringan PT. Telkom sebesar ≥ -28 dBm. Pada rise time budget diperoleh nilai 49,60 ps sampai 49,67 ps pada tipe persinyalan Non-Return-to-Zero (NRZ), artinya hasil tersebut layak karena nilainya lebih kecil 70% dari nilai rise time perangkat saat periode bit Non-Return-to-Zero (NRZ). Untuk Bit Error Rate (BER) diperoleh nilai sebesar $3,11145 \times 10^{-52}$, hasil ini memenuhi standar kelayakan jaringan yang telah ditetapkan sebesar 10^{-9} . Kesimpulan riset ini menunjukkan bahwa jaringan Fiber to the Home (FTTH) ini layak untuk beroperasi.

Kata Kunci : Bit Error Rate, Fiber To The Home, link power budget, Optisystem, rise time budget, 10-Gigabit Passive Optical Network

I. INTRODUCTION

PERKEMBANGAN teknologi telekomunikasi saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat. Hal ini didorong oleh meningkatnya keinginan masyarakat untuk mendapatkan layanan-layanan berbasis internet, sehingga kebutuhan terhadap bandwidth juga meningkat. Teknologi telekomunikasi pada saat ini juga sudah mengalami perubahan diantaranya melakukan penggabungan/integrasi layanan suara, gambar, video dan data. Oleh sebab itu diperlukan jaringan handal yang mampu memberikan performansi yang baik. Jaringan Fiber Optic merupakan salah satu solusi dari kebutuhan layanan pada masa kini, dikarenakan fiber optic merupakan saluran transmisi yang dapat men-transmisikan informasi dengan kecepatan yang sangat cepat.

Kebutuhan akan internet yang cepat dan bandwidth yang besar ini diprediksi akan terus meningkat di masa depan, oleh karena itu perkembangan dari *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) dianggap perlu. *10-Gigabit Passive Optical Network* (X-GPON) adalah pengembangan dari *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) yang mempunyai bit rate yang lebih besar yaitu sebesar 10 Gbps untuk arah downstream dan 2,5 Gbps upstream.

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut maka pada tugas akhir ini akan dilakukan desain dan pemasangan sebuah jaringan *fiber to the home* dengan menggunakan teknologi *10-Gigabit Passive Optical Network* (X-GPON). Perencanaan dan pemasangan jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) yang akan dilakukan diantaranya adalah penentuan spesifikasi perangkat, tata letak dan jumlah perangkat yang digunakan. Pada tugas akhir ini juga disimulasikan menggunakan Optisystem. Keluaran hasil data yang diperoleh kemudian dilakukan evaluasi dan analisa terhadap jaringan yang telah dirancang berdasarkan parameter *link power budget*, *rise time budget* dan *Bit Error Rate* (BER) yang memenuhi standar kelayakan jaringan optik yang ditetapkan oleh PT. Telkom.

II. LITERATURE REVIEW

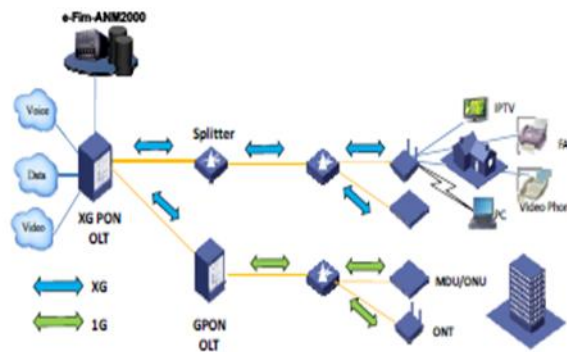
Pada penelitian Ignatia [1] telah dilakukan perancangan jaringan *fiber to the home* di Private Village, Cikoneng. Perancangan ini menggunakan teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) yang kemudian disimulasikan menggunakan perangkat lunak Optisystem.

Pada penelitian Dimas [2] telah dilakukan perancangan menggunakan teknologi *10-Gigabit Passive Optical Network* (XGPON). Penelitian ini merancang jaringan *fiber to the curb* dari STO Cempaka Putih ke MSAN. MSAN (*Multi Services Access Network*) adalah perangkat akses network yang melayani multi servis, seperti ADSL, SHDSL, E1, POTS, Ethernet. Pada jaringan *fiber to the curb* ini *services* didistribusikan ke pelanggan dari node *cabinet* yang berada di pinggir jalan ke pelanggan menggunakan kabel tembaga.

Penelitian Afif [3] telah dilakukan perancangan jaringan *fiber to the home* menggunakan teknologi *10-Gigabit Passive Optical Network* (XGPON). Penelitian ini melakukan perancangan dan simulasi menggunakan Optisystem kemudian membandingkan nilai simulasi dan hasil perhitungan.

