

IMPLEMENTASI DAN ANALISIS JARINGAN *FIBER TO THE TOWER* DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI GPON

NETWORK IMPLEMENTATION AND ANALYSIS FIBER TO THE TOWER USING GPON TECHNOLOGY

Ardimas Aji Nugroho¹, Dadiék Pranandito², Eka Wahyudi³

email: ardimasaji99@gmail.com¹, dadiék@ittelkom-pwt.ac.id², ekawahyudi@ittelkom-pwt.ac.id³

^{1,2,3} Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro, Institut Teknologi Telkom, Indonesia

Abstrak—Pada jaringan BTS Kemawi menggunakan jaringan fiber optik yang disebut FTTH. Pada jaringan tersebut terdapat titik putus jaringan fiber optik yang menggunakan kabel tanah, sementara dialihkan catuannya melalui ODP menggunakan kabel udara yang menggunakan *splitter* 1:8 dan *splitter* 1:2. Tentu akan berpengaruh terhadap layanannya dan *bandwidth* yang diberikan menjadi tidak maksimal. Diperlukan jaringan FTTH yang catuannya langsung ke OLT *outdoor* tanpa menggunakan *splitter* sebagai solusi yang tepat untuk mengatasi kasus tersebut. Jarak total dari OLT ke BTS Kemawi ± 2.830 m. Redaman *power link budget* dari OLT ke BTS dihitung secara matematis adalah 20,34 dB dengan margin daya 8,66 dB untuk *downlink* dan 6,66 dB untuk *uplink*. Nilai BER yang ditemukan pada hasil simulasi adalah $1,07089 \times 10^{-146}$ untuk *uplink* dan $4,42913 \times 10^{-52}$ untuk *downlink*. Sedangkan nilai *downlink* dan *uplink* Q factor yang diperoleh masing-masing adalah 25,7657 dan 15,1936. Dapat dikatakan bahwa nilai yang diperoleh dari hasil simulasi layak dan memenuhi *Bit Error Rate* (BER) yang ideal yaitu 10^{-9} , dan syarat nilai Q factor minimal 6. Nilai keseluruhan redaman ONT pada jaringan FTTH Kemawi hasil implementasi adalah -15,27 dBm. Dari hasil tersebut dikatakan layak karena tidak lebih kecil dari sensitivitas -28 dBm yang ditetapkan oleh PT Telkom.

Kata kunci — BTS, *Downlink*, FTTH, *Uplink*.

Abstract—The Kemawi BTS network makes use of the FTTH fiber-optic network. In this network, ground cables are used at fiber optic network points, and 1:2 and 1:8 splitters are used to switch the supply via ODP over aerial cables. Of course, the service will suffer, and the bandwidth offered is subpar. The best way to handle this situation is to use a FTTH network that sends data straight to the outdoor OLT without utilizing a splitter 2,830 meters is the total distance between OLT and BTS Kemawi. Calculated mathematically, the attenuation of the power connection budget from OLT to BTS is 20.34 dB, with power margins of 8.66 dB for downlink and 6.66 dB for uplink. The simulation's findings show that the uplink's BER value is 1.07089×10^{-146} and the downlink's BER value is 4.42913×10^{-52} . While the obtained values for the uplink and downlink Q factors are 25,7657 and 15,1936, respectively. According to the simulation findings, the value obtained is practicable, fulfills the desired Bit Error Rate (BER) of 10^{-9} , and has a minimum Q factor value of 6. The deployed FTTH Kemawi network's overall ONT attenuation is -15.27 dBm. From these results it is said to be feasible because it is not smaller than the -28 dBm sensitivity set by PT Telkom.

keywords — BTS, *Downlink*, FTTH, *Uplink*.

I. PENDAHULUAN

Sebuah jaringan komunikasi harus mampu menghadirkan semua layanan dengan kualitas tinggi, termasuk kapasitas layanan suara, video, dan data selama proses pengiriman informasi. Saat ini masyarakat banyak menggunakan teknologi jaringan fiber optik untuk berbagi informasi. Transmisi data dengan komunikasi fiber optik lebih

cepat sampai ke tujuan. Teknologi komunikasi fiber optik yaitu FTTH banyak dimanfaatkan di masyarakat dan dapat digunakan untuk menjawab kebutuhan komunikasi antar individu. Penyedia telekomunikasi akan menghadapi rintangan saat mereka mencoba meningkatkan kapasitas *broadband* karena permintaan klien yang terus meningkat[1].

Jaringan telekomunikasi mempunyai peranan penting dalam komunikasi dan informasi. Arsitektur jaringan telekomunikasi seluler ini menggunakan *Fiber To The Tower*, menggunakan media transmisi serat optik (FTTT). Dengan menggunakan media transmisi serat optik pengiriman data lebih cepat. Pada jaringan FTTT terdapat 2 metode *direct metro* dan metode *Gigabit Passive Optical Network* (GPON). Pada metode *direct metro* memiliki kekurangan yaitu ketersediaan *port metro* yang terbatas, perangkat yang relatif mahal, dan *bandwidth* tidak bisa dibagi dengan pelanggan lainnya. Sehingga kurang efisien, dalam menggunakan metode *direct metro*. Pada Metode GPON memiliki keunggulan dibanding *direct metro* yaitu satu *port Optical Line Terminal* (OLT) bisa dibagi dengan pelanggan lainnya menggunakan pasif *splitter* hingga 32 *Optical Network Terminal* (ONT), alokasi *bandwidth* dapat diatur, biaya pemasangan dan pemeliharaan lebih murah dan efisien karena menggunakan komponen pasif. Karena *bandwidth* yang diperlukan tidak terlalu besar pada *site kemawi*, sehingga pada penelitian ini digunakan model FTTT menggunakan GPON pada *site Kemawi*. Struktur konfigurasi FTTT tentu berpengaruh terhadap layanan jaringan telekomunikasi seluler, karena menggunakan ONT sebagai converter sinyal optik yang dihubungkan dengan perangkat *Base Transceiver Station* (BTS) Kemawi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian [1] menjelaskan di wilayah Sokaraja, arsitektur jaringan *Fiber To The Tower* (FTTT) belum merata. FTTT dibuat dengan memanfaatkan teknologi GPON yang sudah mapan untuk mengakomodasi permintaan *bandwith* pelanggan. Teknologi XGPON merupakan teknologi terbaru untuk menyempurnakan teknologi sebelumnya. Sehingga dilakukan perancangan FTTT untuk membandingkan GPON dan XGPON. Nilai BER yang dihasilkan saat menggunakan teknologi GPON lebih rendah karena GPON beroperasi pada laju data dan panjang gelombang yang lebih rendah daripada XGPON, semakin tinggi parameter ini, semakin tinggi nilai BER. Kedua teknologi tersebut memenuhi persyaratan, sehingga dapat dikatakan bahwa nilai BER-nya baik. Karena GPON memiliki kecepatan bit yang lebih rendah daripada XGPON, parameter Q Faktor untuk teknologi GPON lebih besar daripada untuk

teknologi XGPON. Sehingga, parameter Q Faktor untuk teknologi GPON menurun seiring dengan peningkatan kecepatan bit. Karena Q Faktor untuk kedua teknologi tersebut di atas rata-rata, maka dapat dikatakan bahwa Q Faktor kedua teknologi tersebut baik.

