

# PERENCANAAN JARINGAN KOMUNIKASI HALTE TRANSJAKARTA KORIDOR 13 DENGAN TEKNOLOGI *GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK (GPON)*

Agus Sutrisno<sup>1</sup>, Peby Wahyu Purnawan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fakultas Teknik

Universitas Budi Luhur, Jakarta, 12260 Telp : (081227148797

Email : [agsutris01@gmail.com](mailto:agsutris01@gmail.com)

<sup>2</sup>Universitas Budi Luhur, Jakarta, 12260 Telp : (021) 5853753 ext 255

Email : [pebywahyupurnawan@budiluhur.ac.id](mailto:pebywahyupurnawan@budiluhur.ac.id)

## ABSTRAK

Kebutuhan pada pelayanan transportasi publik sangat diperlukan bagi kota metropolitan seperti Jakarta. Transportasi publik dapat menunjang mobilitas semakin cepat. Untuk menunjang meningkatnya pelayanan tentu dibutuhkan jaringan komunikasi dan memiliki media akses yang baik. Dalam penelitian ini membahas perancangan jaringan komunikasi Transjakarta dari halte ke halte di koridor 13 dan Halte ke BLU Jakarta dengan menggunakan media fiber optik dengan teknologi *Gigabit passive optical Network*. Koridor 13 memiliki 15 halte yang dimulai dari Halte Tendeau sampai dengan Halte Ciledug. Dari perancangan, menggunakan arsitektur jaringan FTTH dengan komponen penyusun jaringan fiber optik pengirim (*transmitter*), media transmisi dan penerima (*receiver*) serta memerlukan beberapa perangkat yang dapat dikategorikan dalam komponen aktif dan pasif. Dalam perancangan penelitian ini mengacu pada standar teknologi Giga sesuai ITU-T G.984. Dari peletakan infrastruktur jaringan optik tersebut telah dianalisa menggunakan perhitungan dan *software Optisystem* untuk nilai redaman total dari HBTS Deplu hingga pelanggan didapatkan nilai terendah yaitu 11,5 dBm dan nilai tertinggi 26,8 dBm, hasil tersebut telah memenuhi standar yaitu <28 dBm. Dan nilai *power receive* yang didapatkan adalah -24,29 dBm hingga -27,18 dBm, hasil ini sesuai dengan standar yang diharapkan yaitu -8 dBm sampai -28 dBm. Pada perhitungan nilai *rise time* sistem maksimum yang dihasilkan adalah 0,16 ns dengan persyaratan nilai *rise time* yaitu tidak lebih dari 0,56 ns. Sehingga hasil rancangan layak untuk di implementasikan.

Kata kunci: Jaringan Komunikasi, Transjakarta, *Gigabit passive optical Network*., FTTH, *Optisystem*

## ABSTRACT

*The need for public transportation services is indispensable for a metropolitan city like Jakarta. Public transportation can support faster mobility. To support the increase in services, of course, a good communication network and media access is needed. In this research, it discusses the design of the Transjakarta communication network from bus stops in corridor 13 and Halte to BLU Jakarta using fiber optic media with Gigabit passive optical Network technology. Corridor 13 has 15 bus stops starting from the Tendeau bus stop to the Ciledug bus stop. From the design, using the FTTH network architecture with the constituent components of the optical fiber network sending (transmitter), transmission media and receiving (receiver) and requires several devices that can be categorized into active and passive components. In this research design refers to the Giga technology standard according to ITU-T G.984. From the placement of the optical network infrastructure, it has been analyzed using Optisystem calculations and software for the total attenuation value of HBTS Deplu until the customer gets the lowest value of 11.5 dB and the highest value is 26.8 dBm, these results have met the standard, namely <28 dB. And the received power value is -24.29 dBm to -27.18 dBm, this result is in accordance with the expected standard, namely -8 dBm to -28 dBm. In the calculation of the resulting maximum system rise time value is 0.16 ns with the requirements for the rise time value that is not more than 0.56 ns. So that the design results are feasible to implement.*

*Keywords: Communication Network, Transjakarta, Gigabit passive optical Network., FTTH, Optisystem*

## I. PENDAHULUAN

Transjakarta merupakan moda transportasi di Jakarta yang menggunakan sistem teknologi jaringan *Metro-E* yang terdapat perangkat aktif di tiap *node* dan penelitian ini menggunakan teknologi GPON. Perangkat aktif untuk jaringan GPON hanya terdapat di *PE* dan *CPE*. Saat ini koridor 13 (Tendean-Ciledug) belum terkoneksi jaringan masih belum terkoneksi ke kantor Pusat Transjakarta di BLU Cawang Jakarta Timur.

Dalam pengoperasionalan di Koridor 13 dari hasil *interview* dengan petugas saat ini menggunakan *server local* milik Transjakarta yang digunakan untuk *tap gate* halte dan CCTV serta belum dapat terkoneksi jaringan Pusat Transjakarta. Untuk memenuhi komunikasi pada tiap koridor sehingga terintegrasi menggunakan fiber optik PT Iforte Solusi Infotek maka dilakukan perancangan jaringan komunikasi menggunakan teknologi GPON (*Gigabit Passive Optical Network*). Dalam perancangan ini menggunakan arsitektur jaringan *Fiber to The Home* (FTTH). Fiber optik memiliki konektivitas cepat dan memiliki bandwidth besar. Dengan menggunakan teknologi FTTH dapat menikmati layanan *triple play*. [6]

Dari hasil penelitian pada artikel pada salah satu perumahan di Batam yang menggunakan jaringan lama yang memiliki jalur akses data yang terbatas. *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) adalah salah satu teknologi yang bermula dari *passive optical network* (PON) yang kemudian berevolusi dan berkembang hingga sampai tahap sekarang. [1].

GPON merupakan teknologi yang dikembangkan oleh ITU-T via G.984 dan hingga kini bersaing dengan GEPON (*Gigabit Ethernet PON*), yaitu PON versi IEEE yang berbasis teknologi Ethernet. GPON menggunakan sistem *Multiplex* dari sinyal optik dikirim ke *splitter*.

Dengan komunikasi yang cepat Transjakarta dapat menjadikan pengguna transportasi merasa aman dan nyaman. Hasil analisa pengguna bus transjakarta koridor I yang merupakan koridor favorit dapat mencapai 70.226 per harinya. [5]

Dari hasil pengamatan untuk kendala dihadapi pada koridor *existing* yaitu menggunakan *Metro-E* adalah jika salah satu *node offline* maka berimpact ke halte yang lainnya dan mengakibatkan komunikasi terganggu. Hal tersebut dapat berdampak kepada kepuasan dan keamanan pengguna layanan Transjakarta. Maka disimpulkan bahwa teknologi *existing* sangat bergantung dengan power listrik.

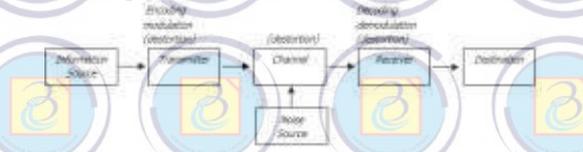
Dalam perancangan ini mengamati jalur pada Koridor 13 (Tendean-Ciledug) dengan menggunakan arsitektur jaringan FTTH dan penerapan via *software Optisystem*. Serta mengetahui konfigurasi GPON, *Power Link*, *Budget*, *Rise Time Budget*, Redaman pada jaringan koridor 13.

## II. TEORI DASAR

### A Sistem Telekomunikasi

Sistem telekomunikasi mempunyai tiga bagian yaitu *Transmitter*, media transmisi dan *Reciver*.

Dimana *transmitter* mengirimkan sumber informasi yang merupakan pesan yang ingin disampaikan. Selanjutnya rangkaian akan mengubah informasi yang akan dikirimkan ke dalam bentuk sinyal yang sesuai dengan media yang akan dilaluinya. Lalu *receiver* (*Rx*) mengubah kembali sinyal yang diterima dari media transmisi ke bentuk sumber informasi awal. Pada gambar 1 merupakan proses sistem informasi. [4]



Gambar 1 Proses Informasi

Proses komunikasi diklasifikasikan menurut arah informasi yakni arah informasi satu arah atau arah informasi dua arah. Dalam tekniknya, informasi yang ditransmisikan tersebut dapat berupa sinyal listrik ataupun elektromagnetik. Kualitas dan kemampuan suatu media transmisi pada umumnya tergantung pada beberapa faktor *Bandwidth*, *Noise*, Radiasi dan *Attenuation*.

### B Serat Optik

Dalam perencanaan jaringan di koridor menggunakan media fiber optik yang merupakan sebuah teknologi kabel yang menggunakan benang mengirimkan data. Prinsip kerja fiber optic tergantung pada prinsip jumlah refleksi internal. Refleksi cahaya atau dibiarkan berdasarkan sudut yang menyerang permukaan. Gelombang cahaya diarahkan ke ujung serat dengan direfleksikan di dalam inti. Pada gambar 2 adalah kabel fiber optik.