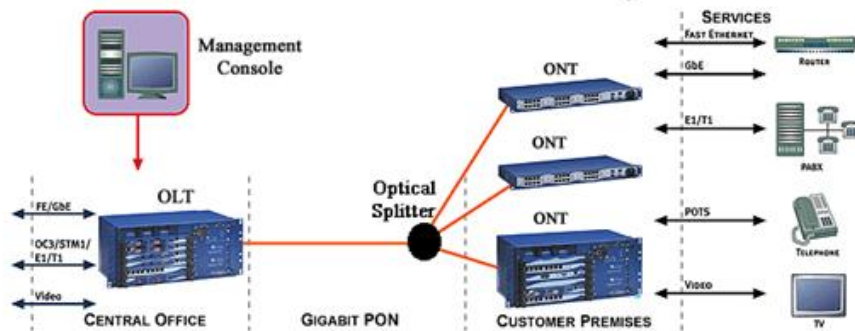
Riset ini melakukan analisis kinerja jaringan *fiber to the home* di Jakarta Barat dengan menggunakan teknologi *10-Gigabit Passive Optical Network* (X-GPON). Kebaruan dari riset ini dengan penelitian sebelumnya adalah melakukan pemasangan dan pengukuran langsung di lapangan kemudian analisis kinerja jaringan FTTH tersebut dengan menghitung *power link budget*, *rise time budget*, dan *bit error rate* (BER).

Gambar 1 menunjukkan arsitektur dari *10-Gigabit Passive Optical Network* (X-GPON) yang merupakan suatu teknologi *broadband access* berbasis *fiber optic*. *10-Gigabit Passive Optical Network* (X-GPON) merupakan salah satu dari 13 teknologi yang dikembangkan oleh ITU-T G.987x. Besar *bandwidth* yang ditawarkan bisa mencapai 10 Gbps *downstream* dan *upstream* 2.5 Gbps sampai pelanggan tanpa adanya kehilangan *bandwidth*, sehingga menjadikan keunggulan dari sistem teknologi ini.[4]



Gambar 1. Arsitektur 10-gigabit passive optical network

Fiber To The Home (FTTH) merupakan jaringan yang memakai serat optik sebagai akses jaringannya dan penempatan perangkat opto-elektronik (umumnya berupa ONU) diletakkan di dalam rumah pelanggan. Definisi lain dari *Fiber To The Home (FTTH)* adalah suatu format penghantar sinyal optik dari pusat penyedia (*provider*) ke kawasan pengguna dengan menggunakan serat optik sebagai media penghantaran, pendekatan sistem *fiber to the home* dapat dilihat pada Gambar 2.[5]



Gambar 2. Arsitektur fiber to the home

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 persamaan 1 : [4]

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

Bentuk persamaan 2 merupakan 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
- 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)
- N_s = Jumlah sambungan
- N_c = Jumlah konektor
- S_p = Redaman Splitter (dB)

Rise time budget merupakan metode untuk menentukan batasan dispersi suatu link serat optik. Metode ini sangat berguna untuk menganalisa sistem transmisi digital. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisa

unjuk kerja jaringan secara keseluruhan serta mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. 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*). Satu periode bit didefinisikan sebagai resiprokal dari data rate. Untuk menghitung *Rise Time budget* dapat dihitung dengan rumus persamaan 3 [4] :

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

$$t_{intramodal} = t_{material} + t_{waveguide} \quad (4)$$

$$t_{material} = \Delta\sigma \times L \times Dm \quad (5)$$

$$t_{waveguide} = \frac{L}{C} \left(n_2 + n_1 \Delta d \left(\frac{vb}{dv} \right) \right) \quad (6)$$

$$\Delta s = \frac{(n_1 - n_2)}{n_1} \quad (7)$$

$$V = \frac{(2\pi \times a)}{\lambda} n_1 (2\Delta s)^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

$$U_c = 2V^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

$$d \left(\frac{vb}{dv} \right) = 1 + \left(\frac{U_c^2}{v^2} \right) \quad (10)$$