Penelitian [2] telah mengembangkan sistem transmisi pada jaringan TV Banyumas yang masih menggunakan gelombang mikro yang ditransmisikan dari satu titik ke titik lain dari stasiun TV ke menara transmisi untuk menjadi *Fiber To The Tower* sebagai *backbone* jaringan. Desain FTTT ini menghubungkan menara pemancar Gunung Binangun, 15 km dari Krumpot, dengan stasiun BMSTV Pabuaran. Perhitungan *Link Power Budget* (LPB) menghasilkan nilai redaman sebesar 27,642 dB, margin daya sebesar 0,358 dB untuk *downlink* dan 1,358 dB untuk *uplink*. Pada simulasi *downlink* nilai *Bit Error Rate* (BER) adalah 3478×10^{-37} dan pada simulasi *uplink* 2585×10^{-65} . Sedangkan nilai Q factor yang diperoleh adalah 12,686 untuk *uplink* dan 17,027 untuk *downlink*. *Bit Error Rate* yang optimal untuk transmisi fiber optik adalah 10^{-9} , dan nilai ideal untuk Q factor adalah 6, sudah sesuai dengan nilai *output* yang dihasilkan oleh BER pada simulasi.

Penelitian [3] mengkaji bagaimana jaringan serat optik berkembang di *site* Nangka Semarang. Jaringan fiber optik ini dibangun dengan memanfaatkan 4 jalur kabel fiber optik yang memiliki panjang 4605 meter. Temuan *Key Performance Indicator* (KPI) untuk setiap lini rata-rata bervariasi, namun standar yang ditetapkan perusahaan maksimal 16 dB, jika batas tersebut terlampaui, kabel serat optik terdapat kerusakan selama penyambungan. Desain jaringan fiber optik untuk lokasi Nangka yang dikembangkan dalam desain ini cukup baik, tidak melebihi persyaratan yang ditetapkan, yaitu 16 dB. Nilai redaman rata-rata keempat jalur tersebut adalah 14–15 dB.

Penelitian [4] mengusulkan jaringan Fiber To The Tower untuk wilayah Banjarbaru. Teknologi jaringan GPON digunakan dalam desain. Dengan menganalisa nilai redaman total dari STO sampai ONT dan melakukan perhitungan menggunakan *rise time budget* untuk mengetahui jaringan tersebut layak untuk diterapkan. Dari hasil analisis infrastruktur komunikasi optik, ditentukan level redaman total dari STO sampai ONT dengan nilai terendah 19,34 dB dan nilai tertinggi 21,12 dB. Hasilnya sejauh ini telah memenuhi standar ITU-T G.984. Berdasarkan hasil tersebut, persyaratan nilai *rise time budget* yang tidak kurang dari 0,58

ns telah terpenuhi. Nilai perhitungan *rise time budget* adalah 0,252029 dan 0,269707 ns.

Pada penelitian ini dibahas rancang bangun simulasi jaringan serat optik yang berawal dari OLT-ONT di *site* Kemawi. Pada penelitian ini tidak menggunakan *splitter* di ODC dan di ODP tidak masuk *splitter* tetapi disambung langsung (*brancing*) dengan kabel distribusi. Setelah simulasi kemudian diimplementasikan pada lokasi perancangan dan menganalisis parameter yang digunakan yaitu *power link budget*, *rise time budget*, dan *bit error rate* untuk mengetahui kelayakan jaringan tersebut. Penelitian ini dilakukan di *site* Kemawi di daerah desa Sikapat kecamatan Sumbang kabupaten Banyumas.

A. Dasar Teori

Seiring dengan pertumbuhan teknologi komunikasi khususnya dengan masuknya teknologi digital ke semua bagian dan ketika jaringan telekomunikasi beroperasi, pertukaran informasi melalui percakapan dan jenis telekomunikasi lainnya sangat mungkin terjadi, yang menyebabkan semua jenis kemampuan perangkat telekomunikasi meningkat, kecuali serat optik. Serat optik dibangun dari serat kaca dan plastik dan menggunakan bias cahaya bagian dalam untuk mentransfer data. Karena kabel serat optik seluruhnya terbuat dari serat kaca, cahaya masih dapat dikirim dari satu ujung ke ujung lainnya meskipun panjangnya puluhan kilometer[3].

Contoh jaringan FTTX adalah FTTH. Jaringan FTTX pada dasarnya adalah jaringan lokal berbasis serat optik. Ada dua atau lebih perangkat aktif dimana saja dalam sistem ini. Satu perangkat aktif, yang bertujuan untuk meningkatkan. Di tengah, sebuah perangkat yang mengubah sinyal optik menjadi sinyal listrik, dan disisi pelanggan, perangkat yang mengubah sinyal optik menjadi sinyal listrik. Titik konversi optik juga dapat berada di tempat perangkat aktif berada disisi pelanggan. Titik konversi optik dapat dilihat sebagai titik akhir ketika sinyal optik diubah menjadi sinyal listrik untuk pelanggan di ujung kabel optik. Area di mana pelanggan terhubung ke TKO dianggap sebagai *Fiber Access Area (DAF)*[4].

B. Komponen GPON

1) Optical Line Terminal (OLT)

Titik akhir untuk layanan jaringan GPON adalah perangkat yang disebut *Optical Line Termination (OLT)*. OLT menawarkan koneksi ke penyedia layanan suara, video, dan data. Tugas utama OLT adalah menggunakan jaringan GPON untuk mengubah sinyal elektrik jaringan serat optik.

2) Optical Distribution Cabinet (ODC)

Optical Distribution Cabinet terhubung ke kabel distribusi yang berasal dari OLT. ODC berperan sebagai lokasi terminasi dan penyambungan jaringan serat optik. ODC ini biasanya berbentuk kotak dengan *splitter*, *splices*, dan konektor. Ini juga memiliki kapasitas khusus untuk ruang manajemen kabel serat optik. *Splitter* adalah komponen pasif yang digunakan dalam sistem distribusi optik ODC yang mendistribusikan daya optik dari satu *input* ke beberapa *output* serat optik. Besarnya nilai redaman masing-masing *splitter* berbeda-beda, tergantung pada jenis *splitter* yang dipilih.