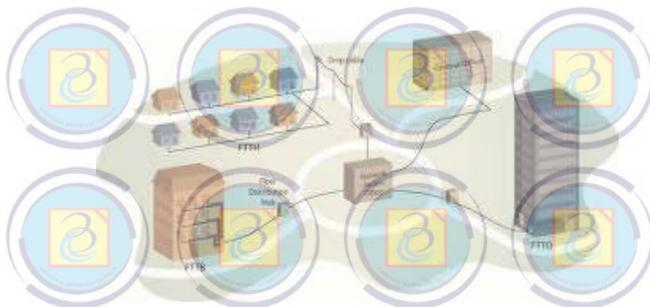


Gambar 2 Serat Optik

Ada dua jenis kabel fiber optik yaitu *Singlemode* dan *Multimode*. Sumber cahaya fiber optik ini ada 2 macam yaitu LED dan Laser. Spektrum sumber cahaya mempengaruhi kinerja optik sistem komunikasi melalui dispersi serat. Teknologi yang mendukung untuk kebutuhan tersebut adalah GPON dengan model *Fiber To The Home* (FTTH). Kecepatan teknologi GPON mampu mencapai 2,4 Gbps untuk *downstream* dan 1,2 Gbps untuk *upstream*.

### C Arsitektur Jaringan FTTH

Ada beberapa teknologi jaringan fiber optik berdasarkan letak titik konversi optik (TKO) dan batas terakhir kabel optik ke arah pelanggan yang berfungsi sebagai lokasi konversi sinyal optik ke sinyal elektronik. Pada gambar 3 merupakan arsitektur jaringan FTTH. [4]



Gambar 3 Arsitektur FTTx [4]

1. *Fiber To The Building (FTTB)*

Untuk FTTB TKO terletak didalam gedung. Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel *coaxial indoor* atau menggunakan kabel LAN. FTTB dapat diterapkan bagi pelanggan bisnis di gedung-gedung bertingkat atau *apartement*. [4]

2. *Fiber To The Curb (FTTC)*

TKO terletak di sebuah tempat di luar bangunan, didalam kabinet atau diatas tiang dengan kapasitas lebih kecil. FTTC dapat diterapkan bagi pelanggan bisnis yang terletak berkumpul di suatu area terbatas namun tidak berbentuk gedung-gedung bertingkat atau bagi pelanggan perumahan yang pada waktu dekat akan menjadi pelanggan jasa hiburan.

3. *Fiber To The Zone (FTTZ)*

TKO terletak disuatu tempat di luar bangunan, baik di dalam kabinet dengan kapasitas besar. FTTZ umumnya diterapkan pada daerah perumahan yang letaknya jauh dari sentral atau infrastrukturnya *duct* pada arah yang bersangkutan sudah tidak memenuhi lagi untuk ditambahkan dengan kabel *coaxial*.

4. *Fiber To The Home (FTTH)*

Suatu teknologi penghantaran isyarat optik dari pusat penyedia jasa ke kawasan pengguna dengan menggunakan fiber optik sebagai media pengantarannya. Perkembangan teknologi dikarenakan fiber optik menggantikan kabel konvensional (*coaxial*) serta dapat layana triple play service yaitu televisi (IPTV), telepon (VoIP) dan Data (Video). Dengan panjang gelombang (*wavelength*) 1490 nm dari hilir (*downstream*) dan panjang gelombang 1310 nm dari hulu (*upstream*).

D Teknologi GPON

GPON merupakan salah satu teknologi yang dikembangkan oleh ITU-T G.984 dan hingga kini bersaing dengan GEPON (*GigabitEthernet PON*), yaitu PON versi IEEE yang berbasiskan teknologi Ethernet. Standar G.984 mendukung bit rate yang lebih tinggi, perbaikan keamanan, dan pilihan protokol layer 2 (ATM, GEM, atau Ethernet).

GPON ataupun GEPON, menggunakan serat optik sebagai medium transmisi. Dari sentral hingga ke arah subscriber akan didistribusikan menggunakan splitter pasif (1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, 1:64). GPON menggunakan TDMA sebagai teknik *multiple access upstream* dengan data rate sebesar 1.2 Gbps dan menggunakan *broadcast* kearah *downstream* dengan data rate sebesar 2.5 Gbps. Model paketisasi data menggunakan GEM (*GPON Encapsulation Methode*) atau ATM cell untuk membawa layanan TDM dan *packet based*. GPON jadi memiliki efisiensi *bandwidth* yang lebih baik dari BPON (70 %), yaitu 93 %.[3]

E Standarisasi Teknologi GPON

Untuk teknologi GPON standarisasi jaringan yang dijadikan acuan dalam perencanaannya yaitu ITU. ITU merupakan salah satu agensi khusus PBB, yang bermarkas di Jenewa, Switzerland. ITU-T (*International Telecommunication Union of Telecommunication*) yaitu standar internasional dibidang Telekomunikasi baik itu telepon dan data.

Dalam perencanaan jaringan FTTH ini perhitungan link *power budget* digunakan untuk mengetahui besar nilai redaman total yang diperbolehkan antara daya pemancar dan sensitivitas penerima. Menurut ketentuan ITU-T G984, daya terima yang diizinkan dalam teknologi GPON adalah sebesar -28 dB.

Prinsip kerja dari GPON yaitu ketika data atau sinyal dikirimkan dari OLT, maka ada bagian *splitter* yang berfungsi untuk memungkinkan serat optik tunggal dapat mengirim ke berbagai ONT. Untuk ONT sendiri akan memberikan data-data dan sinyal yang diinginkan oleh user. Arsitektur sistem GPON berdasarkan pada TDM (*Time Division Multiplexing*) sehingga mendukung layanan T1, E1, dan DS3. Pada tabel 1 adalah standarisasi teknologi GPON.

TABLE I. STANDARISASI GPON

Parameter	Spesifikasi
<i>Standardization</i>	ITU-T G.984
<i>Frame</i>	SATM / GEM
<i>Speed Downstream</i>	S
<i>Speed Upstream</i>	1.2 / 2.4 Gbps
<i>Service</i>	Data , voice , vidio
<i>Downlink Wavelength</i>	1490 Nm

Uplink Wavelength	1310 Nm
Splitter	Passive
Max. Transmission Distance	20 Km

1. *desiBell* adalah unit yang menghitung perbandingan logaritma berbasis sepuluh antara daya Keluar (*output*) dengan daya masuk (*input*) yang dikalikan dengan 10. Rumus umumnya adalah:  $GAIN / LOSS = 10 \times \log_{10} \left( \frac{P_{output}}{P_{input}} \right)$ , *desibel*. (1)

#### 2. Penguatan daya (*Gain*)

Adalah suatu besaran yang dihasilkan oleh perbandingan antara besar sinyal keluaran dan sinyal masukan dalam bilangan logaritmis 10 dengan satuan dB, dimana sinyal keluar lebih besar dari sinyal masuk.

$$Gain = 10 \times \log_{10} (p_o / p_i) \text{ Db} \quad (2)$$

*Gain* dalam satuan *desibell* mempunyai nilai bilangan positif yang merupakan ekuivalent dengan perkalian bilangan bulat.

#### 3. Redaman daya (*Loss*)

Adalah besaran yang dihasilkan oleh perbandingan antara besar sinyal keluaran dan sinyal masukan dalam bilangan logaritmis 10 dengan satuan dB. Redaman atau rugi rugi yang dalam istilah telekomunikasi disebut dengan LOSS adalah merupakan hasil dari suatu hambatan daya yang diakibatkan oleh media transmisi (*Attenuation Distortion*) atau hasil dari operasi Attenuator.

$$LOSS = 10 \times \log (p_{in} \text{ watt} / p_{out} \text{ watt}) \text{ dB} \quad (3)$$

#### 4. Daya (*Power*)

Merupakan besaran kekuatan suatu sinyal yang dihasilkan oleh perangkat. Dilambangkan dengan Notasi : P. Mempunyai beberapa Satuan diantaranya : *Watt* (W), *milliWatt* (mW), *deciBell milliWatt* (dBm), *deciBell Watt* (dBW).

$$WATT = 10 \times \log (p_{in} \text{ watt} / 1 p_{out}) \text{ dB} \quad (4)$$

#### F Parameter Kelayakan Jaringan

Parameter yang digunakan dalam perencanaan jaringan sesuai dengan standarisasi dari ITU-T G984 antara lain:

##### 1. *Power link budget*

Merupakan sebagai syarat agar link yang dirancang dayanya melebihi batas ambang dari daya

yang dibutuhkan. Untuk menghitung *Link power budget* dapat dihitung dengan rumus:

$$\alpha_{tot} = L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + Sp + Ri \quad (5)$$

Keterangan :

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

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

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

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

Pt = Daya keluaran sumber optik (dBm)

Pr = Sensitivitas daya maksimum detektor (dBm)

SM = *Safety margin* sekitar 6-8 Db

L = Panjang serat optik (Km)

Ns = Jumlah sambungan

Nc = Jumlah konektor

Sp = Redaman splitter (dB)

