

Perancangan dan Analisis Kinerja Jaringan Fiber Optik Menggunakan Teknologi GPON pada Pemerintah Kabupaten Pidie Jaya

Muhammad Fahmi^{#1}, Nasaruddin^{#1,2}, Syahrial^{#1,2}

^{#1}Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

^{#2}Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh, Indonesia

princeatjeh@gmail.com

Abstrak - Bertambahnya aplikasi *e-government* serta kebutuhan komunikasi data berbasis teks, suara dan video pada pemerintah daerah menuntut tersedianya jaringan intranet berkapasitas bandwidth yang besar. Pada Pemerintah Kabupaten Pidie Jaya, kebutuhan bandwidth intranet untuk melayani 38 kantor adalah sebesar 3,314 Gbps. *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) merupakan salah satu teknologi jaringan fiber optik yang mampu mentransfer data hingga 2,48 Gbps, serta minim biaya modal (CAPEX) dan biaya operasional (OPEX). Penelitian ini merancang dan menguji kelayakan GPON pada pemerintah daerah tersebut. Perancangan menghasilkan bandwidth intranet sebesar 4,96 Gbps, dengan nilai analisis *Power Link Budget* sebesar -26,24 dBm, *Rise Time Budget* sebesar 0,42927 ns, *Signal to Noise Ratio* sebesar 34,77 dB, dan *Bit Error Rate* sebesar $1,24 \times 10^{-19}$.

Kata Kunci - Perancangan Jaringan, Intranet, Pidie Jaya, Fiber Optik, GPON.

I. PENDAHULUAN

Kabupaten Pidie Jaya merupakan kabupaten pemekaran di Provinsi Aceh, yang dimekarkan dari Kabupaten Pidie berdasarkan UU No. 7 Tahun 2007 pada tanggal 2 Januari 2007. Pemerintah Kabupaten Pidie Jaya memiliki 38 Satuan Kerja Perangkat Kabupaten (SKPK) yang tersebar di 8 Kecamatan [1]. Kantor-kantor SKPK tersebut tidak memiliki jaringan intranet yang saling terhubung, dengan koneksi internet dan server berada pada lokasi masing-masing (*standalone*). Selain itu, bertambahnya aplikasi *e-government* serta kebutuhan komunikasi data berbasis teks, suara dan video menuntut tersedianya jaringan intranet berkapasitas bandwidth yang besar. Pemerintah pusat terus mengalakkan pemerintah daerah untuk membangun infrastruktur telekomunikasi dalam rangka percepatan kabupaten menjadi daerah *smart regency*, misalnya seperti yang dilakukan oleh Pemerintah Kabupaten Bekasi yang membangun sendiri jaringan fiber optik menggunakan sumber dana dari APBD [2].

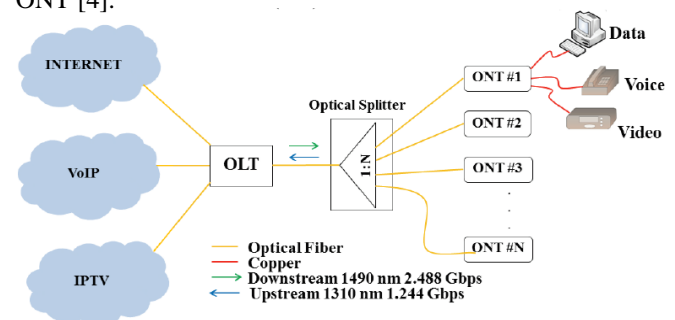
GPON adalah salah satu teknologi PON yang banyak digunakan sekarang ini, yang dikembangkan oleh ITU-T dengan standar G.984. Teknologi ini mempunyai kecepatan 2,488 Gbps downstream dan 1,244 upstream yang lebih

tinggi dari pesaingnya EPON yang dikembangkan oleh IEEE dengan kecepatan maksimum terbatas pada 1 Gbps. GPON melibatkan sedikit fiber optik serta tidak menggunakan perangkat aktif yang membutuhkan catu daya listrik pada ODN (Optical Distribution Network), sehingga minim biaya modal (CAPEX) dan biaya operasional (OPEX)[3]. Teknologi GPON telah banyak digunakan oleh Internet Service Provider pada level jaringan akses untuk menggantikan jaringan akses tembaga yang sudah tidak mampu mengakomodasi kebutuhan internet berkecepatan tinggi. Namun, teknologi GPON belum dilibatkan untuk membangun jaringan intranet dalam skala pemerintah daerah.