3) Optical Distribution Point (ODP)

Ruang *splitter*, port adaptor, pigtail, dan ruang manajemen serat optik adalah contoh titik distribusi optik *Optical Distribution Point (ODP)*, yang juga menggunakan kapasitasnya sendiri. ODP digunakan untuk menghubungkan inti serat optik kabel distribusi, yang berarti kabel drop dipasang untuk dihubungkan ketower. ODP dibagi dalam tiga jenis berbeda: ODP *Pedestal*, ODP *Pole*, dan ODP *Closure*.

4) Optical Network Termination (ONT)

Antarmuka antara jaringan dan pelanggan dikenal dengan *Optical Network Termination (ONT)*. Ditransmisikan secara optik pada rute yang sama adalah dua sinyal dengan panjang gelombang berbeda yang dikenal sebagai sinyal *downlink* dan *uplink*. Pada mode dua dan tiga, ONT akan menyiarkan 3 hingga 6 dB lebih rendah jika OLT mendeteksi sinyal dari ONT yang terlalu kuat. Jika OLT mendeteksi sinyal dari ONT yang terlalu lemah, maka OLT akan memberikan perintah kepada ONT untuk meningkatkan dayanya[5]. Untuk memberikan dukungan pelanggan, ONT mengubah sinyal optik menjadi sinyal elektrik[6].

C. Gigabit Passive Optical Network (GPON)

Salah satu teknologi FTTH yang menggunakan komunikasi serat optik adalah GPON. Satu serat optik dapat dikirim ke beberapa ONU/ONT digunakan *splitter* sebagai pembagi jaringan ketika sebuah OLT mengirimkan sinyal. Salah satu teknologi yang diciptakan oleh ITU-T di bawah G.984 adalah GPON. ITU-T telah menetapkan ITU-T G.984 sebagai standar untuk teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON)[7]. Kecepatan *downlink* 2,5 Gbps digunakan oleh *broadcast*, dan layanan TDM dan layanan berbasis paket dilakukan melalui GEM (Metode Enkapsulasi GPON) atau sel ATM[8].

D. Power Link Budget

Besarnya daya cahaya yang tersedia untuk transmisi data adalah kunci untuk menciptakan jaringan serat optik. Dengan mengukur menggunakan *Optical Power Meter* (OPM) atau dengan memperkirakan kerugian untuk setiap sistem atau komponen jaringan, *power link budget* dapat dihitung. Batas redaman / kerugian yang diizinkan antara daya keluaran pemancar (daya pemancar) dan sensitivitas penerima dihitung menggunakan *power link budget*. Perhitungan dilakukan berdasarkan acuan standarisasi ITU-T G.984 dan juga regulasi yang ditetapkan oleh PT. Telkom, yaitu jarak tidak lebih dari 20 km dan redaman total tidak melebihi 28 dB.

Persamaan 1 digunakan untuk menghitung *Power Link Budget*, yaitu:

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

Keterangan :

- L = Panjang serat optik (km)
- N_c = Jumlah konektor.
- N_s = Jumlah *splice*.
- SP = Redaman *splitter* (dB)
- α_{serat} = Redaman serat optik (dB/km)
- α_c = Redaman konektor (dB/konektor)
- α_s = Redaman *splice* (dB/*splice*)
- α_{tot} = Redaman total (dB)

Untuk menghitung nilai redaman yang diterima (Prx) pada sisi perangkat memakai persamaan 2 sebagai berikut:

$$Prx = Ptx - \alpha_{total} - SM \quad (2)$$

Untuk mengetahui nilai margin daya menggunakan perhitungan persamaan 3 sebagai berikut:

$$M = (Ptx - Pr(sensitivitas)) - \alpha_{total} - SM \quad (3)$$

Keterangan:

- α_{total} = Total Loss (dB)
- Ptx = Power Transmit (dBm)

Prx = Power Receive (dBm)

SM = Safety Margin

M = Margin Daya (dBm)

E. Rise Time Budget

Pendekatan untuk menghitung batas dispersi link serat optik adalah *Rise Time Budget*. Analisis sistem transmisi digital dilakukan dengan menggunakan teknik ini. Tujuan dari teknik ini adalah untuk mengevaluasi apakah kapasitas saluran yang diinginkan dapat terpenuhi serta kinerja jaringan secara keseluruhan[9]. Persamaan 3, 4 dan 5 dapat digunakan untuk menentukan nilai *rise time budget*.

$$Tr = \frac{0,7}{Br} \quad (3)$$

$$Tinramodal = D \cdot \theta \cdot L \quad (4)$$

$$Ttotal = \sqrt{Ttx^2 + Tinramodal^2} + Tintermodal^2 + Trx^2 \quad (5)$$

Keterangan :

- Tr = rise time fiber (ns)
- Ttx = rise time sumber optik (ps)
- Trx = rise time penerima (ns)
- Ttotal = total rise time budget (ps)
- D = koefisien dispersi (ps.nm/km)
- $\Delta\lambda$ = lebar spektral (nm)

F. Bit Error Rate

Parameter *Bit Error Rate* (BER) digunakan dalam sistem transmisi digital untuk mengevaluasi kualitas sinyal di sisi penerima[10]. Satu bit data dibawa oleh setiap FTTH. Tidak semua informasi dapat tersampaikan dengan tepat. Untuk memperkirakan hasil yang nyata, semua komponen perangkat yang digunakan dalam simulasi dicocokkan dengan spesifikasi perangkat. Karakteristik penting yang sering digunakan dalam sistem penilaian yang mengangkut data digital dari pemancar (Tx) ke penerima adalah BER (Rx)[11]. Kesalahan transmisi data dapat terjadi, namun pulsa cahaya yang diubah menjadi sinyal optik sebelum dikirim melalui jaringan dengan menggunakan nilai BER, kesalahan tersebut dapat dikurangi.

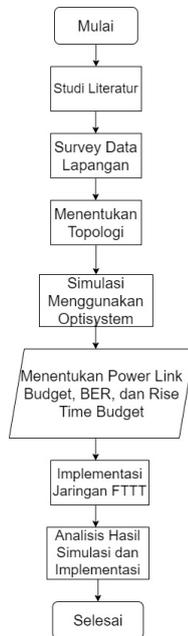
G. Optisystem

Nilai atenuasi yang diterima oleh perangkat, *BER analyzer*, *Q factor*, dan *eye chart* semuanya akan ditampilkan pada *optisystem*, yaitu perangkat lunak yang digunakan untuk mensimulasikan jaringan serat optik dari *transmitter* ke *receiver*[12].

