

Perancangan Jaringan Fiber to the Building pada Gedung Tokong Nanas dengan Multi Aplikasi

1st Farhan Ghifari Adhitya
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

adhityaa@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Uke Kurniawan Usman
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

ukeusman@telkomuniversity.ac.id

3rd Akhmad Hambali
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

ahambali@telkomuniversity.ac.id

Abstrak - Dunia telekomunikasi berkembang pesat dan memerlukan layanan komunikasi berkualitas. Perancangan jaringan bertujuan meningkatkan jangkauan dan mutu pelayanan dengan memperluas jaringan secara efisien. Kebutuhan aktivitas perkuliahan yang beragam, pihak Telkom University harus memberikan pelayanan maksimal di tiap titik gedung dengan mengutamakan parameter seperti kapasitas, kualitas, dan konektivitas pengiriman data. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem *Fiber to the Building* (FTTB) di Gedung Tokong Nanas, Telkom University, dengan menggunakan teknologi *Next Generation Passive Optical Network* (NGPON) untuk meningkatkan konektivitas dan kapasitas data yang sesuai dengan kebutuhan mahasiswa dan aktivitas perkuliahan. Implementasi ini dimulai dari Sentral Telepon Otomat (STO) Cijawura menuju Gedung Tokong Nanas melalui dua jalur resiliensi Pasar Kordon dan Cikoneng. Teknologi NGPON digunakan untuk meningkatkan kualitas jaringan dengan standar *Quality of Service* (QoS) yang sesuai.

Kata Kunci- *Fiber optic*, FTTB, NGPON, *Quality of Service*

I. PENDAHULUAN

Saat ini, dunia telekomunikasi berkembang pesat dan memerlukan layanan komunikasi berkualitas untuk melayani publik. Perancangan jaringan bertujuan meningkatkan jangkauan dan mutu pelayanan dengan memperluas jaringan secara efisien. Kebutuhan aktivitas perkuliahan yang beragam, pihak Telkom University harus memberikan pelayanan maksimal di tiap titik gedung dengan mengutamakan parameter seperti kapasitas, kualitas, dan konektivitas pengiriman data. Hal ini mencakup aspek pendidikan yang mencakup peningkatan kualitas pelayanan pada aktivitas mahasiswa selama perkuliahan, aspek teknologi pendukung yang menggunakan *Next Generation Passive Optical Network* (NGPON) pada perancangan *Fiber to the Building* (FTTB), aspek lingkungan yang membahas tentang estetika tata kelola gedung, serta aspek bisnis yang berhubungan dengan potensi penetrasi internet di Indonesia.

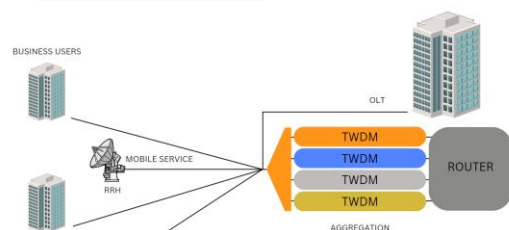
Penelitian ini berfokus pada layanan publik dengan sistem transmisi *fiber optic* yang disebut *Fiber to the Building* (FTTB), yang diimplementasikan pada gedung Tokong Nanas. Gedung ini memiliki 10 lantai, 178 ruangan, dan 8 area, serta dapat menampung hingga 7.500 mahasiswa.

Bertambahnya kuantitas mahasiswa, dibutuhkan konektivitas, kapasitas, dan kualitas yang berbanding lurus dengan kuantitas mahasiswa Telkom University.

Solusi perancangan jaringan yang diberikan dapat meningkatkan kebutuhan *bandwidth* dengan kapasitas yang besar agar dapat melayani kebutuhan layanan internet, salah satunya yaitu layanan *triple play*. Keuntungan yang didapatkan dalam penelitian ini adalah dapat membantu pihak Telkom University dan pihak PT. Telkom Indonesia dalam mempertimbangkan perencanaan jaringan *fiber optic* meliputi *Quality of Service* (QoS) dan *Bill of Quantity* (BOQ) dari spesifikasi berdasarkan hasil perancangan yang sudah dibuat.