##### 2. *Power margin*

Merupakan besarnya daya yang tersisa dari daya pancar setelah dikurangi nilai *loss* selama proses pentransmision dan pengurangan terhadap sensitivitas *receiver*. *Margin* daya disyaratkan harus memiliki nilai lebih dari 0 (nol) dBm, margin day adalah daya yang masih tersisa dari power transmit setelah dikurangi dari *loss* selama proses pentransmision, pengurangan dengan nilai *safety margin* dan pengurangan dengan nilai sensitifitas *receiver*. Bentuk persamaan untuk perhitungan margin daya adalah :

$$M = (Pt - Pr) - \alpha_{tot} - SM \quad (6)$$

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

Pt = Daya keluaran sumber optik (dBm)

Pr = Sensitivitas daya maksimum detektor (dBm)

SM = *Safety margin* sekitar 6-8 Db

##### 3. *Rise time budget*

Metode untuk menentukan batasan dispersi suatu link serat optik. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisa apakah unjuk kerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan 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 :

$$T_{total} = (T_{tx} + T_{intermodal}^2 + T_{material}^2 + T_{rx}^2)^{1/2} \quad (7)$$

Keterangan :

$t_x$  = Rise time transmitter (ns)

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

$T_{intermodal}$  = Bernilai nol (untuk serat optik single mode)

$$T_{intermodal} = T_{material} + T_{waveguide}$$

$$T_{material} = \Delta\sigma \times L \times Dm$$

$$T_{waveguide} = \frac{L}{C} \left[ N2 + N2\Delta \left( \frac{vb}{dv} \right) \right]$$

$\Delta\sigma$  = Lebar Spektral (nm)

L = Panjang serat optik (Km)

Dm = Dispersi Material (ps/nm.Km)

N2 = Indeks bias selubung

C = Kecepatan rambat cahaya  $3 \times 10^8$

$$V = \frac{2\pi \times a}{\lambda} \times n1 \times (2x \Delta s)^{1/2}$$

A = Jari-jari inti

n1 = Indek bias inti

n2 = Indek bias selubung

#### 4. Signal to Noise Ratio (SNR)

Pada semua jenis sistem transmisi data (SNR) merupakan parameter yang harus diperhatikan. SNR digunakan untuk menunjukkan seberapa banyak noise mengganggu sinyal yang ditransmisikan. Untuk mengukur SNR, diperlukan instrumen *Optical Spectrum Analyser* (OSA). Nilai OSNR tidak dipengaruhi oleh format data, bentuk pulsa, atau *bandwidth* sistem, melainkan hanya daya sinyal dan *noise* yang terbaca di OSA yaitu:

$$SNR = 10 \log P_{signal} / P_{noise} \quad (8)$$

SNR dapat pula dinyatakan dalam variabel Q-factor. Q-factor merepresentasikan optical SNR untuk komunikasi optik biner/digital dan memudahkan analisis performa sistem. Persamaan 9 digunakan untuk dapat memberikan hubungan antara OSNR, Q-factor, dan BER.

$$Q = \frac{z\sqrt{2OSNR}}{1+\sqrt{1+4OSNR}} \quad (9)$$

#### 5. Bit Error Rate (BER)

Sinyal optik yang dikirimkan melalui jaringan FTTH berupa pulsa-pulsa cahaya yang masing-masing membawa satu bit data. Tidak semua bit dapat terkirim sempurna. BER didefinisikan sebagai jumlah terjadinya error tiap jumlah bit data terkirim pada suatu sistem digital maka :

$$BER = \frac{NE}{NT} \quad (10)$$

Pada jaringan komunikasi optik secara umum, nilai BER yang harus dipenuhi adalah BER  $10^{-6}$

sampai dengan  $10^{-9}$ . Nilai BER dapat pula dinyatakan dalam Q-factor melalui persamaan berikut .[3]

$$BER = Pe(Q) \approx \frac{1e^{-Q^2/2}}{\sqrt{2\pi}Q} \quad (11)$$

#### G Optisystem 2007

Sebuah simulator yang berbasis pada pemodelan sistem komunikasi optik yang bersifat nyata. *Optisystem* merupakan perangkat lunak yang komprehensif yang memungkinkan kita untuk mendesain, menguji, dan mensimulasikan jaringan optik. Selain itu, *Optisystem* dilengkapi dengan instrumen virtual sehingga kita bisa melakukan penelitian tanpa terkendala oleh ketersediaan peralatan. Pada gambar 4 merupakan tampilan awal *software optisystem*. [1]



Gambar 4 Software Optisystem

### III. PERANCANGAN JARINGAN

#### A Lokasi Perancangan

Penentuan lokasi perancangan jaringan FTTH dimulai dengan melakukan penelitian dan perumusan masalah pada jaringan Transjakarta. Dimana permasalahan yang terjadi pada koridor 13 yang belum terkoneksi menggunakan kabel optik PT Iforte Solusi Infotek. Koridor 13 transjakarta adalah koridor beroperasi di Jakarta Selatan dari Tendean menuju ke Ciledug. Jalur koridor ini memiliki total panjang  $\pm 10$  KM dan memiliki 15 Halte.

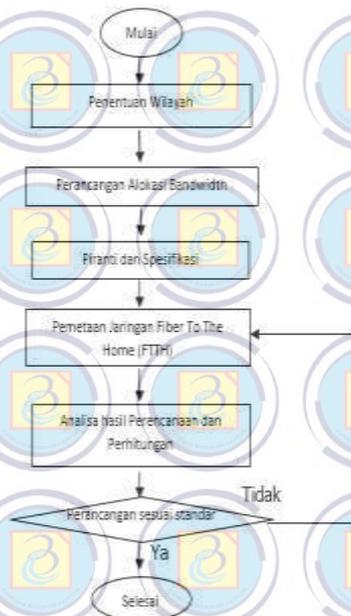
#### B Perancangan Jaringan dan Wilayah

Koridor 13 Transjakarta melewati pusat perkantoran, pusat perbelanjaan serta perusahaan-perusahaan yang berpotensi sebagai pelanggan di masa mendatang. Dengan perencanaan pembangunan jaringan serat optik di Koridor 13 ini dapat mengembangkan jaringan serat optik yang telah dimiliki oleh perusahaan Iforte Solusi Infotek dan mengkoneksikan halte-halte di koridor 13 ke jaringan *existing*. Dalam perancangan FTTH perlu di perhatikan seperti panjang kabel, jumlah sambungan kabel atau *splice*, piranti-piranti, menghitung jumlah *power transmits* yang harus dipertimbangkan. Dan pada pembahasan ini

menganalisis kelayakan hasil perencanaan jaringan dengan menggunakan parameter *power link budget* dan *rise time budget*.

### C Desain Perancangan Jaringan

Desain perancangan jaringan Transjakarta ditampilkan dalam diagram alir sebagaimana pada gambar 5 berikut.



Gambar 5 Diagram alir perancangan

Desain perancangan fiber optik ini untuk koridor 13 Transjakarta dengan arsitektur FTTH dan selanjutnya menentukan titik-titik penempatan ODC, ODP dan ONT, menggunakan *google earth* dengan menyesuaikan lokasi OLT (Node DC iforte).

### D Penentuan Wilayah

Wilayah perancangan adalah koridor 13, dimana koridor ini belum terkoneksi menggunakan kabel optik PT Iforte Solusi Infotek. Koridor 13 Transjakarta merupakan salah satu jalur padat di Jakarta, dan merupakan koridor baru yang beroperasi sejak Agustus 2017. Jalur koridor ini memiliki total panjang 10 KM dan tiap halte berjarak 500–800 Meter serta memiliki 15 Halte. Koridor 13 memiliki jalur bus ke pusat-pusat di Jakarta. Berikut gambar 6 yang merupakan peta koridor 13.



Gambar 6 Peta Jalur Koridor 13

Dari jenis wilayah berdasarkan kepadatan di sepanjang jalan yang dilewati koridor 13 termasuk

jenis wilayah urban yaitu wilayah yang mempunyai kegiatan utama bukan pertanian dengan susunan fungsi kawasan sebagai tempat permukiman perkotaan, pemusatan dan distribusi pelayanan jasa pemerintahan, pelayanan sosial, dan kegiatan ekonomi.

### E Piranti-Piranti dan Spesifikasi

#### 1. OLT (Optical Line Terminal)

OLT yang digunakan dalam perencanaan jaringan FTTH sesuai dengan standard ITU-T G.984. Pemilihan perangkat OLT ini sebaiknya dapat melihat nilai *Optical Transmit Power* (Tx) yang sebaiknya bernilai besar karena berpengaruh pada *link power budget* dan juga memperhitungkan nilai lebar *spectral* ( $\Delta\lambda$ ), *rise time* dan *fall time* yang sebaiknya bernilai relatif kecil karena berpengaruh terhadap nilai *rise time budget*. Spesifikasi OLT yang digunakan dapat dilihat pada tabel II.