III. METODE PENELITIAN

Pada metode penelitian terdapat beberapa bagian meliputi:

A. Alur Penelitian



Gambar-1 Alur Penelitian

Pada Gambar-1 proses Studi Literatur bertujuan untuk mencari referensi penelitian dan menambah wawasan. pada kegiatan ini dilakukan pada tahap pertama atau awal. pada proses ini mencari jurnal, buku, dan website terkait penelitian sebagai bahan pendukung pada penelitian ini,

Pada proses survey data lapangan untuk mengetahui titik terminasi optik pada plan jaringan *Fiber To The Tower*. Titik terminasi optik berupa lokasi ODC FBN, ODP, dan lokasi Tower. Pada kegiatan ini dilakukan pendataan dan analisa kebutuhan material jaringan di lapangan. Kabel yang dipakai yaitu kabel *feeder* dan kabel distribusi *existing* yang sudah dibangun. Pada tahap Menentukan Topologi, kegiatan yang dilakukan menentukan topologi yang tepat untuk jaringan tersebut. Topologi merupakan perangkat yang saling terhubung pada struktur jaringan fisik. Penentuan topologi berdasarkan lokasi, infrastruktur jalan, dan efisiensi jaringan.

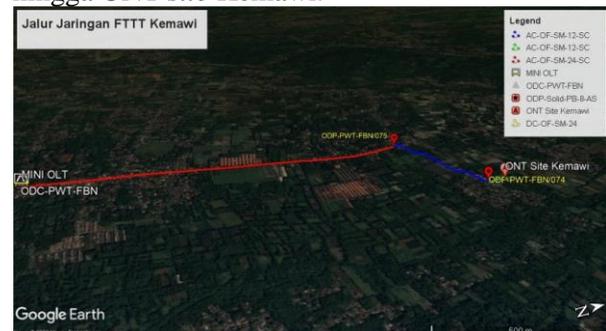
Pada tahap Simulasi, dilakukan simulasi memakai *software Optisystem* berdasarkan data yang diperoleh dari survey lapangan. Simulasi penting dilakukan sebagai estimasi nilai total redaman yang diperoleh pada titik terminasi akhir optik di Tower. Pada tahap Implementasi,

dilakukan implementasi dilapangan berdasarkan data penentuan titik optik yang telah dibuat. Pada tahap ini dilakukan penarikan kabel distribusi dari ODP terakhir ke lokasi site Kemawi.

Pada tahap selanjutnya, menganalisis hasil simulasi dan implementasi jaringan FTTT untuk mengetahui kelayakan jaringan tersebut. Pada tahap terakhir, menentukan nilai *power link budget* dan *rise time budget*. Parameter tersebut dihitung berdasarkan hasil simulasi dan implementasi lapangan. Berdasarkan data tersebut dibandingkan dengan hasil simulasi dengan *Optisystem* dan implementasi lapangan.

B. Survey Data Lapangan

Pada proses survey data lapangan perancangan jaringan FTTT menggunakan jaringan *existing* yang sudah dibangun dilapangan dari catuan ODC. Kabel fiber optik yang terhubung dari OLT sampai ONT *site* Kemawi merupakan jaringan kabel optik *existing* yang sudah dibangun tetapi belum diterminasi pada tiap titik dari OLT, ODC, ODP, hingga ONT *site* Kemawi.



Gambar-2 Rute jalur kabel jaringan Kemawi

Pada Gambar-2 terdapat jalur jaringan FTTT kemawi berdasarkan. Terdapat keterangan *legend* (AC-OF-SM-12-SC) yang merupakan singkatan dari *Aerial Cable Of Single Mode* dengan kapasitas 12 *Single Core*, (AC-OF-SM-24-SC) singkatan dari *Aerial Cable Of Single Mode* dengan kapasitas 24 *Single Core*, (DC-OF-SM-24) singkatan dari kabel fiber optik tanah *Duct Single Mode* dengan kapasitas 24 *Core*. Terdapat juga keterangan (ODP- Solid-PB-8 AS) yang merupakan singkatan dari ODP tipe solid dengan kapasitas 8 *core*. Pada Gambar 2 terdapat garis warna merah, biru dan hijau yang menandakan jalur kabel fiber optik yang dilewati.

C. Parameter Perhitungan

Pada bagian ini terdapat parameter yang digunakan untuk perhitungan. Untuk parameter

power link budget dapat dilihat pada Tabel-1 dan parameter *rise time budget* ditunjukkan pada Tabel-2.

Tabel-1 Parameter *power link budget*

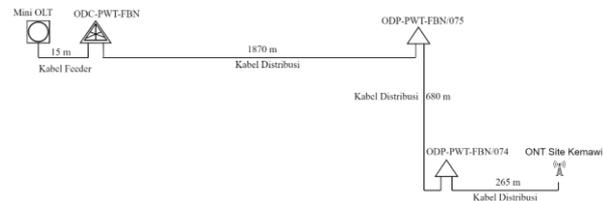
Parameter	Keterangan
Daya sumber (Pt) <i>downlink</i>	3-7 dBm
Daya sumber (Pt) <i>uplink</i>	1-5 dBm
Daya terima (Pr)	-28 dBm (max)
Redaman serat optik	0,35 dB/km
Redaman Sambungan	0,1 dB/ <i>splice</i>
Konektor SC	0,25 dB
Adaptor	0,5 dB
<i>Attenuator</i>	15 dB
Jumlah sambungan	6 buah
Jumlah konektor SC	7 buah
Jumlah adaptor	4 buah
<i>Safety Margin</i>	6 dB

Tabel-2 Parameter *Rise Time Budget*

Parameter	Keterangan
Panjang gelombang (λ)	<i>Uplink</i> 1310 nm <i>Downlink</i> 1490 nm
Lebar Spektral ($\Delta\sigma$)	OLT 1 nm ONT 1 nm
t_{tx}	OLT 160 ps ONT 200 ps
D_m	<i>Uplink</i> 3,56 ps/nm <i>Downlink</i> 13,64 ps/nm
t_{rx}	OLT 160 ps ONT 200 ps
Pengkodean	NRZ
Jenis Serat Optik	<i>Single Mode Fiber</i>

D. Menentukan Topologi

Pada tahap menentukan topologi, kegiatan yang dilakukan menentukan topologi yang tepat untuk jaringan tersebut. Topologi merupakan perangkat yang saling terhubung pada struktur jaringan fisik. Konfigurasi jaringan FTTH menggunakan topologi bus untuk diimplementasikan. Topologi bus dipilih karena kondisi geografis dan infrastruktur dilokasi tidak memungkinkan menggunakan topologi lainnya. Topologi bus memiliki keunggulan hemat biaya, mudah dan sederhana..