II. KAJIAN TEORI

A. Next Generation Passive Optical Network (NGPON)



GAMBAR 1.
Arsitektur NGPON

Next Generation Passive Optical Network (NGPON) adalah teknologi jaringan optik yang didasarkan pada arsitektur *Passive Optical Network* (PON) yang ditetapkan oleh ITU-T G.989. Keunggulan utamanya adalah kemampuannya untuk mengintegrasikan layanan *multi-service* ke dalam satu jaringan, termasuk layanan radio dan *fixed line*. Kecepatan bit yang dapat dicapai adalah 10 Gbps hingga 40 Gbps. [2].

B. Fiber Optic

Fiber Optic adalah kabel transmisi yang terbuat dari serat kaca dengan diameter kurang dari 200 mikrometer. Serat ini menggunakan cahaya untuk mentransmisikan data. Karena indeks bias kaca lebih kecil dari udara, cahaya tidak keluar

dari serat. Sistem komunikasi *fiber optic* menggunakan LED dan LASER sebagai sumber cahaya. Kecepatan transmisi *fiber optic* sangat tinggi, sehingga cocok digunakan sebagai media transmisi komunikasi [7].

C. Bill of Quantity (BOQ)

Bill Of Quantity merupakan sebuah cara yang berfungsi untuk mengetahui berapa jumlah perangkat yang digunakan untuk sebuah perencanaan jaringan.

D. Quality of Service (QoS)

Quality of Service adalah teknologi jaringan yang memungkinkan menentukan dan memprediksi tingkat latensi dan kehilangan data dalam suatu jaringan [4]. Adapun *Quality of Service* yang digunakan pada perancangan ini adalah:

1. Link Power Budget (LPB)

Link Power Budget adalah alokasi daya yang tersisa setelah *fiber optic* mengalami kerugian atau kehilangan karena redaman. Menurut standar, nilai LPB tidak boleh lebih rendah dari -28 dB [6]. Nilai LPB juga dipengaruhi dengan sistem margin yaitu 2 dB [1]. Rumus LPB sebagai berikut:

$$P_{Rx} = P_{tx} - (\alpha_{tot} + SM) \quad (1)$$

$$\alpha_{total} = (L \times a_{serat}) + (N_c \times \alpha_c) + (N_s \times \alpha_s) + Sp \quad (2)$$

Keterangan :

P_{Rx}	= Sensitivitas daya maksimum detektor (dBm)
P_{tx}	= Daya keluaran sumber <i>optic</i> (dBm)
SM	= <i>Safety margin</i> , 2 dB
α_{tot}	= Redaman Total sumber (dB)
L	= Panjang <i>fiber optic</i> (Km)
α_f	= Redaman <i>Fiber optic</i> (dB)
N_c	= Jumlah konektor
α_c	= Redaman konektor (dB/konektor)
N_s	= Jumlah sambungan
α_s	= Redaman sambungan (dB/sambungan)
N_{sp}	= Jumlah <i>splitter</i>
Asp	= Redaman <i>splitter</i> (dB)

2. Rise Time Budget (RTB)

Rise Time Budget adalah parameter kelayakan yang digunakan untuk menentukan batasan dispersi dari jaringan *fiber optic*. Umumnya, degradasi total waktu transisi dari *link digital* tidak boleh melebihi 70% dari satu periode bit untuk *Non-Return-to-Zero* (NRZ) atau 35% dari satu periode bit untuk *Return-to-Zero* (RZ) [6]. Rumus RTB sebagai berikut:

$$t_{material} = \Delta\sigma \times L \times Dm \quad (3)$$

Sehingga:

$$t_{system} = (t_{tx}^2 + t_{material}^2 + t_{intermodal}^2 + t_{rx}^2)^{1/2} \quad (4)$$