Keterangan

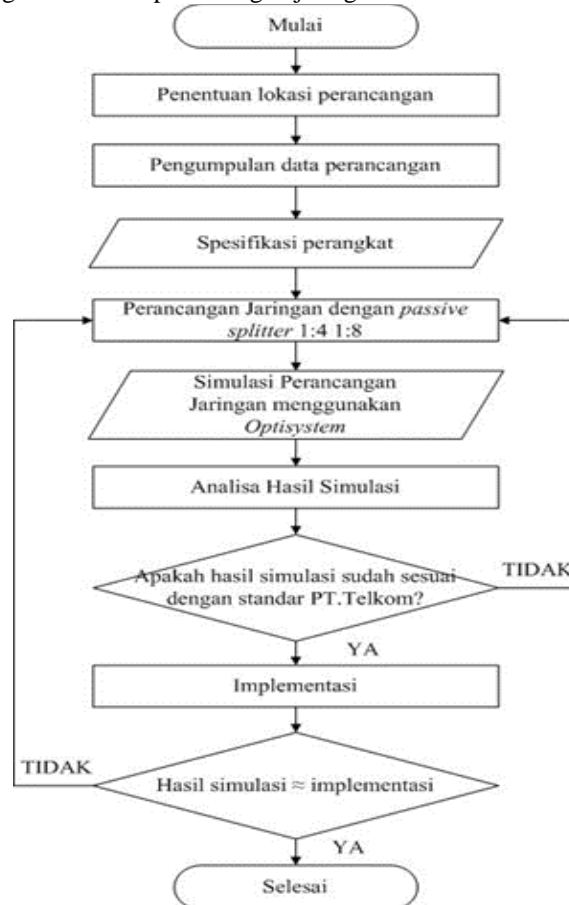
- t_{tx} = Rise time transmitter (ns)
- t_{rx} = Rise time receiver (ns)
- $t_{intermodal}$ = bernilai nol (untuk serat optik *single mode*)
- $\Delta\sigma$ = Lebar Spektral (nm)
- L = Panjang serat optik (Km)
- Dm = Dispersi Material (ps/nm.Km)
- c = kecepatan rambat cahaya 3×10^8 (m/s²)
- a = Jari-jari inti
- n1 = indeks bias inti
- n2 = Indeks bias selubung

Bit error rate merupakan laju kesalahan bit yang terjadi dalam mentransmisikan sinyal digital. Sensitivitas merupakan daya optik minimum dari sinyal yang datang pada *bit error rate* yang dibutuhkan. Kebutuhan akan *Bit error rate* (BER) berbeda-beda pada setiap aplikasi, sebagai contoh pada aplikasi komunikasi membutuhkan *Bit error rate* (BER) bernilai 10^{-10} , pada beberapa komunikasi data membutuhkan *Bit error rate* (BER) bernilai sama atau lebih baik dari 10^{-12} . *Bit error rate* (BER) pada sistem komunikasi optik sebesar 10^{-9} . Faktor-faktor yang mempengaruhi *Bit error rate* (BER) antara lain *noise*, interferensi, distorsi, sinkronisasi bit, redaman, *multipath fading*, dll. *Bit Error Rate* (BER) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut [4] :

Optisystem merupakan sebuah perangkat lunak yang berfungsi untuk merencanakan, menguji, dan mensimulasikan hampir semua jenis jaringan serat optik. Pada perangkat lunak ini terdapat sebuah *library* yang didalamnya terdapat banyak jenis perangkat yang di gunakan antara lain alat ukur *Optical Power Meter* (OPM), *Optical Time Domain Reflector* (OTDR) serta menyediakan berbagai layanan pada sistem komunikasi serat optik mulai dari CATV, WDM, GPON, SONET/SDH hingga *free space optic*. [5-7]

III. RESEARCH METHOD

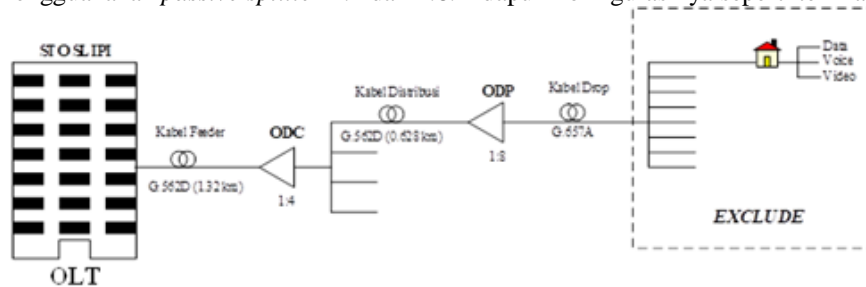
Gambar 3 merupakan diagram alir dari perancangan jaringan *Fiber To The Home* (FTTH), antara lain :



Gambar 3. Diagram alir penelitian

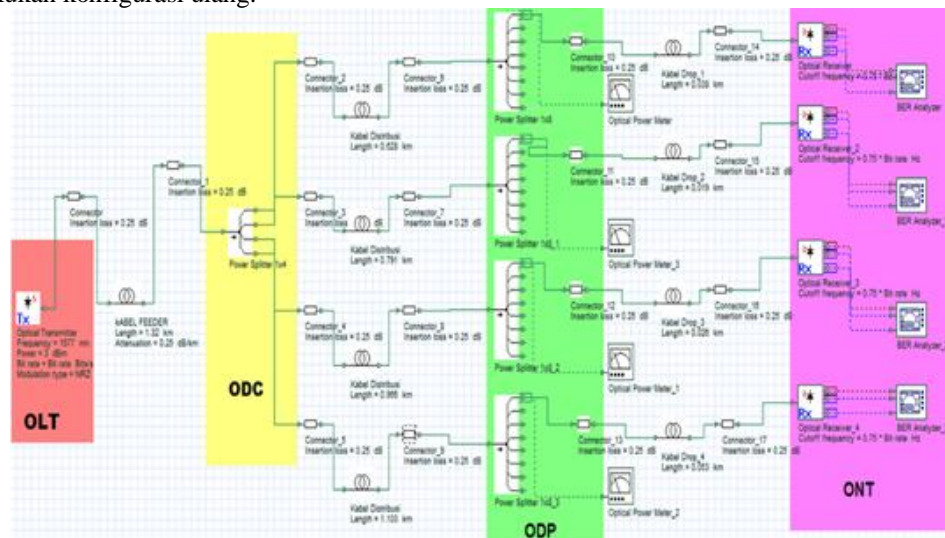
Langkah awal dari riset ini adalah menentukan lokasi riset yang terletak di perumahan Jalan Tali Kota Bambu Selatan, Palmerah, Jakarta Barat. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data yang digunakan untuk perancangan seperti jarak antara lokasi perancangan dengan Sentra-Telepon-Otomat (STO) terdekat, kondisi lokasi, serta perangkat yang digunakan. Setelah data untuk perancangan jaringan terkumpul, maka perancangan jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) sudah bisa dilakukan.