Gambar-3 Topologi Jaringan FTTH Kemawi.

Pada Gambar-3 perancangan jaringan FTTH menggunakan kabel fiber optik *existing* dengan total panjang kabel 2.830m, topologinya menggunakan 1 perangkat OLT, 1 perangkat ODC, 2 perangkat ODP, dan 1 ONT. Untuk Mini OLT dan ODC-PWT-FBN letaknya berdekatan berada di *Cluster Ciberem Indah* dengan panjang kabel *feeder* 15 m. Kemudian ODC-PWT-FBN menuju ODP-PWT-FBN/075 terletak di Jl. Raya Baturaden Timur dengan panjang kabel distribusi 1.870 m. Untuk ODP-PWT-FBN/075 menuju ODP-PWT-FBN/074 terletak di Jl. Sumbang Gandatapa dengan panjang kabel distribusi 680 m. Lokasi ODP ke ONT *Site Kemawi* berada di Jl. Sikapat Sumbang dengan panjang kabel distribusi 265 m.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jaringan *Fiber To The Tower* dilokasi Kemawi dirancang dari STO hingga ODP akhir yang dekat dengan posisi Tower. *Software* aplikasi *optisystem* digunakan untuk mensimulasikan desain, yang kemudian dibangun. Untuk memberikan hasil simulasi yang sedekat mungkin dengan kenyataan di lapangan, semua komponen perangkat yang digunakan dalam simulasi disesuaikan dengan spesifikasi perangkat asli. Bertujuan untuk memastikan kekuatan di sisi penerima dan *Bit Error Rate* (BER) dari jaringan yang akan digunakan, koneksi *downlink* dan *uplink* disimulasikan.

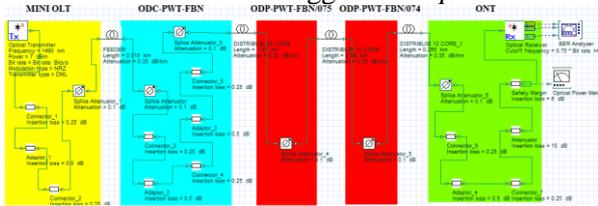
A. Simulasi *Optisystem*

Pada perancangan simulasi dilakukan perancangan tanpa menggunakan *splitter* (*Direct OLT*).

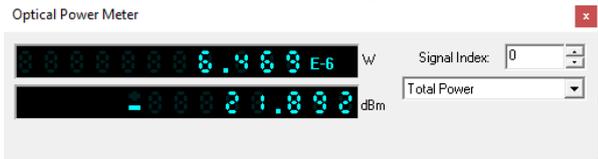
1) Simulasi *Optisystem Downlink* (1490nm)

Simulasi *downlink* menggunakan OLT, ODC, ODP, dan ONT dapat dilihat pada Gambar-4 Perangkat OLT memiliki bit *rate* 2,448 Gb/s dan menggunakan daya 7 dBm. Menurut spesifikasi teknologi ITU-T GPON, sensitivitas yang digunakan adalah -28 dB. Perancangan ini dibuat sesuai dengan kondisi dilapangan agar

mendapatkan hasil yang mendekati *real*. Pada ODC dan ODP tidak menggunakan *splitter*.



Gambar-4 Simulasi optisystem *downlink*.

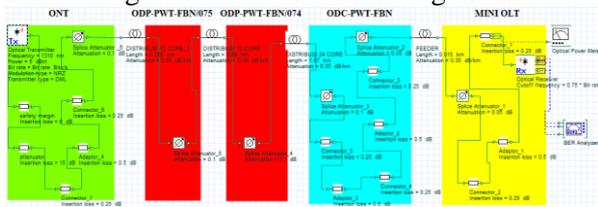


Gambar-5 Tampilan optisystem *downlink* pada sisi penerima (rx)

Gambar-5 menunjukkan hasil daya pancar pada sisi penerima (Rx) yang terukur pada *optisystem* sebesar -21,892 dBm. Hasil tersebut menunjukkan layak karena masih berada diatas sensitivitas yaitu -28 dBm. Daya pancar yang digunakan pada simulasi *downlink* yaitu 7 dBm.

2) Simulasi *Optisystem Uplink (1310nm)*

Simulasi ini merupakan kebalikan dari simulasi *downlink*, dimana ONT sebagai *transmitter* (tx) dan OLT sebagai *receiver* (rx). Pada Gambar-6 menunjukkan simulasi *optisystem uplink* yang dimulai dari ONT, ODP, ODC, dan Mini OLT. Pada simulasi ini menggunakan tambahan attenuator sebesar 15 dB agar mendapatkan hasil daya terima (rx) yang sesuai dengan standar PT Telkom. Pada perangkat ONT menggunakan nilai dayakeluaran (Pt) 5 dBm. *Bit rate* yang digunakan yaitu 1,244 Gb/s dan sensitivitas sebesar -28 dBm sesuai dengan acuan ITU-T teknologi GPON.



Gambar-6 Simulasi optisystem *uplink*.



Gambar-7 Tampilan hasil daya yang terukur pada OLT.

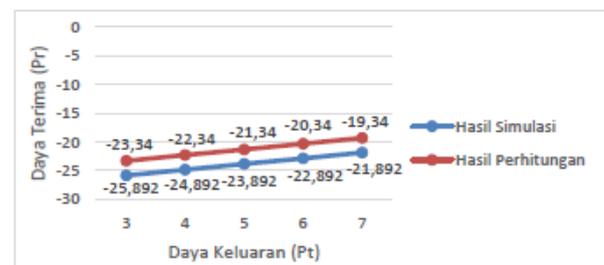
Pada Gambar-7 menunjukkan hasil daya terima pada sisi *receiver* (rx) OLT sebesar -23,792 dBm. Daya keluaran (Pt) dari ONT sebesar 5 dBm. Hasil tersebut dikatakan layak karena masih berada diatas sensitivitas -28 dBm.