II. LANDASAN TEORI

A. Arsitektur GPON

GPON berstandarisasi ITU-T G.984 series, berarsitektur jaringan point to multipoint, dimana satu serat optik terhubung pada passive splitter yang mendistribusikan sinyal optik hingga ke 64 pelanggan per GPON interface. Splitter tersebut memiliki konfigurasi pembagian yang beragam, 1:2, 1:4, sampai dengan 1:64. Data downstream ditransmisikan pada panjang gelombang 1490 nm, data upstream pada 1310 nm, dan data video CATV ditransmisikan pada panjang gelombang 1550 nm. GPON menyediakan kecepatan data asimetris 2,488 Gbps downstream dan 1,244 Gbps upstream. Sistem GPON terdiri dari 3 perangkat utama, yaitu optical line terminal (OLT) yang terletak pada central office, passive splitter yang terletak pada remote node, dan optical network terminal (ONT) yang terletak pada customer premises. OLT menggunakan passive splitter untuk terhubung ke beberapa ONT [4].



Gambar 1. Arsitektur GPON

GPON menggunakan metode enkapsulasi GEM (GPON *Encapsulation Methode*) untuk mentransmisikan frame (ATM, TDM, dan Ethernet). Penggunaan protokol GEM meningkatkan efisiensi pengiriman frame, dengan melakukan fragmentasi dan memanfaatkan ukuran frame yang fleksible. Selain itu, GPON juga meningkatkan perlindungan kerahasiaan dan keamanan lalu lintas data dengan menerapkan enkripsi Advanced Encryption standar (AES) [4]. Keluaran pertama dari standar GPON G.984.2 menspesifikasikan tiga kelas budget loss, A, B, dan C. Untuk menjangkau jarak yang lebih jauh, pada tahun-tahun berikutnya ditambahkan 2 kelas lagi, yaitu kelas B+ dan C+, yang mampu mencapai jarak 60 Km[5].

Tabel I. Spesifikasi GPON

Fitur	spesifikasi
Standard	ITU-T G.984.x
Transmission rate (Mbps)	Down : 1244, 2488 Up : 155, 622, 1244, 2488
Fiber type	Single-mode (ITU-T G.652)
Number of fibers per ONT	1 or 2
Operating wavelengts	Down : 1480-1500 nm Up : 1260-1360 nm Video : 1550-1560 nm
Max. Number of splitters per ONT	128
Max. reach (OLT-ONT)	60 km
Max. Distance among ONTs	40 km
Max. insertion losses	32 dB
Traffic mode between OLT and ONT	ATM, Ethernet, TDM
Transmission Architecture	Symmetric, asymmetric

B. Parameter Analisis

Perancangan GPON dimulai dari analisis kebutuhan bandwidth. Kemudian diuji kelayakan perancangan menggunakan parameter analisis performansi, *Power Link Budget*, *Rise Time Budget*, *Signal to Noise Ratio*, dan *Bit Error Rate*.

1) Analisis Kebutuhan Bandwidth

Analisis bandwidth digunakan untuk mengetahui kebutuhan bandwidth total pada Pemerintah Kabupaten Pidie Jaya, dengan terlebih dahulu mendata perangkat-perangkat jaringan yang dibutuhkan oleh setiap kantor SKPK. Setiap perangkat jaringan membutuhkan bandwidth yang berbeda-beda.