Keterangan :

t_{tx}	= <i>Rise Time Transmitter</i> (ns)
t_{rx}	= <i>Rise Time Receiver</i> (ns)
$t_{intermodal}$	= Bernilai nol (Untuk <i>fiber optic single mode</i>)
$t_{material}$	= $\Delta\sigma \times L \times Dm$
$\Delta\sigma$	= Lebar <i>spectral</i> (nm)
L	= Panjang <i>fiber optic</i> (Km)
Dm	= Dispersi Material (ps/nm.Km)

3. Signal to Noise Ratio (SNR)

Signal to Noise Ratio adalah perbandingan daya sinyal terhadap *noise* pada titik yang sama. Ini menunjukkan seberapa banyak *noise* atau gangguan yang terjadi pada suatu sinyal, data, atau informasi yang dikirimkan dari *transmitter* hingga diterima oleh *receiver*. Standar SNR pada sistem komunikasi optik adalah 21.5 dB, yang ditetapkan oleh PT. Telkom [5]. Selain itu, standar minimal SNR yang diperlukan untuk kompensasi gangguan sinyal adalah 20 dB [3]. Rumus SNR sebagai berikut:

$$SNR = \frac{\text{Daya Sinyal}}{\Sigma \text{Noise}} \quad (5)$$

Sehingga:

$$SNR = 10 \log \left(\frac{(P_{in} RM)^2}{2qP_{in} RM^2 F(M) Be + \frac{4K_B T Be}{R_L}} \right) \quad (6)$$

Keterangan :

P_{in}	= Daya yang diterima <i>receiver</i> (P_{rx} dalam bentuk Watt)
R	= <i>Responsivity</i> (A/W)
M	= <i>Avalanche Photodiode Gain</i>
q	= <i>Electron Charge</i> ($1,69 \times 10^{-2}$ C)
$F(M)$	= <i>Noise Figure</i>
Be	= <i>Bandwidth</i>
K_B	= Konstanta Boltzman ($1,38 \times 10^{-23}$ J/K)
R_L	= Resistansi (Ω)
T	= Suhu APD (K)

4. Q-Factor

Q-Factor adalah *Signal to Noise Ratio* (SNR) yang dinyatakan dalam bentuk tegangan arus pada *circuit* keputusan. Nilai *Q-Factor* juga menentukan seberapa baik atau buruknya suatu sistem, dengan standar minimal sebesar 6 [7]. Rumus *Q-Factor* sebagai berikut:

$$Q = \frac{10 \frac{SNR}{20}}{2} \quad (7)$$

Keterangan :

SNR = Nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR)

5. Bit Error Rate (BER)

Bit Error Rate adalah perbandingan jumlah bit yang salah terhadap total bit yang diterima. Standar BER pada sistem komunikasi optik adalah 10^{-9} [5]. Rumus BER sebagai berikut:

$$BER = \frac{1}{Q\sqrt{2\pi}} \exp^{-\frac{Q^2}{2}} \quad (8)$$

Keterangan :

Q	= <i>Q-Factor</i>
π	= Konstanta phi (3,14)

6. Shannon Capacity

Shannon Capacity adalah batas maksimum kecepatan transmisi informasi pada sebuah kanal tanpa terjadinya error [8]. Rumus BER sebagai berikut:

$$C = B_{sys} \log_2 (1+SNR) \quad (9)$$

Keterangan :

C = Kapasitas *Channel* dalam bit perdetik
B_{sys} = *Bandwidth* sistem (Hz)
SNR = *Signal to Noise Ratio*

III. METODE

Metode pengujian perancangan ini diawali dengan *Desktop Study* menggunakan tiga solusi *software* berupa *software* pemetaan lokasi, *software* pemetaan gedung, dan *software* simulasi kelayakan. Hasil dari ketiga solusi tersebut berupa *as built drawing*, *Bill of Quantity* (BoQ), dan menghitung parameter kelayakan seperti *Link Power Budget* (LPB), *Rise Time Budget* (RTB), *Bit Error Rate* (BER), *Q-Factor*, *Signal to Noise Ratio* (SNR), dan *Shannon Capacity*.