3) Menentukan *Power Link Budget Downlink*

Pada Tabel-3 menunjukkan variasi daya yang digunakan pada simulasi *downlink*. Variasi daya untuk *downlink* adalah 3 dBm hingga 7 dBm sesuai dengan standar ITU-T untuk teknologi GPON. Pada hasil simulasi dan hasil perhitungan masing-masing terdapat selisih 1 dBm. Hasil simulasi dikatakan masih layak karena nilainya masih berada diatas hasil perhitungan. Hasil perhitungan merupakan nilai estimasi redaman total dari hasil simulasi. Pada simulasi dan perhitungan menggunakan daya keluaran sumber optik sebesar 3 dBm. Hasil daya simulasi pada ONT adalah -25,892 dBm dan perhitungan -23,34 dBm. Pada saat menggunakan daya keluaran (Pt) 7 dBm diperoleh nilai tertinggi dari hasil simulasi diperoleh -21,892 dBm dan perhitungan -19,34 dBm. Dapat dikatakan bagus karena daya terima (Prx) lebih besar dibandingkan dengan yang lainnya dan masih berada diatas sensitivitas -28 dBm. Pada Gambar-8 menunjukkan grafik yang naik. Hal ini menunjukkan semakin besar daya keluaran (Pt) yang digunakan maka semakin baik hasil daya pada sisi perima (Pr) dan semakin kecil daya keluaran (Pt) maka semakin kurang baik hasil pada sisi penerima (Pr).

Tabel-3 Variasi daya pada simulasi *optisystem downlink*

Daya Keluaran (Pt)	Hasil Simulasi	Hasil Perhitungan
3 dBm	-25,892 dBm	-23,34 dBm
4 dBm	-24,892 dBm	-22,34 dBm
5 dBm	-23,892 dBm	-21,34 dBm
6 dBm	-22,892 dBm	-20,34 dBm
7 dBm	-21,892 dBm	-19,34 dBm



Gambar-8 Grafik variasi daya simulasi *optisystem downlink*.

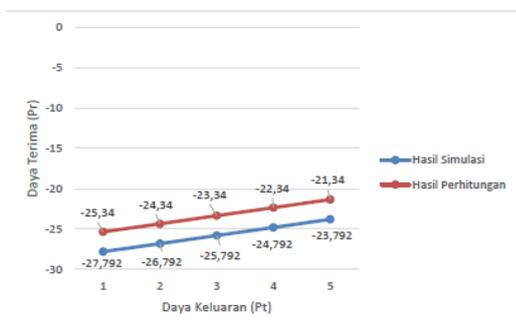
4) Menentukan *Power Link Budget Uplink*

Pada Tabel-4 menunjukkan variasi daya yang digunakan pada simulasi *optisystem uplink*. Variasi daya untuk *uplink* adalah 1 dBm hingga 5 dBm sesuai dengan standar ITU-T untuk teknologi GPON. Hasil perhitungan merupakan nilai estimasi redaman total dari hasil simulasi. Pada

saat menggunakan daya keluaran (Pt) 1 dBm diperoleh nilai terkecil dari hasil simulasi diperoleh -27,792 dBm dan perhitungan -25,34 dbm. Pada saat menggunakan daya keluaran (Pt) 5 dBm diperoleh nilai tertinggi dari hasil simulasi diperoleh -23,792 dBm dan perhitungan -21,34 dBm. Pada hasil simulasi dan hasil perhitungan pada masing-masing daya dapat dikatakan masih layak karena masih berada diatas sensitivitas -28 dBm. Pada Gambar-9 menunjukkan hasil grafik yang naik, ketika menggunakan daya keluaran 1 dBm pada grafik, hasil daya terima paling kecil dibandingkan grafik lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa daya terima (Pr) meningkat dengan meningkatnya daya keluaran (Pt).

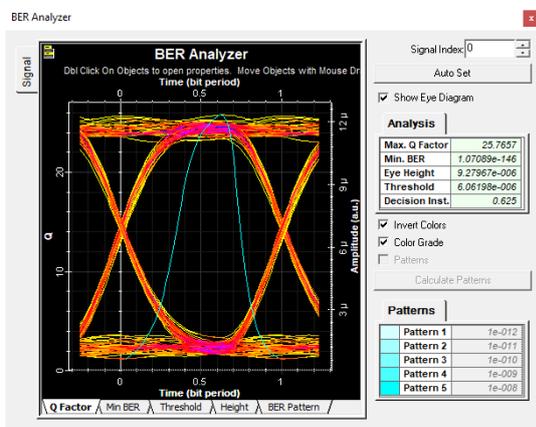
Tabel-4 Variasi daya pada simulasi *optisystem uplink*.

Daya Keluaran (Pt)	Hasil Simulasi	Hasil Perhitungan
1 dBm	-27,792 dBm	-25,34 dBm
2 dBm	-26,792 dBm	-24,34 dBm
3 dBm	-25,792 dBm	-23,34 dBm
4 dBm	-24,792 dBm	-22,34 dBm
5 dBm	-23,792 dBm	-21,34 dBm



Gambar-9 Grafik variasi daya simulasi *optisystem uplink*.

5) Menentukan BER downlink



Gambar-10 BER Analyzer *optisystem downlink*

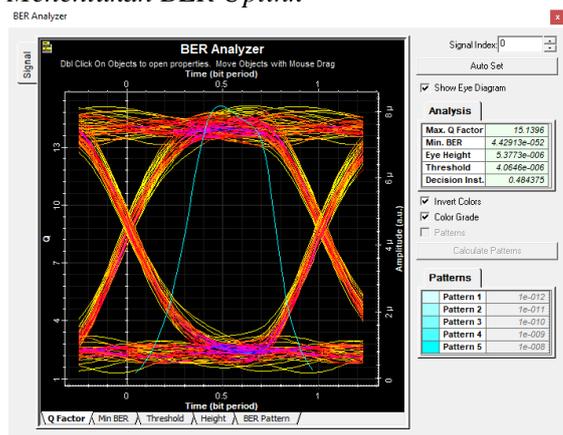
Gambar-10 menunjukkan hasil simulasi *optisystem downlink* dengan tampilan *eye diagram* dengan menggunakan Panjang gelombang 1310nm dan menggunakan daya keluaran (Pt) sebesar 7 dBm. Simulasi ini menggunakan daya paling besar pada variasi daya untuk mendapatkan hasil simulasi yang baik dan maksimal. Menampilkan nilai *Q-factor* 25,7657 dan nilai BER 1,07089⁻¹⁴⁶

Tabel-5 Hasil variasi BER *analyzer optisystem downlink*

Daya Keluaran (Pt)	Q Factor	Nilai Min BER
3 dBm	10,5441	2,69732x10 ⁻²⁶
4 dBm	13,2173	3,47768x10 ⁻⁴⁰
5 dBm	16,5463	8,4852x10 ⁻⁶²
6 dBm	20,6749	2,90354x10 ⁻⁹⁵
7 dBm	25,7657	1,07089x10 ⁻¹⁴⁶

Tabel-5 pada saat menggunakan daya keluaran 3 dBm diperoleh nilai Q factor dengan nilai 10,5441 dan nilai BER 2,69732x10⁻²⁹⁷. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin kecil nilai daya keluaran maka semakin kecil nilai Q-factor dan sebaliknya. Standar Q-factor dapat dikatakan baik jika lebih besar dari 6.