Tabel 2. Kebutuhan Bandwidth Setiap Perangkat Jaringan

No	Jenis Layanan	Bandwidth
1	Telepon (VoIP) [7]	64 - 100 Kbps
2	IP Kamera CCTV [19]	2 - 3 Mbps
3	WiFi (Access Point) [20]	20 - 30 Mbps

2) Analisis *Power Link Budget*

Analisis *Power Link Budget* adalah untuk menjamin bahwa daya penerima cukup. Daya terima diusahakan tidak kurang dari tingkat minimum daya yang dapat dideteksi oleh sensitivitas penerima. Perhitungan daya yang dilakukan pada suatu sistem transmisi yang didasarkan pada karakteristik saluran (rugi-rugi), sumber optik, dan sensitivitas detektor dapat dirumuskan sebagai berikut [6]:

$$P_{\text{rec}} = P_t - (m\alpha_c) - (n_s\alpha_s) - (n_{\text{sp}}\alpha_{\text{sp}}) - (L_{\text{sist}}\alpha_f) \quad (1)$$

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

Keterangan :

P_t = daya keluaran sumber optik (dBm); n_{sp} = jumlah splitter (buah); P_s = sensitivitas penerima optik (dBm); α_{tot} = redaman total (dB); P_{rec} = daya minimum penerima (dBm); α_f = redaman serat optik (dB); SM = Safety Margin (dB); M = margin daya (dBm); n_s = jumlah sambungan (buah); α_c = redaman konektor (dB); L_{sist} = panjang total serat optik (km); α_s = redaman sambungan (dB)

3) Analisis *Rise Time Budget*

Tujuan dari analisis ini adalah untuk menentukan batasan dispersi suatu line serat optik. Rise time digital tidak boleh melebihi 70% dari suatu periode bit NRZ, dengan periode bit adalah satu per laju data, sehingga rise time harus dibatasi dengan persamaan [14]:

$$T_s = \frac{0,7}{B_{\text{NRZ}}} \quad (3)$$

$$t_{\text{sist}} = (t_{\text{tx}}^2 + t_{\text{material}}^2 + t_{\text{intramodal}}^2 + t_{\text{rx}}^2)^{1/2} \quad (4)$$

$$t_{\text{material}} = D_m \cdot \sigma_\lambda \cdot L_{\text{sist}} \quad (5)$$

Keterangan :

B_{NRZ} = bit rate format NRZ; t_{sist} = rise time budget (ns); t_{tx} = rise time pemancar (ns); t_{rx} = rise time penerima (ns); D_m = Koefisien disperse (ps/nm-km); σ_λ = Lebar spektral sumber cahaya (nm); L_{sist} = Panjang serat optik (km)

4) Analisis *Signal to Noise Ratio*

Signal to Noise Ratio merupakan suatu ukuran yang membedakan level sinyal yang diinginkan dengan level noise, SNR didefinisikan sebagai perbandingan daya sinyal terhadap daya noise, jika rasio lebih tinggi dari 1:1 (lebih besar dari 0 dB) menunjukkan bahwa lebih besar sinyal dari pada noise. SNR mempengaruhi bandwidth dan kapasitas kanal transmisi. SNR dapat dirumuskan dengan persamaan [6] :

$$SNR = \frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{noise}}} \quad (6)$$

$$SNR_{\text{dB}} = 10 \log_{10}(SNR) \quad (7)$$

5) Analisis Bit Error Rate

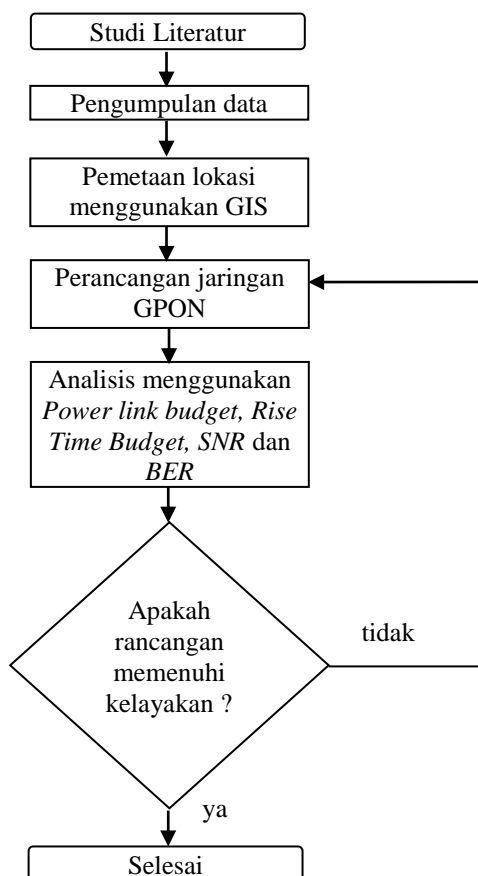
Dalam transmisi digital, jumlah kesalahan bit merupakan jumlah bit diterima dari pengiriman data melalui kanal komunikasi yang telah berubah karena interferensi, *noise*, sinkronisasi bit, distorsi, redaman, dan *multipath fading*. Bit Error Rate (BER) adalah jumlah kesalahan bit berbanding jumlah bit yang dikirim per unit waktu. BER dapat diperbaiki dengan menguatkan sinyal, pemilihan teknik modulasi yang handal, dan dengan penerapan pengkodean kanal. BER dapat dirumuskan dengan persamaan [14] :