A. Software Pemetaan Lokasi



GAMBAR 2.
Pemetaan Lokasi Jalur Resiliensi

Perancangan jaringan *fiber optic feeder* dilakukan dengan resiliensi berbentuk *ring*, dapat dilihat pada Gambar 2. Resiliensi yang dilakukan menggunakan dua jalur yaitu terletak ke arah Cikoneng, ditandai dengan kabel berwarna merah dan terletak ke arah Pasar Kordon, ditandai dengan kabel berwarna kuning. Jalur *feeder* Cikoneng dimulai dari Sentral Telepon Otomat (STO) Cijawura ke arah Cikoneng hingga ODC-CJA-FBL yang berada di *Gate 4* Telkom University sepanjang 11.432,45 meter. Jalur *feeder* Kordon dimulai dari Sentral Telepon Otomat (STO) Cijawura ke arah Pasar Kordon hingga ODC-CJA-FED yang berada di *Gate 3* Telkom University, sepanjang 5.894,75 meter.

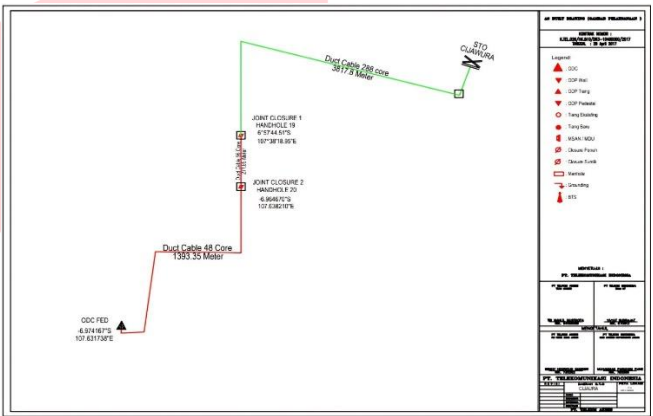


Gambar 3.
Pemetaan Lokasi *Feeder* Telkom University

Perancangan *fiber optic* sepanjang jalur resiliensi terbagi menjadi tiga panjang kabel *feeder* diantaranya 288 *core*, 96 *core* dan, 48 *core* yang tersebar ke masing-masing

Optical Distribution Cabinet (ODC) yang dilewati sebagaimana yang tertera pada jalur berwarna merah dan kuning pada Gambar 3. Kedua ODC yang dilalui menghubungkan jalur *feeder* dari Sentral Telepon Otomat (STO) menuju ke Mini OLT yang berada di ruang server. Perancangan ini menggunakan *handhole* sebagai titik *maintenance* dan titik sambungan jalur *feeder* sebanyak 80 *handhole* pada dua jalur perancangan. Mini OLT dihubungkan pada ODC Zona 4 menggunakan kabel distribusi sepanjang 695 meter. Kabel distribusi pada ODC Zona 4 diteruskan menggunakan kabel distribusi berjumlah empat *core* ke satu *Optical Termination Box* (OTB) diteruskan ke *Optical Distribution Point* (ODP) yang berakhir di *Access Point* pada setiap ruangan.

B. Software Pemetaan Gedung

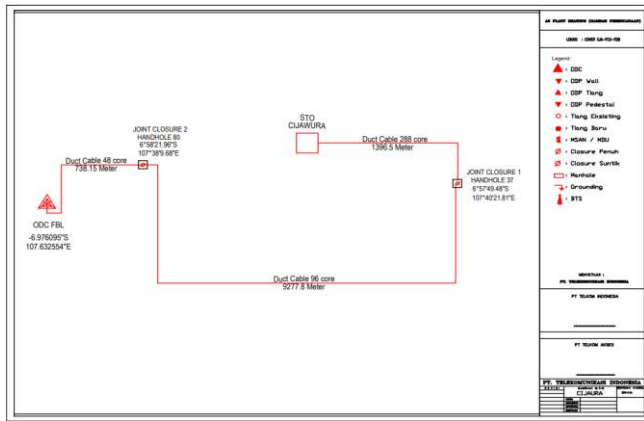


GAMBAR 4.
Pemetaan Jalur Kordon

Perancangan jaringan *fiber optic* jalur Kordon dimulai dari Sentral Telpen Otomat (STO) Cijawura hingga *Optical Ditrribution Cabinet* (ODC) yang berkode FED dapat dilihat pada Gambar 4. Terdapat 28 *handhole*, dengan rincian *fiber optic* dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1.
Rincian *Fiber Optic* Kordon