6) Menentukan BER Uplink



Gambar-11 BER Analyzer *optisystem uplink*

Pada Gambar-11 menunjukkan hasil simulasi *optisystem uplink* dengan tampilan *eye diagram* menggunakan panjang gelombang 1310 nm dan menggunakan daya keluaran (Pt) sebesar 5 dBm. Menampilkan nilai *Q-factor* dengan nilai 15,1936 dan nilai BER 4,42913x10⁻⁵².

Tabel-6 Hasil variasi BER *analyzer optisystem uplink*

Daya Keluaran (Pt)	Q Factor	Nilai Min BER
1 dBm	6,31452	1,35359x10 ⁻¹⁰
2 dBm	7,88451	1,5743x10 ⁻¹⁵
3 dBm	9,81852	4,676x10 ⁻²³
4 dBm	12,2074	1,4156x10 ⁻³⁴
5 dBm	15,1936	4,42913x10 ⁻⁵²

Tabel-6 pada saat menggunakan daya keluaran sebesar 1 dBm diperoleh nilai Q Factor dengan nilai 6,31452 dan nilai BER 1,3539x10⁻¹⁰. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin kecil nilai daya keluaran, semakin kecil nilai Q-factor dan sebaliknya. Standar Q-factor dapat dikatakan baik jika lebih besar dari 6. BER dikatakan bagus jika minimal 10⁻⁹.

B. Menentukan Rise Time Budget

Sebuah teknik untuk mengetahui batas dispersi link serat optik adalah analisis *rise time budget*. Tujuan teknik ini adalah untuk menilai apakah kinerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan dapat mendukung kapasitas saluran yang dibutuhkan. Secara umum, total penurunan waktu transisi link digital tidak melebihi 35 persen untuk data RZ (*Return to Zero*) atau 70 persen untuk data NRZ (*Non- Return to Zero*) dari satu siklus bit. Perhitungan dihitung berdasarkan link jarak sesuai dengan simulasi dengan total jarak dari OLT-ONT adalah 2,83 km (OLT-ODC 0,010 km, ODC-ODP1,85 km, ODP-ODP 0,64 km, ODP-ONT 0,24 km).

1) Menentukan *rise time budget downlink*

Perhitungan *Rise Time Budget Downlink* (1310 nm) *Bit rate downlink* (Br) = 2,488 Gb/s dengan format NRZ, sehingga

$$Tr = \frac{0,7}{Br} = \frac{0,7}{2,488 \times 10^9} = 285947 \times 10^{-9} \text{ s} = 0,28594 \text{ ns}$$

Nilai dispersi:

$$Ttx = 160ps = 0,16ns$$

$$Trx = 200ps = 0,2ns$$

$$Tintermodal = 0 \text{ (serat optik single mode)}$$

$$Tintermodal = o\theta \times L \times Dm$$

$$Tintermodal = 1nm \times 2,83 \text{ km} \times 13,64 \frac{ps}{nm} \cdot km$$

$$Tintermodal = 38,6012 \text{ ps}$$

$$Tintermodal = 0,03812 \text{ ns}$$

Sehingga besar (T total) *rise time* untuk serat optik mode tunggal yaitu:

$$Ttotal = \sqrt{Ttx^2} + \sqrt{Tintermodal^2} + \sqrt{(Trx)^2}$$

$$Ttotal = \sqrt{(0,16)^2} + \sqrt{(0,38612)^2} + \sqrt{(0)^2} + \sqrt{(0,2)^2}$$

$$Ttotal = 0,25901 \text{ ns}$$

2) Menentukan *rise time budget uplink*

Perhitungan *rise time budget uplink* (1290 nm)

Bit rate uplink (Br) = 1,244 Gb/s dengan format NRZ, sehingga :

$$Tr = \frac{0,7}{Br} = \frac{0,7}{1,244 \times 10^9} = 5267 \times 10^{-9} \text{ s} = 0,5267 \text{ ns}$$

Nilai dispersi:

$$Ttx = 160ps = 0,16ns$$

$$Trx = 200ps = 0,2ns$$

$$Tintermodal = 0 \text{ (serat optik single mode)}$$

$$Tintermodal = o\theta \times L \times Dm$$

$$Tintermodal = 1nm \times 2,83 \text{ km} \times 3,56 \frac{ps}{nm} \cdot km$$

$$Tintermodal = 10,0748 \text{ ps}$$

$$Tintermodal = 0,0100748 \text{ ns}$$

Sehingga besar (T total) *rise time* untuk serat optik mode tunggal yaitu:

$$Ttotal = \sqrt{Ttx^2} + \sqrt{Tintramodal^2} + \sqrt{Tintermodal^2} + \sqrt{Trx^2}$$

$$Ttotal = \sqrt{(0,15)^2} + \sqrt{(0,0100748)^2} + \sqrt{(0)^2} + \sqrt{(0,2)^2}$$

$$Ttotal = 0,25020 \text{ ns}$$

C. Analisis Hasil Simulasi Dan Implementasi Jaringan FTTT

Pada analisis dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dan implementasi. Pada simulasi *downlink* menggunakan daya 7 dbm dan diperoleh hasil daya OLT Tx 4,449 dBm dan daya ONT Rx -23,792 dBm. Untuk hasil simulasi *uplink* menggunakan daya sebesar 5 dbm dan

diperoleh hasil daya ONT Tx 2,449 dBm dan daya OLT Rx -21,892 dBm. Bm dan daya ONT Rx sebesar -15,27 dBm. Pada hasil *uplink* diperoleh nilai daya ONT Tx sebesar 2,55 dBm dan daya OLT Rx sebesar -17,45 dBm.