Proses perancangan jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) dilakukan dengan simulasi menggunakan perangkat lunak Optisystem. Desain jaringan pada Jalan Tali, Jakarta Barat ini dilakukan dengan metode *two stage* yaitu menggunakan *passive splitter* 1:4 dan 1:8. Adapun konfigurasinya seperti terlihat pada gambar 4.



Gambar 4. Konfigurasi jaringan *fiber to the home* dengan *passive splitter* 1:4 dan 1:8

Gambar 4 dapat dilihat bahwa dari *Optical-Line-Terminal* (OLT) yang terletak di Sentra-Telepon-Otomat (STO) Slipi menuju ke *Optical-Distribution-Cabinet* (ODC) ditarik kabel *feeder* G.562D sepanjang 1,32 km. Kemudian *core* kabel *feeder* tersebut di-split dengan *passive splitter* 1:4. Lalu dari *Optical-Distribution-Cabinet* (ODC) disebar lagi ke *Optical-Distribution-Point* (ODP) dengan kabel G.562D yang panjangnya 0,628 km menggunakan *passive splitter* 1:8. Dari *Optical-Distribution-Point* (ODP) diteruskan ke pelanggan dengan kabel serat optik G.657A yang panjangnya berbeda-beda sesuai dengan rumah pelanggan. Lalu diperoleh hasil desain serta simulasi yang dapat dilihat pada Gambar 5, dengan beberapa parameter kelayakan antara lain Bit Error Rate (BER) dan daya yang dapat dilihat pada *Optical Power Meter* (OPM). Setelah didapatkan hasilnya, kemudian hasil simulasi akan dibandingkan dengan nilai hasil perhitungan untuk mengetahui kelayakan jaringan yang dirancang sudah sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh PT. Telkom serta mengacu pada standarisasi ITU-T. Jika hasil yang didapatkan tidak memenuhi standar kelayakan maka akan dilakukan konfigurasi ulang.



Gambar 5. Konfigurasi jaringan *fiber to the home* pada Optisystem

Apabila hasil sudah sesuai dengan standar kelayakan maka hasil desain akan diimplementasikan. Setelah diimplementasikan akan diukur nilai kelayakan jaringan-nya. Kemudian dibandingkan hasil dari simulasi dan pelaksanaan di lapangan untuk didapatkan hasil sesuai standarisasi ITU-T. Apabila sudah memenuhi standar maka proses desain selesai. Namun apabila tidak, maka akan dilakukan perancangan ulang.

IV. RESULT AND DISCUSSION

4.1 Link Power Budget

Parameter kelayakan jaringan yang digunakan pada penelitian ini adalah *link power budget*. Nilai *link power budget* didapatkan dari perhitungan matematis, dari simulasi menggunakan Optisystem dan pengukuran langsung di lapangan menggunakan *Optical Power Meter* (OPM) seperti uraian dibawah ini :

4.1.1 Link Power Budget Berdasarkan Perhitungan

Perhitungan *link power budget* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui batasan batasan nilai redaman total yang diijinkan antara daya keluaran pemancar dan sensitivitas penerima. Perhitungan *link power budget* ini dilakukan sesuai dengan standarisasi ITU-T G.987 dan juga standar yang diterapkan oleh PT. Telkom yaitu jarak tidak lebih dari 20 km dan batas redaman total 28 dB. Untuk menghitung *link power budget* di Jalan Tali Kota Bambu Selatan, Palmerah ini digunakan data-data sebagai berikut :

- Daya keluaran optik (Ptx) : 3 dBm
- Sensitivitas detektor (Prx) : -28 dBm
- Redaman fiber optic (α serat) : 0,25 dB/km
- Redaman passive splitter 1:4 (Sp) : 7,5 dB
- Redaman passive splitter 1:8 (Sp) : 10,38 dB
- Redaman Konektor (αc) : 0,25 dB