Jenis kabel dan tipe kabel (Kordon-FED)	Panjang Kabel awal	Panjang + <i>spare</i> (panjang kabel awal + 5%)
DC-OF-SM-288D	3.636 Meter	3817,8 Meter
DC-OF-SM-96D	259 Meter	271,95 Meter
DC-OF-SM-48D	1327 Meter	1393,35 Meter



GAMBAR 5.
Pemetaan Jalur Cikoneng

Perancangan jaringan *fiber optic* jalur Kordon dimulai dari Sentral Telpun Otomat (STO) Cijawura hingga *Optical Distribution Cabinet* (ODC) yang berkode FBL dapat dilihat pada Gambar 5. Terdapat 58 *handhole*, dengan rincian *fiber optic* dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL 2.
Rincian *Fiber Optic* Cikoneng

Jenis kabel dan tipe kabel (Cikoneng-FBL)	Panjang Kabel awal	Panjang + <i>spare</i> (panjang kabel awal + 5%)
DC-OFF-SM-288D	1.330 Meter	1396,5 Meter
DC-OFF-SM-96D	8.836 Meter	9277,8 Meter
DC-OFF-SM-48D	703 Meter	738,15 Meter

C. Kebutuhan Perangkat

Rincian jumlah perangkat yang digunakan pada perancangan NGPON dapat dilihat pada Tabel 3.

TABEL 3.
Kebutuhan Perangkat

Perangkat	Jumlah
<i>Transmitter</i>	5 Unit
EA dan OA	1 Unit
Mini OLT	4 Unit
<i>Optical Distribution Cabinet</i> (ODC)	3 Unit
<i>Optical Termination Box</i> (OTB)	1 Unit
Perangkat	Jumlah
<i>Optical Distribution Point</i> (ODP)	3 Unit
Roset	10 Unit
(ONT) Switch	10 Unit
<i>Access point</i>	186 Unit
<i>Power Splitter</i> 1:4	4 Unit

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian rancangan *fiber optic* dilakukan secara berkesinambungan antara ketiga *software* yang digunakan. Hasil perancangan *software* pemetaan lokasi dan *Software* pemetaan gedung dirancang sesuai jalur yang sudah ditentukan meliputi panjang kabel, perangkat, dan juga titik sambungan yang dilakukan sehingga mendapatkan hasil performansi yang baik.

A. Link Power Budget (LPB)

TABEL 4.
Hasil Perhitungan LPB

Link Power Budget (LPB) Sentral-Mini OLT			
Downstream (dBm)		Upstream (dBm)	
Cikoneng	Kordon	Cikoneng	Kordon
-13,07486	-11,805781	-14,4443575	-12,512145
Link Power Budget (LPB) Mini OLT-GKU			
Downstream (dBm)		Upstream (dBm)	
Terdekat	Terjauh	Terdekat	Terjauh
-17,390	-17,37411	-17,4445625	-17,46495

Mengacu pada persamaan (1) dan (2), Tabel 4 menunjukkan bahwa hasil perhitungan *Link Power Budget* (LPB) dari sentral menuju Mini OLT maupun Mini OLT menuju Gedung Tokong Nanas dapat dikatakan baik karena berada di bawah Prx maksimal yang ditentukan oleh ITU-T yaitu sebesar -28 dBm dan PT.Telkom yaitu sebesar -23 dBm.