Terdapat perbedaan pada hasil simulasi dan implementasi pada masing-masing daya Rx, dikarenakan pada simulasi menggunakan *safety margin* sebesar 6 dB sehingga terjadi perbedaan pada hasil daya Rx simulasi dan implementasi. Apabila hasil daya Rx pada simulasi dikurangi dengan nilai *safety margin* 6 dB, maka hasilnya akan mendekati nilai daya Rx pada implementasi hanya berbeda angka koma. Berdasarkan hasil tersebut dapat dikatakan sudah layak walaupun berbeda dengan hasil simulasi karena nilai daya Rx masih berada di *range* daya -7 dBm sampai -28 dBm dan pada hasil implementasi jaringan FTTH Kemawi dapat dikatakan sudah layak.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

- 1) Berdasarkan hasil perhitungan kelayakan *power link budget* didapatkan nilai total redaman 20,34 dB.
- 2) Pada jaringan FTTH Kemawi, nilai *power link budget downlink* menggunakan daya keluaran 7 dBm dari simulasi *optisystem* diperoleh nilai daya terima (Prx) -23,792 dBm dan hasil perhitungan -23,34 dBm. Untuk *uplink* menggunakan daya keluaran 5 dBm dari simulasi *optisystem* diperoleh nilai daya terima (Prx) sebesar -21,892 dBm dan hasil perhitungan -25,34 dBm. Untuk nilai margin daya pada *downlink* 8,66 dB dan *uplink* 6,66 dB. Berdasarkan hasil parameter tersebut, maka untuk *power link budget* dikatakan layak dan sudah memenuhi standar Telkom.
- 3) Nilai *Q factor* pada simulasi *optisystem* yang diperoleh untuk *downlink* 25,7657 dan *uplink* 15,1936. Standar nilai *Q factor* adalah minimal 6, sehingga dapat dikatakan nilai *Q factor* pada perancangan simulasi ini sudah memenuhi standar.
- 4) Nilai BER pada simulasi *optisystem* yang didapatkan baik *downlink* sebesar $1,07089 \times 10^{-146}$ dan *uplink* sebesar $4,42913 \times 10^{-52}$. Untuk nilai standar minimum BER yang ditentukan oleh ITU-T G984 GPON yaitu 10^{-9} . Sehingga untuk

nilai BER pada simulasi perancangan sudah memenuhi standar minimum yang ditentukan.

- 5) Nilai perhitungan *Rise Time Budget* diperoleh untuk *downlink* 0,25901 ns dan *uplink* 0,25020 ns, hal ini dapat dikatakan sudah layak karena nilai *rise time* total tidak melebihi nilai *rise time* fiber.
- 6) Pada implementasi jaringan FTTH Kemawi diperoleh nilai daya untuk *downlink* Rx -15,27 dBm dan *uplink* Rx -17,45 dBm. Untuk *range* daya (rx) yang ditetapkan oleh PT Telkom yaitu -7 dBm sampai -28 dBm. Sehingga dapat dikatakan untuk implementasi jaringan FTTH layak dan sudah memenuhi standar.

B. Saran

- 1) Diharapkan agar penelitian ini dapat dikembangkan dan dijadikan bahan penelitian untuk selanjutnya seperti pengaruh nilai redaman terhadap layanan ONT pada BTS.
- 2) Dalam perancangan jaringan FTTH lebih baik tidak satu *splitter* dengan pelanggan lainnya agar *bandwith* yang diberikan tidak terbagi dengan pelanggan lainnya.
- 3) Bagi mahasiswa sebaiknya melakukan lebih dalam lagi terkait jaringan FTTH, karena jaringan telekomunikasi berkembang dengan pesat dan kedepannya tentu akan berkembang. Seperti jaringan FTTH untuk layanan 5G

DAFTAR PUSTAKA.

- [1] T. A. Dewi, "Perancangan Desain Jaringan Fiber To The Tower (FTTH) Dengan Membandingkan Teknologi GPON dan XGPON Untuk Area Sokaraja," *Proceedings on Conference on Electrical Engineering, Telematics, Industrial Technology, and Creative Media*, 2018.
- [2] A. N. A. Maryadi, F. Khair, and Y. Rahmawati, "PERANCANGAN DESAIN FIBER TO THE TOWER (FTTH) UNTUK KOMUNIKASI BROADCAST SEBAGAI BACKHAUL JARINGAN BANYUMAS TV," *Proceedings on Conference on Electrical Engineering, Telematics, Industrial Technology, and Creative Media*, no. 1, 2018.
- [3] N. Darmawan, "Analisa Pengembangan Jaringan Fiber Optic Site Nangka Semarang," *Analisa Pengembangan Jaringan Fiber Optic Site Nangka Semarang*, 2017.

- [4] M. L. H. Talaohu, "PERANCANGAN JARINGAN FIBER TO THE TOWER DI AREA BANJARBARU," Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2018. Accessed: Aug. 31, 2023. [Online]. Available: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/12431>
- [5] F. Rosanto, D. Zulherman, and F. Khair, "Analisis Perancangan Jaringan Fiber To The Home Area Jakarta Garden City (Jakarta Timur) dengan Metode Link Power Budget dan Rise Time Budget," *Seminar Nasional IPTEK Terapan (SENT)*, vol. 2, 2017.
- [6] M. R. Farisan, N. Tri, S. T. Damayanti, and A. P. Satya, "Ciganitri Indah Residence Kabupaten Bandung Analysis and Optimization of Fiber To the Home (Ftth) Network in Ciganitri Indah Residence Housing, Bandung District," *Proceeding of Applied Science*, vol. 6, no. 1, 2020.
- [7] F. Pahlawan, D. A. Cahyasiwi, and K. Fayakun, "Perancangan Jaringan Akses Fiber To the Home (Ftth) Menggunakan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (Gpon) Studi Kasus Perumahan Graha Permai Ciputat," *Seminar Nasional Teknoka*, vol. 2, no. 2502, 2017.
- [8] A. N. U. Z and F. Fausiah, "Analisis Redaman pada Jaringan Fiber to the Home (FTTH) Berteknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) di PT Telkom Makassar," *Ainet : Jurnal Informatika*, vol. 1, no. 1, 2019, doi: 10.26618/ainet.v1i1.2287.
- [9] J. S. Effendi, Sugito, and M. I. Maulana, "Analisis Migrasi Media Transmisi Radio Ke Fiber Optik di Jaringan Backhaul BTS Perum Manglayang," in *e-Proceeding of Engineering*, 2018.
- [10] S. Ridho, A. Nur Aulia Yusuf, S. Andra, D. Nikken Sulastrie Sirin, and C. Apriono, "Perancangan Jaringan Fiber to the Home (FTTH) pada Perumahan di Daerah Urban (Fiber to the Home (FTTH) Network Design at Housing in Urban Areas)," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, vol. 9, no. 1, 2020, doi: 10.22146/jnteti.v9i1.138.
- [11] F. Emasriani and R. Rahmadewi, "Analisa Efektifitas Perbaikan Perangkat BTS Telkomsel Karawang dengan iManager u2000 software," *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, vol. 5, no. 2, 2021, doi: 10.22373/crc.v5i2.9552.
- [12] N. Sabah, F. Imansyah, and F. T. P. W, "PERANCANGAN JARINGAN AKSES FTTH DENGAN TEKNOLOGI GPON MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA DI 'KOTA SATELIT' KUBU RAYA," *Broadband Economics*, 2020.