TABLE II. SPESIFIKASI OLT

Parameter	Spesifikasi
<i>Optical Transmit Power</i>	11 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>	150 Ps
<i>Optical Fall Time</i>	150 Ps
<i>Max. Work Temperature</i>	45 C
<i>Min. Work Temperature</i>	-5 C
<i>Power Supply (DC)</i>	-48 V

#### 2. Kabel Fiber Optik

Adalah fiber optik yang mempunyai standar sesuai dari ITU-T G.652 untuk kabel distribusinya dan ITU-T G.657 untuk kabel *drop fiber optik*. Kabel fiber optik menggunakan sumber cahaya LED, selain untuk tujuan komersial pemilihan sumber cahaya ini digunakan untuk lokal area yang jaraknya tidak lebih dari 20 KM. Spesifikasi Kabel Fiber Optik Standar ITU-T G.657 adalah *Attenuation 1330* sebesar  $\leq 0.35$  Dan *Attenuation 1550* sebesar  $\leq 0.21$ .

### 3. Connector

Yang digunakan dalam jaringan FTTH adalah konektor SC (*Subscriber Connector*). Konektor SC digunakan pada setiap bagian dari komponen OLT, ODC, ODP dan ONT. Untuk Spesifikasi connector adalah 0,2 dB.

### 4. Splitter

Yaitu ada 2 tipe yaitu splitter 1:4 digunakan di ODC dan splitter 1:8 digunakan pada ODP. Berikut spesifikasi beberapa *splitter* dan *loss* redamannya, untuk 1:4 adalah 7,25 dB dan 1:8 adalah 10,38 dB.

### 5. ONT (*Optical Network Terminal*)

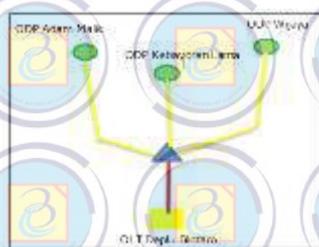
Dalam perencanaan ini menggunakan perangkat dengan spesifikasi seperti pada tabel III.

TABLE III. SPESIFIKASI PERANGKAT ONT

Parameter	Spesifikasi
<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>Max. Transmission Distance</i>	20 Km
<i>Power Consumption</i>	≤16 Watt
<i>Sensitivity</i>	-28 dBm
<i>Optical Rise Time</i>	200 Ps
<i>Optical Fall Time</i>	200 Ps
<i>Max. Work Temperature</i>	45 °C
<i>Min. Work Temperature</i>	-5 °C

### F Pemetaan Jaringan Fiber To The Home (FTTH)

Pemetaan dimulai dari OLT/central office sampai ke halte koridor 13 menggunakan *google earth* selanjutnya dibuat pemetaan jaringan FTTH seperti gambar 7 berikut.



Gambar 7 Pemetaan Jaringan FTTH di Koridor 13

Pemetaan yang dimulai dari OLT kemudian terhubung ke ODC, lalu ODC terhubung ke semua

ODP yang ada di Koridor 13 yaitu ODP Wijaya, ODP Kebayoran Lama, dan ODP Ciledug Raya.



Gambar 8 Pemetaan ODP di koridor 13

### 1. Lokasi OLT

Untuk menentukan letak OLT, ODC dan ODP di koridor 13. OLT termasuk dalam *Input Central* dalam jaringan FTTH, dalam perencanaan jaringan ini cukup digunakan 1 port pada OLT yaitu di HBTS Deplu Bintaro yang juga sebagai data center dari PT Iforte Solusi Infotek untuk area Jakarta Selatan dan sekitarnya. Untuk pemilihan lokasi Deplu sebagai letak OLT ini karena berjarak ± 5km, dimana teknologi yang digunakan memaksimal jarak OLT dan ONT sekitar 20 Km.



Gambar 9 Letak OLT di HBTS Deplu Bintaro

### 2. Kabel Feeder

Feeder cable FO berkisar panjang kabelnya ± 4.65 Km dari OLT HBTS Deplu Bintaro yang menuju ODC di Kebayoran Lama, karena dalam setiap penarikan kabel FO setiap jarak tertentu terdapat *loop/spare* kabel sekitar namun tidak di setiap *handhole* terdapat kabel *spare* dengan bertujuan apabila kabel FO tersebut putus maka *loop* tersebut itu bisa digunakan sebagai *spare/sisa* kabel yang dapat disambung. Untuk kabel *feeder* yang digunakan dalam perencanaan ini menggunakan kabel 48 core.

### 3. Lokasi ODC

Menentukan lokasi ODC didasarkan pada efisiensi jarak jaringan, kebutuhan jumlah pelanggan dan batas minimum redaman yang diperbolehkan dari jaringan FTTH. Pada setiap ODC terdapat *passive splitter 1:4* yang mempunyai redaman yang cukup besar yang dapat mempengaruhi ONT dilokasi. Kabel fiber optik yang keluar dari dalam ODC yang kemudian masuk kedalam ODP semuanya menggunakan kabel optik 48 core dan 24 core. ODC di dalam perencanaan jaringan ini 1 unit ODC

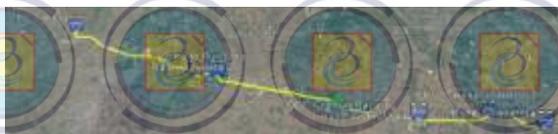
dengan jumlah port 96 slot/port adapter output splitter.

#### 4. Kabel Distribusi

Merupakan segmen kedua dalam jaringan FTTH dan di dalam perencanaan jaringan ini membutuhkan ± 10,83 KM. Pada tabel berikut rincian untuk panjang kabel distribusi .

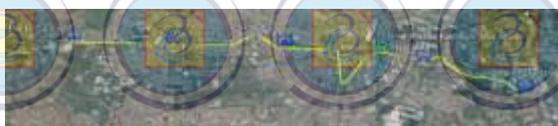
#### 5. Lokasi ODP

Lokasi ODP pada perencanaan dengan melihat pembagian jarak di sepanjang serta memperhatikan kapasitas yang disediakan oleh ODC. Untuk satu ODP menggunakan jenis *passive splitter* 1:8 yang menghasilkan maksimal 8 jumlah pelanggan. Berikut pemetaan ODP pada koridor 13 Pada gambar 10 merupakan pemetaan Jalur ODP Ciledug Raya ke ONT .



Gambar 10 merupakan pemetaan Jalur ODP Ciledug Raya

Pada pemetaan ONT untuk ODP Ciledug Raya yang meliputi halte-halte di koridor 13 bagian barat yaitu meliputi Halte CBD Ciledug, Puri Beta 1, Puri Beta 2, Halte Adam Malik, Halte JORR dan Halte Swadarma.



Gambar 11 Pemetaan ODP di Kebayoran Lama.

Pada pemetaan di ODP Kabayoran lama mencakup halte Mayestik, Halte Velbak, Halte Kebayoran Lama, Halte Seskoal dan Halte Cipulir. Untuk penempatan ODP Kebayoran lama berada di Halte Ps Kebayoran Lama yang terkoneksi di jalur koridor

8. Penempatan ODP di lokasi tersebut bertujuan untuk menghemat material seperti rak, *Splitter* 1:8 dan meminimalisir jumlah sambungan / *splice* kabel fiber optik karena di Halte Ps Kebayoran Lama sudah terintegrasi dengan jaringan Iforte.



Gambar 12 Pemetaan ODP Wijaya

Pada pemetaan bagian ketiga ini dimana wilayah ODP Wijaya meliputi halte CSW, Halte Tirtayasa yang berada di Jl Trunojoyo serta Halte Rawa Barat yang berada di Mampang dan yang terakhir Halte Tendeen. Dari masing-masing ODP ini terhubung ke

halte dengan maksimal jarak ± 3,7 KM. ODP dalam jaringan FTTH berjumlah 3 unit didapatkan dengan pemetaan wilayah dan panjang jalur koridor 13. Pada perencanaan ini difokuskan pada halte transjakarta dan juga di rencanakan untuk potensi pelanggan di masa mendatang.

#### 6. Letak ONT

Untuk penentuan penempatan ONT berfokus untuk di Transjakarta di koridor 13. Untuk ONT berada di dalam rak server Transjakarta tiap halte di koridor 13.

#### 7. *Passive Splitter*

*Passive splitter* yang digunakan 1 buah *passive splitter* 1:4 berada di ODC dan *passive splitter* 1:8 berada di ODP.

#### 8. *Drop Cable*

*Drop cable* ini menggunakan kabel FO 2 core biasa yang disebut dengan kabel DW (*Drop Wire*). *Drop Cable* untuk menghubungkan ONT ke ODP.

#### 9. *Connector SC*

Penggunaan di sisi pelanggan 15 Unit sesuai jumlah perencanaan, di output ODP sekitar 24 pcs namun hanya di gunakan 15 pcs dan input ke ODP 3 pcs, lalu output dari ODC yaitu 3 psc dan input ke ODC 1 psc. Total connector yang digunakan adanya 38 pcs.