B. Rise Time Budget (RTB)

TABEL 5.
Hasil Perhitungan RTB

Tsystem (<i>Rise Time Budget</i>)			
Downstream		Upstream	
Terdekat (ps)	Terjauh (ps)	Terdekat (ps)	Terjauh (ps)
42.442539	42.445350	42,437459	42,439378

Mengacu pada persamaan (3) dan (4), Tabel 5 menunjukkan bahwa hasil perhitungan *T_{system}* didapatkan pada *downstream* terdekat dan terjauh dapat menggunakan pengkodean NRZ dengan nilai 70 ps, dengan nilai yang didapat yaitu masing-masing 42.442539 ps dan 42.445350 ps. Sedangkan *T_{system}* *upstream* terdekat dan terjauh dapat menggunakan pengkodean NRZ dan RZ dengan nilai 140 ps untuk NRZ dan 70 ps untuk RZ, dengan nilai yang didapat yaitu masing-masing 42,437459 ps dan 42,439378 ps. Dapat disimpulkan bahwa sistem ini memenuhi *Rise Time Budget*.

C. Signal to Noise Ratio (SNR), Q-Factor, dan Bit Error Rate (BER)

TABEL 6.
Hasil SNR, Q-Factor, dan BER

Parameter	Downstream	Upstream
-----------	------------	----------

	Terdekat	Terjauh	Terdekat	Terjauh
SNR (dB)	27,1162	27.0956	24.8203	24.7867
Q-Factor	11,3443	11,3175	8,7094	8,6757
BER	4.01 x 10 ⁻³⁰	5.45 x 10 ⁻³⁰	1.55 x 10 ⁻¹⁸	2.09 x 10 ⁻¹⁸

Mengacu pada persamaan (5), (6), (7), dan (8), Tabel 6 dapat disimpulkan bahwa nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) yang tinggi menunjukkan bahwa sinyal yang diterima lebih dominan daripada *noise*. *Bit Error Rate* (BER) yang rendah menunjukkan bahwa jumlah kesalahan dalam komunikasi sangat sedikit. Nilai *Q-Factor* yang tinggi menunjukkan bahwa sinyal yang diterima memiliki kualitas yang sangat baik.

D. Shannon Capacity

Perhitungan *Shannon Capacity* berfungsi untuk menghitung jumlah kapasitas kanal yang digunakan dari Mini OLT ke Gedung Tokong Nanas. Perhitungan ini menggunakan nilai *Signal to Noise Ratio* pada jarak terjauh yaitu pada lantai 10 dengan perolehan nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) adalah 27,6038. Perancangan NGPON didapatkan 48,38 Gbps untuk Gedung Tokong Nanas dapat dikatakan lebih optimal daripada kondisi *existing*.

E. Bill of Quantity (BoQ)

Bill of Quantity (BoQ) yang telah dibuat meliputi perancangan dari sentral ke Mini OLT melalui dua jalur yang digunakan meliputi jalur Kordon dan Cikoneng. Total *Bill of Quantity* (BoQ) pada perancangan ini yaitu Rp7.199.387.990,30 pada bagian PT.Telkom dapat dilihat pada Tabel 7.

TABEL 7.
Bill of Quantity PT. Telkom

Kegiatan	Total
Pembuatan Jalur <i>fiber optic</i> dari Sentral - Mini OLT	Rp5.863.626.070,08
Perangkat dari Sentral – Pasar Kordon - Mini OLT - Gedung Tokong Nanas	Rp554.813.221,53
Perangkat dari Sentral – Cikoneng - Mini OLT - Gedung Tokong Nanas	Rp780.948.698,69
Total	Rp7.199.387.990,30

Bill of Quantity (BoQ) yang telah dibuat meliputi perancangan dari Mini OLT ke Gedung Tokong Nanas. Total *Bill of quantity* (BoQ) pada perancangan ini yaitu Rp385.521.267,00 pada bagian Telkom University dapat dilihat pada perancangan ini yaitu Rp385.521.267,00 pada bagian Telkom University dapat dilihat pada Tabel 8.