$$BER = \frac{E(t)}{N(t)} \quad (8)$$

Dimana, $E(t)$ adalah jumlah bit yang diterima dalam waktu t , dan $N(t)$ adalah jumlah bit yang dikirim dalam waktu t . Suatu BER dengan nilai 10^{-10} , yang berarti mempunyai 1 kesalahan bit dalam setiap pengiriman 10^{10} bit. Dalam komunikasi optik, nilai BER yang bisa ditoleransi adalah $< 10^{-10}$ [12].

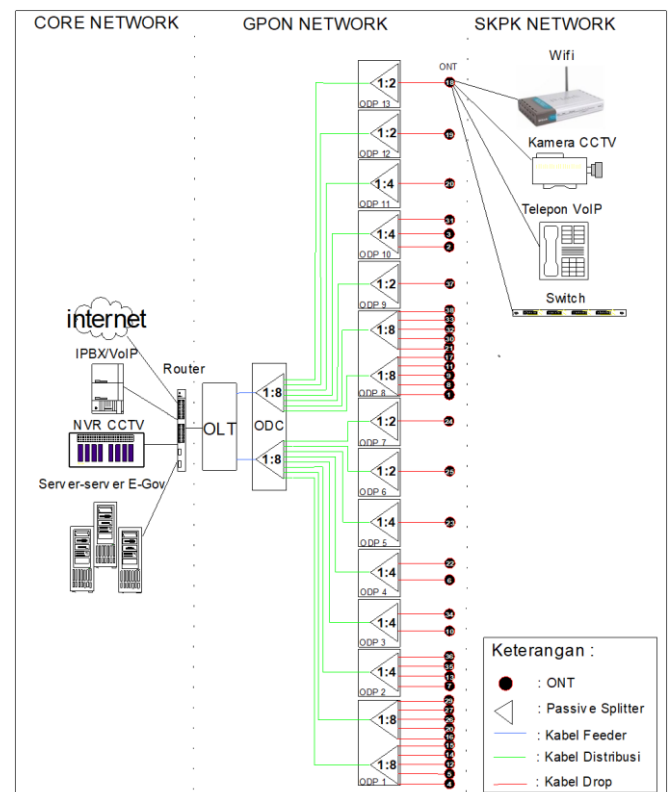
III. METODE PENELITIAN

Langkah-langkah dalam penelitian ini dijelaskan pada gambar 2.



Gambar 2. Metode Penelitian

Topologi dari jaringan yang akan dirancang pada penelitian ini adalah seperti pada gambar 3. Pada ODC digunakan passive splitter 1:8, sedangkan pada ODP digunakan passive splitter yang bervariasi 1:2, 1:4 dan 1:8.



Gambar 3. Topologi Jaringan

Pengumpulan data spesifikasi perangkat GPON dilakukan untuk keperluan analisis parameter *Power Link Budget*, *Rise Time Budget*, *Signal to Noise Ratio*, dan *Bit Error Rate*. Data spesifikasi perangkat yang digunakan pada perancangan didapatkan dari berbagai literatur.