#### 10. *Splicing*

Dihitung dari jumlah core yang digunakan 3 core sisanya 21 core untuk *spare core*, penyambungan di OLT 1 core, 1 core di input ODC, 3 core di output ODP dan 15 core di input ONT . Penentuan jumlah perangkat

Pada perencanaan ini untuk konfigurasi jaringan FTTH menggunakan teknologi GPON dari HBTS Deplu Bintaro sampe halte-halte di koridor 13. Ditarik kabel berjumlah 48 core dibagi ke 1 ODC, dari ODC beberapa kabel digunakan untuk menyalurkan ke masing-masing ODP. Sisa dari kabel ODC yang murni tidak terpakai disimpan sebagai cadangan apabila ada salah satu core yang bermasalah. Dan dari ODP disalurkan lagi ke ONT menggunakan *Drop Kabel*.

TABLE IV. PERENCANAAN JUMLAH PERANGKAT

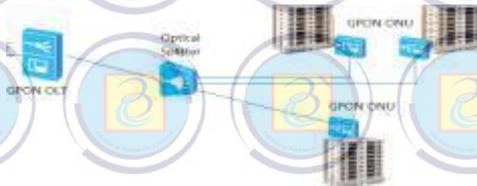
Perangkat	Jumlah
OLT	1 Unit
Feeder Cabel FO	4.65 KM
ODC	1 Unit

Distribusi Cable FO	10.83 KM
ODP	3 Unit
Drop Kabel	25.62 KM
Passive Splitter 1:4	1 psc
Passive Splitter 1:8	3 psc
ONT	15 pcs
Connector SC	38

Pada tabel IV menjadi acuan dalam perhitungan *link budget* dan *rise budget*. Dari hasil-hasil perhitungan menentukan layak atau tidak layaknya sebuah perencanaan jaringan FTTH.

### G Konfigurasi Jaringan GPON

Konfigurasi merupakan pengaturan suatu perangkat yang digunakan untuk jaringan pengiriman data. Konfigurasi ONT yang digunakan *Huawei Hg8245a* dengan 2 port *Line telephone* dan 4 port LAN. Konfigurasi ONT yang digunakan pada koridor 13 yaitu 2 port LAN digunakan untuk *Tap gate* dan *IP Phone* dengan *VLAN 101* dan *102*.



Gambar 13 Topologi Jaringan GPON

Pada topologi jaringan GPON menunjukkan bagian-bagian dari jaringan FTTH. Selanjutnya melakukan konfigurasi pada jaringan GPON, pada gambar 14 adalah konfigurasi pada jaringan GPON koridor 13.



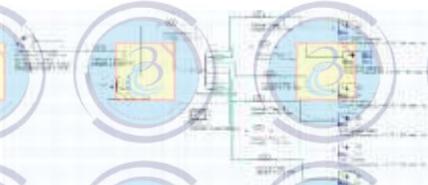
Gambar 14 Konfigurasi Jaringan GPON pada Halte Tendean

Pada konfigurasi GPON ini menjelaskan tentang deskripsi Halte yang tersetting, serta mengatur *bandwidth* yang digunakan untuk tiap halte. Pada konfigurasi diatas merupakan konfigurasi pada halte tendean, konfigurasi yang lainnya sama dengan halte tendean hanya merubah deskripsi nama haltenya.

### H Simulasi FTTH Menggunakan Software Optisystem

Pengujian simulasi ini dapat dilakukan menggunakan *software optisystem*. Dalam pengujian yang pertama dilakukan yaitu mendesign topologi FTTH yang digunakan pada layer di *Optisystem*. Selanjutnya melakukan input data spesifikasi fiber optik, panjang kabel fiber optik dan

*splitter* yang digunakan. Pada gambar 15 merupakan *design downlink* di ODP Ciledug Raya .



Gambar 15 Downlink di ODP Ciledug Raya

Pada gambar 16 merupakan *design downlink* ODP Ciledug Raya, design ini menggambarkan topologi dari OLT Deplu Bintaro dengan *frequency 1490 nm* dan *power 11 dB*, sinyal optik dikirimkan menggunakan kabel *feeder* sepanjang 4.65 KM menuju ke ODC Kebayoran Lama selanjutnya sinyal optik di-transmisikan menggunakan kabel *distribusi* sepanjang 5.2 KM ke ODP Ciledug Raya yang berada di sekitaran depan Giant Kreo, ODP tersebut berada di dalam *closure* kabel karena untuk meminimalisir pengeluaran, selanjutnya dari ODP Ciledug raya sinyal optik dikirimkan ke masing-masing ONT yang terkoneksi ke ODP Ciledug raya. Pada gambar 16 merupakan *design uplink* ONT CBD Ciledug .



Gambar 16 Design uplink ONT CBD Ciledug

Pada *design Uplink* dari salah satu ONT di koridor 13 dimana ONT tersebut yang itu ONT CBD ciledug. ONT ini berada di halte pertama koridor 13 bagian barat, dengan total panjang kabel fiber optik 13.63 KM sampai dengan OLT Deplu, dengan *power transmitte 3 dB* dan *frequency 1310 nm* untuk *uplink* serta menggunakan 4 buah *connector*.

Dari perancangan dengan memperhatikan hasil pemetaan melalui *google earth* untuk letak OLT, ODC, ODP dan ONT. Selanjutnya sesuai dengan standard ITU-T G.984 untuk GPON maka menganalisa analisa *link power budget*, *rise time budget*, *power receive*, *power transmit* dan kapasitas trafik pada halte.

#### IV. ANALISA PERANCANGAN JARINGAN

##### A Analisa Kebutuhan *Bandwidth*

Pada perencanaan jaringan koridor 13 melakukan menghitung total dari keseluruhan *bandwidth*. Dari data tabel pertumbuhan *bandwidth* maka dapat diprediksi jumlah kebutuhan di koridor 13 dengan total 15 halte adalah 150,1 Mbps dan cukup membutuhkan 1 OLT.

##### B Perhitungan *Power link budget* dan *Rise Time Budge*

###### 1 *Power link budget*

Untuk mengetahui batasan redaman total yang diijinkan antara daya keluaran pemancar (OLT) dan penerima (ONT). Perhitungan ini dilakukan berdasarkan standarisasi ITU-T G-984 dan juga peraturan semua provider yang melakukan perencanaan jaringan FTTH yaitu jarak tidak lebih dari 20 Km dan redaman total tidak lebih dari 28 dB. Bentuk persamaan untuk perhitungan redaman total pada *power link budget* yaitu:

$$\alpha_{tot} = L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + Sp + Ri \quad [5]$$

Pada perancangan jaringan FTTH di koridor 13 ini memiliki 15 Halte dengan jalur dimulai dari OLT sampai dengan ONT. Dalam perhitungan *power link budget* di tentukan juga untuk *margin daya*, adapun persamaan untuk perhitungan margin daya dalam jaringan diisyaratkan memiliki nilai lebih dari nol (0) dBm, *margin daya* adalah daya yang masih tersisa dari *power transmit* (OLT) setelah dikurangi dari loss selama proses transmisi, pengurangan dengan nilai *safety margin* dan pengurangan dengan nilai *sensitivitas receiver* (ONT).

Dalam perhitungan *link power budget* pada teknologi GPON dibagi menjadi tiga bagian yaitu perhitungan *downlink*, *uplink* dan juga akan menghitung jarak dari OLT ke ONT yang letaknya paling jauh serta redaman dari tiap segmentasi, dikarenakan teknologi GPON memiliki panjang gelombang arismetrik dalam pentransmisiannya. Sehingga jika ONT terjauh memenuhi kelayakan maka untuk jarak yang paling dekat pun akan memenuhi syarat kelayakan jaringan. Panjang gelombang untuk *uplink* sekitar 1310 nm sedangkan untuk gelombang *downlink* sekitar 1490 nm. Perhitungannya untuk jarak yang paling jauh dapat diuraikan sebagai berikut:

- OLT–ODC sepanjang (L) = 4,65 Km
- ODC–ODP sepanjang (L) = 5,2 Km
- ODP–ONT sepanjang (L) = 3.78 Km

Perhitungannya untuk jarak yang paling dekat dapat diuraikan sebagai berikut:

- OLT–ODC sepanjang (L) = 4,65 Km
- ODC–ODP sepanjang (L) = 0,53 Km
- ODP–ONT sepanjang (L) = 0,98 Km

Menghitung *link power budget* dapat menggunakan persamaan redaman total sistem. Dan data-data yang digunakan pada perhitungan antara lain:

- Daya keluaran optik (OLT/ONT) = 5dBm
- Sensitivitas detektor (OLT/ONT) = -28dBm
- Redaman *downlink* (1490) = 0,28 dB/Km
- Redaman *uplink* (1310) = 0,35 dB/Km
- Redaman *splicer* = 0,2 dB/*splice*
- Redaman konektor = 0,2 dB/buah
- Jenis *Passive splitter* 1:4 = 7,25 dB
- Jenis *passive splitter* 1:8 = 10,25 dB
- Jumlah sambungan = 4 buah
- Jumlah konektor = 4 buah
- Redaman instalasi = 2,86497 dB