Jumlah konektor (N_c) : 4

Perhitungan *link power budget* perencanaan ini dapat menggunakan persamaan (11) dan (12). Pada perancangan ini akan dihitung *link power budget* sampai pada ODP. Berdasarkan data diatas dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Berdasarkan persamaan (11) dengan diketahui *Optical-Distribution-Point* (ODP) 1 berjarak 1,948 km

$$\begin{aligned}\alpha_{total} &= L \cdot \alpha_{kabel} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + S_p \\ \alpha_{total} &= (1,948 \times 0,25) + (4 \times 0,25) + (0 \times 0) + (7,5) + (10,38) \\ \alpha_{total} &= 0,487 + 1 + 0 + 17,88 \\ \alpha_{total} &= 19,368 \text{ dB}\end{aligned}\tag{11}$$

Berdasarkan persamaan (12) maka didapatkan rumus persamaan untuk menghitung daya di penerima (P_{rx}) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}P_{rx} &= P_{tx} - \alpha_{total} - SM \\ P_{rx} &= 3 - 19,367 - 6 \\ P_{rx} &= -22,367 \text{ dBm}\end{aligned}\tag{12}$$

2. Berdasarkan persamaan (13) dengan diketahui *Optical-Distribution-Point* (ODP) 2 berjarak 2,111 km

$$\begin{aligned}\alpha_{total} &= L \cdot \alpha_{kabel} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + S_p \\ \alpha_{total} &= (2,111 \times 0,25) + (4 \times 0,25) + (0 \times 0) + (7,5) + (10,38) \\ \alpha_{total} &= 0,528 + 1 + 0 + 17,88 \\ \alpha_{total} &= 19,408 \text{ dB}\end{aligned}\tag{13}$$

Berdasarkan persamaan (14) maka didapatkan rumus persamaan untuk menghitung daya di penerima (P_{rx}) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}P_{rx} &= P_{tx} - \alpha_{total} - SM \\ P_{rx} &= 3 - 19,408 - 6 \\ P_{rx} &= -22,408 \text{ dBm}\end{aligned}\tag{14}$$

3. Berdasarkan persamaan (15) dengan diketahui *Optical-Distribution-Point* (ODP) 3 berjarak 2,286 km

$$\begin{aligned}\alpha_{total} &= L \cdot \alpha_{kabel} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + S_p \\ \alpha_{total} &= (2,286 \times 0,25) + (4 \times 0,25) + (0 \times 0) + (7,5) + (10,38) \\ \alpha_{total} &= 0,571 + 1 + 0 + 17,88 \\ \alpha_{total} &= 19,451 \text{ dB}\end{aligned}\tag{15}$$

Berdasarkan persamaan (16) maka didapatkan rumus persamaan untuk menghitung daya di penerima (P_{rx}) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}P_{rx} &= P_{tx} - \alpha_{total} - SM \\ P_{rx} &= 3 - 19,451 - 6 \\ P_{rx} &= -22,451 \text{ dBm}\end{aligned}\tag{16}$$

4. Berdasarkan persamaan (17) dengan diketahui *Optical-Distribution-Point* (ODP) 4 berjarak 2,423 km

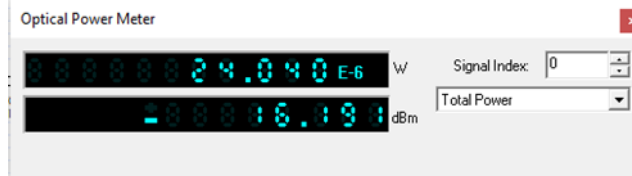
$$\begin{aligned}\alpha_{total} &= L \cdot \alpha_{kabel} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + S_p \\ \alpha_{total} &= (2,423 \times 0,25) + (4 \times 0,25) + (0 \times 0) + (7,5) + (10,38) \\ \alpha_{total} &= 0,605 + 1 + 0 + 17,88 \\ \alpha_{total} &= 19,485 \text{ dB}\end{aligned}\tag{17}$$

Berdasarkan persamaan (18) maka didapatkan rumus persamaan untuk menghitung daya di penerima (P_{rx}) adalah sebagai berikut :

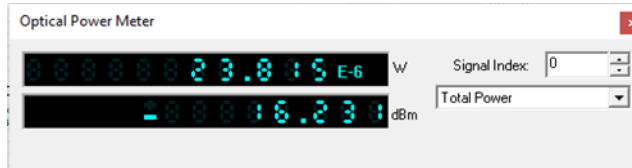
$$\begin{aligned}P_{rx} &= P_{tx} - \alpha_{total} - SM \\ P_{rx} &= 3 - 19,485 - 6 \\ P_{rx} &= -22,485 \text{ dBm}\end{aligned}\tag{18}$$

4.1.2 *Link Power Budget* Berdasarkan Optisystem

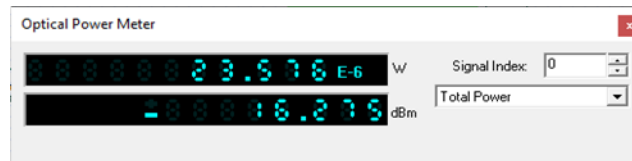
Setelah konfigurasi jaringan fiber optik dibuat sesuai Gambar 5, maka untuk mengetahui nilai Prx pada jaringan yang telah dibuat adalah menggunakan tools *Optical Power Meter* (OPM) yang ada di Optisystem. Hasil pengukuran Optisystem dapat dilihat pada Gambar 6 hingga Gambar 9.