TABEL 8.
Bill of Quantity Telkom University

Kegiatan	Total
----------	-------

Pembuatan jalur <i>fiber optic</i> dari Gedung Server - Gedung Tokong Nanas	Rp385.521.267,00
Total	Rp385.521.267,00

F. Revenue

Revenue atau pendapatan adalah penghasilan yang diperoleh dari kegiatan normal suatu perusahaan dan dikenal dengan berbagai nama, antara lain penjualan, penghasilan jasa, bunga, dividen, royalti, dan sewa. Total pembuatan dua jalur *fiber optic* dari arah Pasar Kordon dan Cikoneng ditambah dengan penggalan maka di dapatkan total Rp7.199.387.990,30, kemudian untuk total *revenue* dari tahun pertama hingga tahun kesepuluh di dapatkan Rp66.948.188.836,00. Dapat disimpulkan dari bahwa dari segi aspek bisnis sangat menguntungkan dari sisi perusahaan Telkom Indonesia Tbk. Karena berdasarkan total *Bill of quantity* (BoQ) yang lebih rendah dari nilai *revenue* yang diperoleh per tahun nya

V. KESIMPULAN

Perancangan ini dapat mengimplementasikan sistem *Fiber to the Building* (FTTB) di Gedung Tokong Nanas, Telkom University, dengan menggunakan teknologi *Next Generation Passive Optical Network* (NGPON). Perancangan dilakukan menggunakan tiga *software*, yaitu *software* pemetaan lokasi, *software* pemetaan gedung, dan *software* simulasi kelayakan. Hasil perancangan menunjukkan nilai *Quality of Service* (QoS) yang sesuai dengan standar, termasuk *Bit Error Rate* (BER) $\leq 10^{-9}$, *Signal to Noise Ratio* (SNR) ≥ 21.5 dB, *Q-Factor* ≥ 6 , dan *Link Power Budget* kurang dari -28 dBm. Biaya perancangan sebesar Rp7.199.387.990,30 dengan total *revenue* selama 10 tahun sebesar Rp66.948.188.836,00, yang menunjukkan keuntungan bisnis bagi PT. Telkom Indonesia, Tbk.

REFERENSI

- [1] Direktorat Network & IT Solution, DOKUMEN DESAIN DAN PERENCANAAN i-ODN, Telkom Indonesia, 2019.
- [2] FGUSTIAWAN, "PERFORMANSI SYSTEM UDWDM DENGAN ARSITEKTUR NGPON PADA ISOWC," 2019.
- [3] G. Keiser, *Fiber optic Optical Communications Essential*, 2003.
- [4] H. Dhika and S. Ayuning Tyas, "Quality Of Services (QOS) Untuk Meningkatkan Skema Dalam Jaringan Optik," *JIMP - Jurnal Informatika Merdeka Pasuruan*, 2020.
- [5] S. Fitri, S. Aulia and A. A. Asril, "Perancangan Dan Pengukuran Performansi Jaringan Fiber To The Home Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network Menggunakan Aplikasi Optisystem Di Kelurahan Surau Gadang," *Jurnal Amplifier* November 2021 Vol 11 No 2, 2021
- [6] T. Anggita, L. B. Rahman, A. Akbar, M. A. Laagu and C. Apriono, "Perancangan dan Analisa Kinerja Fiber to the Building (FTTB) untuk Mendukung Smart Building di Daerah Urban," *ELKHA*, Vol. 12, No.1, April 2020, 2020.

- [7] WSamudro, N. M. A and B. Pamukti, "PERANCANGAN JARINGAN AKSES FIBER TO THE HOME (FTTH) MENGGUNAKAN TEKNOLOGI 10-GIGABIT-CAPABLE PASSIVE OPTICAL NETWORK (X-GPON) DI PERUMAHAN GRIYA JAPAN RAYA MOJOKERTO," e-Proceeding of Engineering , Vols. Vol.8, No.6 Desember 2022, 2022.
- [8] Yustini, A. Adila Asril, H. Nasrul Naw, R. Hafizt and A. Warman, "Implementasi dan Performansi Jaringan Fiber To The Home dengan Teknologi GPON.," Jurnal Teknologi Elekterika. 2021, Volume 18, 2021.