Berikut hasil perhitungan dari *link power budget* atau redaman FO sebagai berikut :

###### a) Redaman OLT ke ODC

Pada perhitungann redaman OLT Deplu Bintaro kearah ODC Kebayoran lama menggunakan bentuk persamaan 2.5 yaitu persamaan *link power budget* sebagai berikut :

$$= (4,65 \times 0,28) + (2 \times 0,2) + (2 \times 0,2) + 7,25 + 2,86497 \\ = 12,216 \text{ dB}$$

###### b) Redaman ODC ke ODP

Untuk perhitungann redaman ODC Kebayoran lama ke ODP menggunakan bentuk persamaan 2.5 yaitu persamaan *link power budget* sebagai berikut :

- Ciledug Raya

$$= (5,2 \times 0,28) + (2 \times 0,2) + (4 \times 0,2) + 7,25 + 2,86497 \\ = 12,77 \text{ dB}$$

- Kebayoran Lama

$$= (0,53 \times 0,28) + (2 \times 0,2) + (2 \times 0,2) + 7,25 + 2,86497 \\ = 11,063 \text{ dB}$$

- ODP Wijaya

$$= (5,1 \times 0,28) + (2 \times 0,2) + (6 \times 0,2) + 7,25 + 2,86497 \\ = 13,14 \text{ dB}$$

###### c) Redaman ODP ke Salah satu halte koridor 13 (Halte Adam Malik)

Sebelumnya telah dilakukan perhitungan redaman dari OLT ke ODC, dari ODC ke ODP dan selanjutnya dilakukan perhitungan redaman dari ODP ke salah satu ONT yang berada di koridor 13

dengan menggunakan bentuk persamaan 5 yaitu persamaan *link power budget* sebagai berikut :

$$= (0,98 \times 0,28) + (2 \times 0,2) + (4 \times 0,2) + 7,25 + 2,86497$$

$$= 11,588 \text{ dB}$$

Setelah melakukan perhitungan *link power budget* per segmentasi selanjutnya melakukan perhitungan *power budget* dan margin daya berdasarkan jarak. Sebagai berikut :

d) Redaman *Downlink* Jarak terjauh dari OLT

Pada perhitungann redaman *downlink* ini diambil jarak terjauh dari OLT Deplu Bintaro kearah ONT di halte koridor 13. Dimana jarak terjauh dari OLT yaitu Halte CBD Ciledug dengan total jarak dari OLT 13,63 KM. Serta dilakukan perhitungan *margin daya* pada *downlink* tersebut. Perhitungan redaman menggunakan bentuk persamaan.5 yaitu persamaan *link power budget* sebagai berikut:

$$= ((4,65 \times 0,28 + (5,2 \times 0,28) + (3,78 \times 0,28)) + (4 \times 0,2) + (6 \times 0,2) + (7,25 + 10,25) + 2,86497$$

$$= 26,18 \text{ dB}$$

Dan untuk perhitungan *margin* dayanya adalah sebagai berikut:

$$Pr = Pt - \alpha_{tot} - 6$$

$$Pr = 5 - 26,18 - 6$$

$$Pr = -27,18 \text{ dBm}$$

$$M = (Pt - Pr (\text{sensitivitas})) - \alpha_{tot} - SM$$

$$M = (5 - (-28)) - 26,18 - 6$$

$$M = 0,82 \text{ dBm}$$

e) Redaman *Downlink* Jarak terdekat dari OLT

Dan untuk perhitungan redaman *downlink* jarak terdekat dari OLT Deplu Bintaro kearah ONT di halte koridor 13. Dimana jarak terdekat dari OLT yaitu Halte Velbak dengan total jarak dari OLT 5,48 KM. Serta dilakukan perhitungan *margin* daya pada *downlink* tersebut. Perhitungan redaman menggunakan bentuk persamaan 5 yaitu persamaan *link power budget* sebagai berikut:

$$= ((4,65) \times 0,28 + (0,53 \times 0,28) + (0,3 \times 0,28)) + (4 \times 0,2) + (4 \times 0,2) + (7,25 + 10,25) + 2,86497$$

$$= 23,89 \text{ dB}$$

Dan untuk perhitungan *margin* dayanya adalah sebagai berikut:

$$Pr = Pt - \alpha_{tot} - 6$$

$$Pr = 5 - 23,89 - 6$$

$$Pr = -24,29 \text{ dBm}$$

$$M = (Pt - Pr (\text{sensitivitas})) - \alpha_{tot} - SM$$

$$M = (5 - 28) - 23,29 - 6$$

$$M = 3,71 \text{ dBm}$$

Nilai margin (M) yang di peroleh dari hasil perhitungan *downlink* jarak terjauh dan terdekat diatas nilai (0) dBm. Jadi dalam perhitungan *downlink* ini mengindikasikan link diatas memenuhi syarat kelayakan *link power budget* dengan syarat. Selanjutnya melakukan perhitungan untuk *Uplink*.

f) *Uplink* jarak terjauh dari OLT

Perhitungan *uplink* mengambil jarak terjauh dari OLT Deplu Bintaro kearah ONT di halte koridor 13. Dimana jarak terjauh dari OLT yaitu Halte CBD Ciledug dengan total jarak dari OLT 13,63 KM. Serta dilakukan perhitungan *margin* daya pada *uplink* tersebut. Perhitungan redaman menggunakan bentuk persamaan 5 yaitu persamaan *link power budget* sebagai berikut:

$$= ((4,65 \times 0,35 + (5,2 \times 0,35) + (3,78 \times 0,35)) + (4 \times 0,2) + (6 \times 0,2) + (7,25 + 10,25) + 2,86497$$

$$= 27,1 \text{ dB}$$

Dan untuk perhitungan *margin* dayanya adalah sebagai berikut:

$$Pr = Pt - \alpha_{tot} - 6$$

$$Pr = 5 - 27,1 - 6$$

$$Pr = -28,1 \text{ dBm}$$

$$M = (Pt - Pr (\text{sensitivitas})) - \alpha_{tot} - SM$$

$$M = (5 - 28) - 28,1 - 6$$

$$M = -1,1 \text{ dBm}$$

g) *Uplink* jarak Dekat dari OLT

Redaman *uplink* jarak terdekat dari OLT Deplu Bintaro kearah ONT di halte koridor 13. Dimana jarak terdekat dari OLT yaitu Halte Velbak dengan total jarak dari OLT 5,48 KM. Perhitungan redaman menggunakan bentuk persamaan.5 yaitu persamaan *link power budget* sebagai berikut:

$$= ((4,65) \times 0,35 + (0,53 \times 0,35) + (0,3 \times 0,35)) + (4 \times 0,2) + (4 \times 0,3) + (7,25 + 10,25) + 2,86497$$

$$= 23,88 \text{ dB}$$

Dan untuk perhitungan *margin* dayanya adalah sebagai berikut:

$$Pr = Pt - \alpha_{tot} - 6$$

$$Pr = 5 - 23,88 - 6$$

$$Pr = -24,88 \text{ dBm}$$

$$M = (Pt - Pr (\text{sensitivitas})) - \alpha_{tot} - SM$$

$$M = (5 - (-28)) - 23,88 - 6$$

$$M = 3,12 \text{ dBm}$$

Nilai margin (M) yang di peroleh dari hasil perhitungan *uplink* jarak jauh menunjukan hasil -1,1

dBm maka perlu melakukan penambahan power transmute dari sisi ONT, sedangkan untuk arak dekat ternyata menghasilkan nilai yang masih diatas nilai (0) dBm. Jadi dalam perhitungan *uplink* jarak terjauh ini mengindikasikan perlu dilakukan penambahan *power transmute* dari lokasi, sedangkan jarak terdekat diatas memenuhi syarat kelayakan *link power budget*.