Tabel 3. Spesifikasi Perangkat yang digunakan [5][10][13]

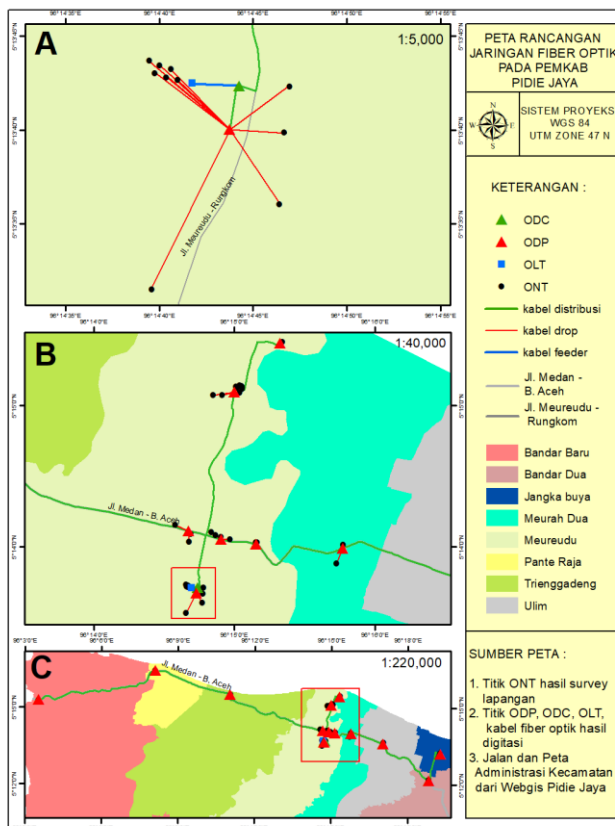
Spesifikasi perangkat OLT dan ONT		
Parameter	Spesifikasi	
	OLT	ONT
Tipe	Class C+	Class C+
Kecepatan Downstream	2,488 Gbps	2,488 Gbps
Kecepatan Upstream	1,244 Gbps	1,244 Gbps
Daya pancar optik	3 - 7 dBm	0,5 - 5 dBm
Sensitivitas minimum	- 32 dBm	- 30 dBm
Sensitivitas overload	- 12 dBm	- 8 dBm
Lebar spektrum	1 nm	1 nm
Panjang gelombang downstream	1490 nm	1490 nm
Panjang gelombang upstream	1310 nm	1310 nm
Optical rise/fall time	0,15 ns	0,2 ns
Spesifikasi Kabel Fiber Optik		

Parameter	Spesifikasi
Tipe fiber optik	ITU-T G.652 (Singlemode)
Redaman	0,4 dB/Km
Dispersi Kromatis (1310 nm)	0,91 ps/(nm.km)
Dispersi Kromatis (1490 nm)	14,48 ps/(nm.km)
Spesifikasi Konektor dan splitter	
Parameter	Spesifikasi
Tipe Konektor	SC/APC
Redaman konektor	0,2 dB
Redaman sambungan	0,1 dB
Redaman Splitter 1:2	4 dB
Redaman Splitter 1:4	7,3 dB
Redaman Splitter 1:8	10,5 dB

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan

Hasil perancangan jaringan fiber optik menggunakan teknologi GPON pada Pemerintah Kabupaten Pidie Jaya, disajikan pada gambar 4.



Gambar 4. Hasil Perancangan GPON

B. Hasil Analisis Kebutuhan Bandwidth

Analisis kebutuhan bandwidth didapatkan dari mendaftarkan perangkat jaringan yang berada pada 38 kantor dinas Pemerintah Kabupaten Pidie Jaya. Kemudian jumlah

perangkat tersebut dikalikan dengan bandwidth yang dibutuhkan setiap perangkat jaringan.

Tabel 3. Hasil Analisis Kebutuhan Bandwidth

Jenis Layanan	Jumlah	Bandwidth	Akumulasi Bandwidth
Telepon (VoIP)	231	100 Kbps	23,1 Mbps
IP Kamera CCTV	307	3 Mbps	921 Mbps
Wifi (Access Point)	79	30 Mbps	2.370 Mbps
Total Kebutuhan Bandwidth			3.314,1 Mbps

Dikarenakan masing-masing port pada OLT hanya mampu melayani bandwidth maksimum sebesar 2.488 Mbps, maka dibutuhkan 2 port pada OLT yang terhubung pada 2 core kabel fiber optik feeder. Sehingga alokasi bandwidth total pada perancangan ini adalah 4.976 Mbps untuk download dan 2.488 Mbps untuk upload.