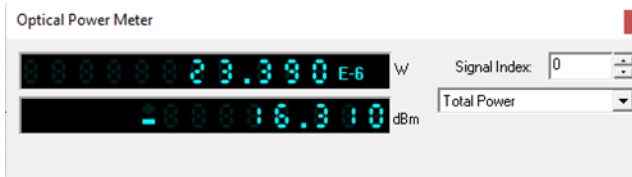
Gambar 6. Nilai Prx pada *Optical-Distribution-Point* (ODP) 1 berjarak 1,948 km



Gambar 7. Nilai Prx pada *Optical-Distribution-Point* (ODP) 2 berjarak 2,111 km



Gambar 8. Nilai Prx pada *Optical-Distribution-Point* (ODP) 3 berjarak 2, 286 km



Gambar 9. Nilai Prx pada *Optical-Distribution-Point* (ODP) 4 berjarak 2,423 km

4.1.3 *Link Power Budget* Berdasarkan Pengukuran Lapangan

Setelah dilakukan perhitungan matematis dan simulasi, selanjutnya dilakukan pengukuran langsung di lapangan menggunakan *Optical Power Meter* (OPM) untuk mengetahui nilai Prx di *Optical-Distribution-Point* (ODP). Gambar 10 dan Gambar 11 merupakan hasil pengukuran redaman di *Optical-Distribution-Point* (ODP) menggunakan *Optical Power Meter* (OPM).



Gambar 11. Hasil pengukuran OPM di ODP 1 berjarak 1,948 km (a) dan ODP 2 berjarak 2,111 km (b)



Gambar 12. Hasil pengukuran OPM di ODP 3 berjarak 2,286 km (a) dan ODP 4 berjarak 2,423 km (b)

4.2 Analisa Hasil

4.2.1 Analisis *Link Power Budget*

Setelah dilakukan perhitungan *link power budget* berdasarkan perhitungan matematis, simulasi menggunakan Optisystem, serta pengukuran dengan *Optical Power Meter* (OPM), maka didapat perbandingan hasil berdasarkan tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Hasil Pengukuran *Link Power Budget*

No	ODP	Jarak	Nilai Prx		
			Perhitungan Matematis	Hasil Simulasi	Pengukuran dengan <i>Optical Power Meter</i> (OPM)
1	ODP 1	1,948 km	-22,367 dBm	-16,191 dBm	-14,55 dBm
2	ODP 2	2,111 km	-22,408 dBm	-16,231 dBm	-15,00 dBm
3	ODP 3	2,286 km	-22,451 dBm	-16,275 dBm	-14,95 dBm
4	ODP 4	2,423 km	-22,485 dBm	-16,310 dBm	-14,76 dBm

Berdasarkan tabel 1 perbandingan nilai Prx antara perhitungan matematis dengan hasil simulasi menggunakan Optisystem terdapat perbedaan. Pada nilai hasil simulasi diatas belum ditambahkan dengan *safety margin* yang ditetapkan PT. Telkom yaitu sebesar 6 dB, sehingga didapatkan nilai Prx hasil simulasi sebesar -16,191 dBm pada *Optical-Distribution-Point* (ODP) 1, -16,231 dBm pada *Optical-Distribution-Point* (ODP) 2, -16,275 dBm pada *Optical-Distribution-Point* (ODP) 3 dan -16,310 dBm pada *Optical-Distribution-Point* (ODP) 4.

Berdasarkan data hasil pengukuran, dilakukan pemasangan jaringan *fiber to the home* di lokasi yaitu Jalan Tali Kota Bambu Selatan, Palmerah Jakarta Barat. Lokasi ini merupakan kawasan perumahan penduduk yang cukup padat. Kondisi di lokasi banyak instalasi kabel yang melintang baik kabel listrik PLN dan juga kabel-kabel milik *provider* telekomunikasi. Selain dilakukan pemasangan jaringan, juga dilakukan pengukuran nilai *link power budget* di *Optical-Distribution-Point* (ODP). Pada tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran nilai *link power budget* pada masing-masing *Optical-Distribution-Point* (ODP) terdapat perbedaan dengan nilai hasil perhitungan matematis. Berdasarkan hasil wawancara dengan petugas yang melakukan pemasangan jaringan diketahui bahwa pengukuran nilai *link power budget* di lapangan mengabaikan nilai *safety margin*. Hal ini dikarenakan tanpa memperhitungkan nilai *safety margin* kualitas jaringan sudah bagus dengan nilai Prx berkisar antara -14,55 dBm sampai -15,00 dBm. Selain diabaikannya nilai *safety margin* perbedaan nilai juga dipengaruhi oleh komponen jaringan seperti *splitter* dan sambungan.