## 2 Rise Time Budget

Merupakan metode untuk menentukan batasan dispersi suatu link serat optik. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisa apakah untuk kerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. Spesifikasi alat untuk perhitungan *rise time budget* adalah :

- Panjang gelombang = 1310nm dan 1490 nm
- Lebar spektral ( $\Delta \lambda$ )(OLT/ONT) = 1nm/1nm
- *Rise time* sumber cahaya ( $t_{tx}$ )(OLT/ONT) =  $(150 \times 10^{-3} / 200 \times 10^{-3})$  ns
- *Rise time receiver* ( $t_{rx}$ )( OLT/ONT) =  $(150 \times 10^{-3} / 200 \times 10^{-3})$  ns
- Dispersi material ( $D_m$ ) (1310/1490) = (3,56/13,64) ps/nm.Km
- Pengkodean NRZ
- Menggunakan *single mode*
- Indeks bias inti ( $n_1$ ) = 1,465
- Indeks bias selubung ( $n_2$ ) = 1,46
- Jari-jari inti ( $a$ ) = 4,5  $\mu$ m

*Downlink Bit rate* (Br) = 2,4 Gbps dengan format NRZ, sehingga :

$$tr = \frac{0,7}{Br} = \frac{0,7}{2,4 \times 10^9} = 0,2917 \text{ ns}$$

Menentukan t intramodal/t Material

$$T_{\text{material}} = \Delta \sigma \times L \times D_m \\ = 1 \text{ nm} \times 4,65 \text{ Km} \times 0,01364 \text{ ns/nm.Km} \\ = 0,0634 \text{ ns}$$

$$\Delta s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

$$= \frac{3,412 \times 10^{-3}}{1,465}$$

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

$$= \frac{2,3,14 \times 4,5 \mu\text{m}}{1,4 \mu\text{m}} \times 1,465 \times (2 \times 3,412 \times 10^{-3})^{1/2}$$

$$V = 29,572 + 0,0826$$

$$V = 2,442$$

$$T_{\text{Waveguide}} = \frac{L}{C} \left[ N_2 + N_2 \Delta \left( \frac{v_b}{dv} \right) \right]$$

$$T_{\text{Waveguide}} = \frac{4600}{3 \times 10^8} [1,46 + 1,46 \times 3,412 \times 10^{-3} \times 1,2] \\ = 1,83 \times 10^9 \text{ ns}$$

$$T_{\text{Intermodal}} = T_{\text{material}} + T_{\text{Waveguide}}$$

$$T_{\text{Intermodal}} = 0,0634 + 1,83 \times 10^9 \\ = 1,16 \times 10^6$$

Sehingga besarnya untuk serat optik *singlemode* :

$$T_{\text{total}} = (T_{tx} + T_{\text{intermodal}}^2 + T_{\text{material}}^2 + T_{rx}^2)^{1/2}$$

$$T_{\text{total}} = ((0,15)^2 + (1,16 \times 10^6)^2 + (0,060016)^2 + 0 + (0,2)^2)^{1/2} \\ = 0,1160 \text{ ns}$$

Dari hasil perhitungan *rise time total* sebesar 0,1160 ns, masih dibawah maksimum *rise time budget* dari *bit rate* sinyal NRZ sebesar 0.2917 ns. Berarti dapat disimpulkan bahwa sistem memenuhi syarat *rise time budget* untuk *downlink*.

*Uplink Bit rate* (Br) = 1,4 Gbps dengan format NRZ, sehingga :

$$tr = \frac{0,7}{Br} = \frac{0,7}{1,4 \times 10^9} = 0,5833 \text{ ns}$$

Menentukan t intramodal/t Material

$$T_{\text{material}} = \Delta \sigma \times L \times D_m \\ = 1 \text{ nm} \times 4,65 \text{ Km} \times 0,01364 \text{ ns/nm.Km} = 0,0634 \text{ ns}$$

$$\Delta s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \\ = \frac{3,412 \times 10^{-3}}{1,465}$$

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

$$= \frac{2,3,14 \times 4,5 \mu\text{m}}{1,4 \mu\text{m}} \times 1,465 \times (2 \times 3,412 \times 10^{-3})^{1/2}$$

$$V = 29,572 + 0,0826$$

$$V = 2,442$$

$$T_{\text{Waveguide}} = \frac{L}{C} \left[ N_2 + N_2 \Delta \left( \frac{v_b}{dv} \right) \right]$$

$$T_{\text{Waveguide}} = \frac{4600}{3 \times 10^8} [1,46 + 1,46 \times 3,412 \times 10^{-3} \times 1,2] \\ = 1,83 \times 10^9 \text{ ns}$$

$$T_{\text{Intermodal}} = T_{\text{material}} + T_{\text{Waveguide}}$$

$$T_{\text{Intermodal}} = 0,0634 + 1,83 \times 10^9 \\ = 1,16 \times 10^6$$

Sehingga besarnya untuk serat optik *singlemode* :

$$T_{\text{total}} = (T_{tx} + T_{\text{intermodal}}^2 + T_{\text{material}}^2 + T_{rx}^2)^{1/2}$$

$$T_{\text{total}} = ((0,15)^2 + (1,16 \times 10^6)^2 + (0,060016)^2 + 0 + (0,2)^2)^{1/2}$$

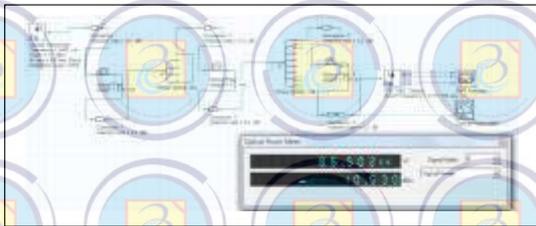
$$= 0,1160 \text{ ns}$$

Dari hasil perhitungan *rise time total* sebesar 0,1160 ns, masih dibawah maksimum *rise time budget* dari *bit rate* sinyal NRZ sebesar 0.5833ns. Dapat

disimpulkan bahwa sistem memenuhi syarat *rise time budget* untuk *uplink*.

### C Perhitungan *Software Optisystem*

Setelah diperhitungan secara manual pada perencanaan jaringan FTTH di koridor 13 dan menunjukkan perancangan layak untuk di terapkan. Perhitungan menggunakan *software optisystem* untuk mengetahui *Bit Error Rate* (BER), dan *Q-factor* yang merupakan parameter kunci yang menentukan performa suatu jaringan komunikasi. Dari design simulasi yang sudah dibuat, selanjutnya melakukan pengukuran *optical power* menggunakan OPM pada ujung kabel optik yang diukur. Pada gambar 17 merupakan OPM ONT jarak terjauh dari OLT Deplu Bintaro.



Gambar 17 OPM ONT CBD Ciledug

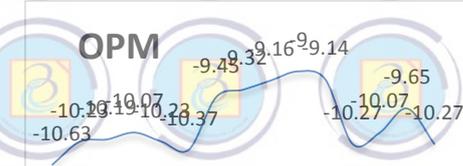
Untuk mengetahui *optical power meter* pada ONT di CBD Ciledug. Panjang gelombang yang digunakan 1490 nm dengan *power* OLT 11 dBm. Pada tabel V merupakan OPM pada FTTH di koridor 13.

TABLE V. OPM HALTE KORIDOR 13

Halte Koridor 13	Panjang kabel (KM)	OPM (dBm)
CBD Ciledug	13.63	-10.63
Puri Beta 2	11.65	-10.23
Puri Beta 1	11.45	-10.19
Adam Malik	10.83	-10.07
JORR	11.65	-10.23
Swadarma	12.35	-10.37
Cipulir	7.76	-9.45
Seskoal	7.1	-9.32
Kebayoran Lama	6.31	-9.16
Velbak	5.48	-9.00
Mayestik	6.18	-9.14
CSW	11.8	-10.27
Tirtayasa	10.87	-10.07
Rawabarat	9.9	-9.65
Tendean	11.8	-10.27

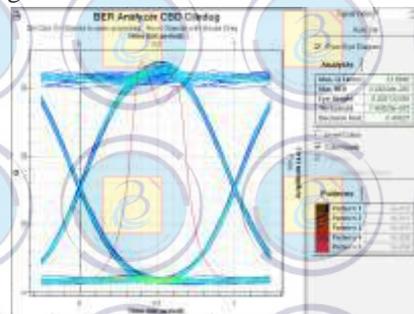
Pada tabel V merupakan data OPM menggunakan *software optisystem* dengan OPM

terkecil yaitu ONT CBD Ciledug sebesar -10.63 dBm. Nilai OPM tersebut sangat dipengaruhi oleh jarak ONT ke OLT. Dan dari tabel tersebut menunjukkan OPM terbesar pada ONT Velbak dengan -9.00 dBm karena jarak ONT paling dekat dengan OLT Deplu Bintaro. Pada gambar 18 merupakan grafik *optical power meter* di koridor 13.



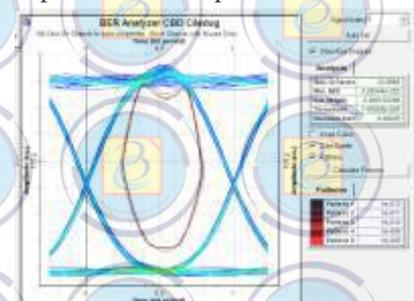
Gambar 18 OPM koridor 13

Setelah melakukan pengukuran OPM jalur optik maka melakukan pengukuran nilai BER. Dimana BER adalah ukuran intensitas terjadinya error pembacaan bit data. Tujuan utama dari suatu transmisi sinyal optik adalah untuk mencapai nilai BER yang diinginkan diantara dua *node* atau titik dalam jaringan. Seperti halnya menentukan nilai OPM, untuk mendapatkan nilai *Q-factor* dan BER menggunakan *software Optisystem*. Pada gambar 19 adalah Nilai *Q-factor* dan BER pada ONT CBD Ciledug.



Gambar 19 *Q-factor* CBD Ciledug

Pada gambar 19 merupakan nilai *Q-factor* sebesar 33 dan BER sebesar  $1 \times 10^{-9}$  terdapat pada gambar 19 menunjukkan nilai tersebut sangat memenuhi standarisasi sebuah jaringan. Adapun nilai *Q-factor* dan BER pada koridor 13 pada tabel VI.



Gambar 20 *BER Patterns* ONT CBD Ciledug

TABLE VI. Q-FACTOR DAN BER HALTE KORIDOR 13

Halte	ODP	Jarak (KM)	<i>Q-factor</i>	BER
CBD Ciledug		3.78	33.89	$1 \times 10^{-9}$
Puri Beta 2		1.8	38.32	$1 \times 10^{-8}$
Puri Beta 1	Ciledug Raya	1.6	40	$1 \times 10^{-8}$
Adam Malik		0.98	38.08	$1 \times 10^{-9}$
JORR		1.8	32.29	$1 \times 10^{-8}$
Swadarma		2.5	35.9	$1 \times 10^{-8}$
Cipulir		2.58	57.0	$1 \times 10^{-9}$
Seskoal		1.92	59	$1 \times 10^{-9}$
Kebayoran Lama	Kebayoran Lama	1.13	61	$1 \times 10^{-9}$
Velbak		0.3	63	$1 \times 10^{-9}$
Mayestik		1	56	$1 \times 10^{-9}$
CSW		2.1	54	$1 \times 10^{-9}$
Tirtayasa	Wijaya	1.12	59	$1 \times 10^{-9}$
Rawabarat		0.1	70	$1 \times 10^{-9}$
Tendean		2.1	56	$1 \times 10^{-8}$

Pada tabel *Q-factor* dan BER menunjukkan bahwa nilai *Q-factor* lebih besar dari "0". Nilai tersebut menunjukkan kualitas jaringan layak digunakan dan untuk nilai BER  $1 \times 10^{-9}$  memenuhi standarisasi. Pada hasil simulasi menggunakan *software optisystem* untuk nilai *Q-factor* dipengaruhi oleh jarak kabel dari ODP Ke ONT dan dari OLT Ke ONT. Dari hasil simulasi untuk nilai dari *Q-factor* untuk Halte Puri Beta 1 dengan panjang kabel 1,6 KM menunjukkan 40 dan Halte Puri Beta 2 dengan panjang kabel 1,8 KM menunjukkan nilai 38,32 semakin pendek jarak kabel nilainya nilai *Q-factor* akan semakin besar. Namun *Q-factor* juga dipengaruhi oleh kualitas redaman sambungan, seperti halnya untuk halte JORR dengan panjang kabel 1,8 KM namun 32,29 karena segmentasi ODP Ciledug

Raya ke Halte JORR memiliki redaman sambungan yang lebih besar dibandingkan dengan ODP Ciledug Raya ke Halte Puri Beta 2.

Dari hasil pengujian yang dilakukan menggunakan *software optisystem* pada hasil BER Halte Puri Beta 1 dan 2 memiliki nilai BER yang lebih besar dibandingkan dengan yang lainnya disebabkan karena kesalahan pembacaan karena pada hasil simulasi nilai BER di tunjukan dengan warna seperti pada gambar 20 BER *pattens* di tunjukan dengan warna merah terang sampai yang terkecil warna hitam .

#### D Analisa Perhitungan dan Pengujian *Software Optisystem*

Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan *bandwidth*, *power link budget* dan *rise time budget* diatas dengan beberapa hasil data sebagai berikut :

- *Bandwidth* yang diberikan teknologi GPON tersebut cukup besar sesuai dengan kebutuhan.
- Dalam perhitungan hasil analisa *power link budget* didapatkan nilai redaman untuk *downlink* jarak jauh sekitar 26,18 dB dan *downlink* jarak dekat sekitar 23,89 dB. Dan nilai *uplink* jarak jauh sekitar 27,1 dB serta *uplink* jarak dekat 23,08 dB. Nilai tersebut masih masuk standarisasi teknologi GPON.
- Hasil dari perhitungan analisa *rise time budget* didapatkan nilai *downlink* sekitar 0,1160 ns dan *uplink* sekitar 0,1160 ns. Perhitungan analisa parameter yang dihasilkan baik, masih didalam nilai standarisasi teknologi GPON.
- Hasil perhitungan memiliki nilai yang berbeda-beda dikarena perbedaan panjang kabel yang digunakan, banyaknya konektor yang terpasang dan jumlah sambungan di setiap segment serta nilai redaman serat optik yang berbeda antara *uplink* yaitu 0,35 dB/KM dan *downlink* sebesar 0,28 dB/KM.

Dari analisa pengujian berdasarkan *software optisystem* bahwa :

- Untuk nilai OPM paling besar -9.00 dBm dan nilai terkecil -10.63 dBm, nilai tersebut sesuai dengan perhitungan secara manual bahwa nilai *downlink* paling kecil adalah jarak terjauh dari OLT yaitu ONT Ciledug raya dan nilai terbesar adalah jarak terdekat dengan OLT yaitu ONT Velbak.
- Hasil simulasi menunjukkan nilai OPM yang berbeda-beda disebabkan oleh panjang kabel dan jumlah *splitter* yang digunakan.

- Dari hasil simulasi didapati untuk nilai BER adalah  $1 \times 10^{-9}$  nilai tersebut menunjukkan kualitas jaringan baik.
- Dari hasil pengujian melalui *software optisystem* bahwa untuk nilai *Q-factor* lebih dari nol (0) artinya perancangan dapat digunakan.

#### V. KESIMPULAN

Dari perencanaan jaringan FTTH menggunakan teknologi GPON layak untuk dilakukan implementasi. Karena dari semua perhitungan parameter dan hasil simulasi sudah memenuhi isyarat dari standarisasinya yaitu:

- Total *bandwidth* yang digunakan pada perancangan jaringan FTTH di Koridor 13 sekitar 150 Mbps dari kapasitas 1 OLT GPON sebanyak 2,4 Gb dan yang lainnya diimplementasikan ke prospek *customer* baru.
- Untuk nilai redaman *power link budget* pada jaringan FTTH ini, sesuai dengan standarisasi ITU-T G-984 yaitu sekitar 28 dB *downlink* jarak jauh dan jarak dekat dan *uplink* jarak jauh dan jarak dekat.
- Dari hasil perhitungan nilai *rise time budget* pada jaringan FTTH ini sudah memenuhi standarisasi ITU-T G-984. Nilai untuk *downlink* 0,1160 ns dan untuk nilai *uplink* 0,1160 ns.
- Dan hasil simulasi didapati untuk nilai BER adalah  $1 \times 10^{-9}$  nilai tersebut menunjukkan kualitas jaringan baik. Sehingga perancangan dapat diimplementasikan di koridor 13.

#### REFERENSI

- [1] Anrisam Gusnium Nasution (2015) 'Perancangan Jaringan Fiber To the Home (Ftth) Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (Gpon) (Studi Kasus Di Daerah Turangga Bandung)', pp. 2011–2013.
- [2] Arfan, R. and Purnawan, P. W. (2018) 'Studi Kelayakan Migrasi Jaringan Hybrid Fiber Coaxial (HFC) Ke Jaringan Fiber To The Home ( FTTH ) Teknologi Gigabit Passive Optical Network ( GPON ) Di Srengseng Area', pp. 1–9.
- [3] Harpawi, N. (2017) 'Desain Jaringan Fiber Optik Menggunakan Optisystem Untuk Kawasan Kota Pekanbaru', *Jurnal Elektro dan Mesin Terapan*, 3(2), pp. 21–30. doi: 10.35143/elementer.v3i2.183.
- [4] Ir. Arjuni Budi P., M. (2016) 'Telekomunikasi, Dasar Sistem', DASAR SISTEM TELEKOMUNIKASI.
- [5] Puspitasari, H. and Sardjito (2014) 'Peningkatan Pelayanan Bus Transjakarta Berdasarkan Preferensi Pengguna', *Jurnal Teknik Pomits*, 3(1), pp. 2012–2015.
- [6] Yuwana, O. N. T. (2017) 'Perancangan Jaringan Fiber To the Home ( FTTH ) dengan Teknologi GPON di Kecamatan Cibeber Kota Cilegon', pp. 5–6.
- [7] FTTH Access Network based on GPON. *Jurnal*. Volume 92 – No.6. International
- [8] Dheyaa Jasim Kadhim. Nahla Abdul-Rahman Hussain (2015) . Design and Implementation of a Practical FTTH Network. *Jurnal*. Volume 72– No.12. International Journal of Computer Applications (0975 – 8887). Baghdad University, Iraq.
- [9] ITU-T Recommendation G.984.2 (2003) ,Gigabit – Capable Passive Optical
- [10] Network (G-PON) : Physical Media Dependent (PMD) Layer Spesification
- [11] (FTTH Council) FTTH Handbook. "Deployment & Operations Committee". Edition 6. 2014.
- [12] Sutrisno, Agus. (2019). KONFIGURASI PADA ANTENA UBIQUITI POWERBEAM M5 UNTUK AKSES INTERNET PELANGGAN PT IFORTE GLOB AL INTERNET.
- [13] Optisystem, Getting Started with Optical Communication System Design Software. Optiwave.
- [14] <https://optiwave.com/forums/>. Optiwave. Diakses pada tanggal (15 Juli 2020).