4.2.2 Analisis Rise Time Budget

Parameter kelayakan jaringan yang dianalisis adalah *rise time budget*. *Rise time budget* adalah metode untuk menentukan batasan dispersi suatu link serat optik. Metode ini sangat berguna untuk menganalisa sistem transmisi digital. Tujuan dari metode ini adalah analisis unjuk kerja jaringan secara keseluruhan dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. Spesifikasi alat yang digunakan untuk perhitungan *rise time budget* adalah sebagai berikut :

- Panjang Gelombang : 1577 nm (*Downstream*)
- Bit Rate Downstream (Br) : 10 Gbps
- Rise Time Transmitter (t_{tx}) : 0.035 ns
- Rise Time Receiver (t_{rx}) : 0,035 ns
- Lebar Spektral ($\Delta\sigma$) : 0.1 nm
- Dispersi Material (Dm) : 0.01675 ns/nm.Km
- $T_{intermodal}$: 0 (*single mode*)

Setelah dilakukan perhitungan *rise time* berdasarkan link dari *Optical-Line-Terminal* (OLT) sampai ke *Optical Network Terminal* (ONT) (Pers. 19) kemudian dilakukan analisis *rise time* menurut perangkat. Pada standar perangkat *10-Gigabit Passive Optical Network* (X-GPON), bit rate untuk *downstream* adalah 10 Gbps. Dalam perancangan jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) ini digunakan tipe format persinyalan NRZ. Nilai *rise time* total untuk tipe format persinyalan *Non-Return-Zero* (NRZ) tidak boleh lebih dari 70 % dari periode bit *Non-Return-Zero* (NRZ).

$$\text{Nilai rise time} = \frac{0,7}{\text{Bit rate}} = \frac{0,7}{10 \times 10^9} = 0,07 \text{ ns} = 70 \text{ ps} \quad (19)$$

Setelah diperoleh nilai *rise time* hasil berdasarkan link dan berdasarkan perangkat, kemudian kedua hasil tersebut dibandingkan. Dapat dilihat pada table 2 nilai *rise time* berdasarkan link sebesar 49,60 ps sampai dengan 49,67 ps. Nilai tersebut masih lebih kecil dari nilai *rise time* perangkat yaitu sebesar 70 ps. Dari analisis ini terlihat bahwa jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) yang dirancang ini sudah memenuhi standar *rise time budget* untuk *downstream* dengan format persinyalan *Non-Return-Zero* (NRZ).

Tabel 2. Nilai *rise time budget* hasil perhitungan

No	ON T	Jarak (km)	Nilai Rise Time Budget berdasarkan Link (ps)
1	ON T 1	1,986	49,60
2	ON T 2	2,13	49,62
3	ON T 3	2,312	49,64
4	ON T 4	2,476	49,67

4.2.3 Analisis Bit Error Rate

Tabel 3 menunjukkan hasil simulasi *Bit Error Rate* (BER) yang didapatkan dari simulasi Optisystem. Standar minimum *Bit Error Rate* (BER) yang ditetapkan oleh PT. Telkom adalah 10^{-9} . Analisis ini menyatakan bahwa hasil simulasi lebih kecil dari 10^{-9} dan dapat dikatakan bahwa hasil simulasi sudah bagus. Dari 10^{52} bit yang dikirim terdapat $3.11145 \approx 3$ bit yang *error*. Dari hasil tersebut terlihat bahwa simulasi menggunakan Optisystem bekerja dengan baik dengan nilai performansi jaringan yang baik sesuai dengan standar yang ditetapkan PT.Telkom.

Tabel 3. Nilai *Bit Error Rate* (BER) Hasil Simulasi Optisystem

No	ON T	Jarak (km)	Nilai Rise Time Budget berdasarkan Link (ps)
1	ON T 1	1,986	49,60
2	ON T 2	2,13	49,62

3	ON T 3	2,312	49,64
4	ON T 4	2,476	49,67

4.2.4 Analisis Sistem Keseluruhan

Berdasarkan hasil perhitungan *link power budget* yang dilakukan secara perhitungan matematis, simulasi menggunakan Optisystem, serta perhitungan *rise time budget* dan *Bit Error Rate* (BER), diperoleh perbandingan yang tertulis pada tabel 4. Perbedaan nilai Prx hasil perhitungan matematis, simulasi dan pengukuran dilapang. Dapat dianalisis bahwa hasil simulasi belum ditambahkan dengan *safety margin* sebesar 6 dB. Dari hasil pengukuran di lapangan menunjukkan nilai yang baik. Nilai Prx ini sudah memenuhi standar kelayakan jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) yang ditetapkan PT. Telkom yaitu ≥ -28 dBm.

Tabel 4. Tabel Perbandingan Hasil

No	Link Power Budget			Rise Time Budget	Bit error rate	Status
	Perhitungan Matematis	Simulasi	Pengukuran dengan OPM			
1	-22,367 dBm	-16,191 dBm	-14,55 dBm	49,60 ps	$3,11145 \times 10^{-52}$	Layak
2	-22,408 dBm	-16,231 dBm	-15,00 dBm	49,62 ps	$8,52941 \times 10^{-49}$	Layak
3	-22,451 dBm	-16,275 dBm	-14,95 dBm	49,64 ps	$8,02583 \times 10^{-50}$	Layak
4	-22,485 dBm	-16,310 dBm	-14,76 dBm	49,67 ps	$6,73274 \times 10^{-41}$	Layak

Berdasarkan perhitungan *rise time budget* berdasarkan link dari *Optical-Line-Terminal* (OLT) sampai *Optical-Network-Terminal* (ONT) diperoleh nilai sebesar 49,60 ps sampai dengan 49,67 ps. Hasil tersebut masih lebih kecil dari nilai *rise time* perangkat dengan persinyalan *Non-Return-Zero* (NRZ) sebesar 70 ps.

Nilai *Bit Error Rate* (BER) hasil simulasi menunjukkan nilai yang memenuhi standar minimum *Bit Error Rate* (BER) sebesar 10^{-9} . Dari hasil ini menunjukkan bahwa jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) ini layak untuk beroperasi dan juga mempunyai performansi yang baik.

V. Conclusion

Berdasarkan hasil desain dan pemasangan jaringan FTTH yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Didapatkan rancangan jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) di area Jakarta Barat yaitu di perumahan penduduk di Jalan Tali Kota Bambu Selatan, Palmerah yang berjarak 1,32 km dari STO Slipi.
2. Luaran perangkat lunak Optisystem didapatkan rancangan jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) yang berjalan dengan baik dan didapatkan nilai yang memenuhi standar kelayakan jaringan yang ditetapkan oleh PT. Telkom.
3. Berdasarkan hasil perhitungan matematis *power link budget* diperoleh nilai berkisar -22,367 dBm hingga -22,485 dBm. Sedangkan hasil simulasi diperoleh nilai berkisar -16,191 dBm hingga -16,310 dBm. Hasil pengukuran di lapangan menggunakan OPM menunjukkan nilai berkisar antara -14,55 dBm sampai dengan -15,00 dBm. Hasil perhitungan *rise time budget*, didapat nilai 49,60 ps hingga 49,67 ps. Nilai tersebut lebih kecil dari nilai *rise time* perangkat dengan persinyalan *Non-Return-Zero* (NRZ) sebesar 70 ps. Nilai *Bit Error Rate* (BER) hasil simulasi Optisystem menunjukkan nilai yang lebih kecil dari standar yang ditetapkan PT. Telkom sebesar 10^{-9} . Sehingga dapat disimpulkan bahwa jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) yang didesain layak operasi dan mempunyai performansi yang baik.
4. Berdasarkan pengamatan di lapangan diketahui bahwa pengukuran *link power budget* tidak memperhitungkan nilai *safety margin* karena sudah didapatkan kualitas jaringan yang baik.

REFERENCES

- [1] Ignatia Gita, D.P (2015). Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Home (FTTH) dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) di Private Village, Cikoneng. (Tugas Akhir tidak diterbitkan). Telkom University, Bandung, Indonesia.

- [2] Dimas Hendratno (2016). Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Curb (FTTC) Menggunakan Teknologi 10-Gigabit Capable Passive Optical Network (XGPON) Studi Kasus STO Cempaka Putih Dengan Ducting Bersama. (Tugas Akhir tidak diterbitkan). Telkom University, Bandung, Indonesia.
- [3] Afif Glenta Utama (2018). Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Home (FTTH) Menggunakan Teknologi 10-Gigabit-Passive Optical Network (XGPON) Untuk Perumahan Benda Baru Tangerang Selatan. (Tugas Akhir tidak diterbitkan). Telkom University, Bandung, Indonesia.
- [4] Jovan Krisna. (2017). Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Home (FTTH) Menggunakan Teknologi 10-Gigabit-Capable Passive Optical Network (XGPON) Untuk Pondok Benda Residence, Tangerang. (Tugas akhir tidak diterbitkan). Telkom University, Bandung, Indonesia.
- [5] Mohamad Indra Yanuardin. (2016) . Perancangan Jaringan FTTH (Fiber To The Home). (Tugas akhir tidak diterbitkan). Telkom University, Bandung, Indonesia.
- [6] Anurag Dattu Gaikward. (2018). Eye Diagram Assessment Platform for Fiber-Optic Communications (Tesis, Rochester Institute of Technology, Rochester, Amerika Serikat). Diambil dari <https://pdfs.semanticscholar.org/8d24/>
- [7] Optiwave. (2009). "OptiSystem" Optical Optical Communication System and Amplifier Design Software.