C. Hasil Analisis Power Link Budget

Analisis *Power Link Budget* dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung redaman total masing-masing ONT. Redaman terbesar yaitu pada ONT terjauh dengan jarak 24,1 Km dari OLT, yang menghasilkan nilai redaman 26,74 dB. Daya pancar optik minimum pada OLT adalah 3 dBm, dengan menggunakan rumus (1), maka dihasilkan daya minimum yang sampai pada ONT tersebut adalah -23,74dBm. Daya pancar optik minimum pada ONT adalah 0,5 dBm, sehingga daya sinyal optik yang diterima pada OLT adalah -26,24 dBm.

Untuk menghitung margin daya, digunakan rumus (2). Nilai safety margin (SM) pada perancangan ini adalah 5dBm. Sehingga didapatkan nilai margin daya untuk arah upstream dan downstream senilai, 0,76 dBm dan 1,26 dBm.

Tabel 4. Hasil Analisis Link Power Budget

Power Received (Prec)		Margin Daya (M)	
Upstream	Downstream	Upstream	Downstream
-26,24 dBm	-23,74dBm	0,76	1,26 dBm

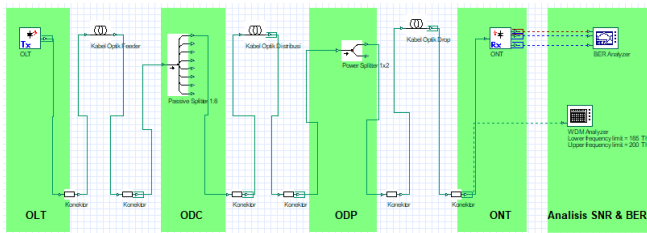
D. Hasil Analisis Rise Time Budget

Analisis *Rise Time Budget* dilakukan menggunakan persamaan (4), dimana nilai t_{tx} dan t_{rx} seperti yang tertera pada tabel 3 yaitu 0,15 ns dan 0,2 ns. Dispersi intramodal bernilai 0 karena kabel fiber optik yang digunakan pada perancangan adalah kabel fiber optik *singlemode*. Hasil perhitungan *Rise Time Budget* yang dilakukan pada ONT dengan jarak terjauh adalah:

Rise Time Budget (t_{sist})	
Upstream	Downstream
0,25096 (ns)	0,42927 (ns)

E. Hasil Analisis SNR dan BER

Analisis SNR dan BER dilakukan menggunakan bantuan simulator Optisystem. Tool yang digunakan adalah WDM Analyzer untuk perhitungan SNR dan BER Analyzer untuk perhitungan BER [15]. Simulasi perancangan sistem GPON pada simulator Optisystem seperti ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Analisis SNR dan BER

Hasil analisis SNR pada ONT terjauh menghasilkan nilai SNR sebesar 34,77 dB. Sedangkan, hasil analisis BER menghasilkan nilai sebesar $1,24 \times 10^{-19}$.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang Perancangan dan Analisis Kinerja Jaringan Fiber Optik menggunakan Teknologi GPON pada Pemerintah Kabupaten Pidie Jaya, maka dapat diambil kesimpulan :

- 1) Perancangan ini mampu memenuhi kebutuhan total bandwidth intranet kantor-kantor SKPK pada Pemerintah

REFERENSI

- [1] "Profil Kabupaten Pidie Jaya," *Badan Pusat Statistik Kabupaten Pidie Jaya*, 2009.
- [2] NFL, 2018. Fiber Optik Kabupaten Bekasi Jadi Percontohan Nasional. (<https://metro.sindonews.com/read/1279796/171/fiber-optik-kabupaten-bekasi-jadi-percontohan-nasional-1517898132>, diakses 2 Agustus 2018).
- [3] "AON vs PON – A Comparison of Two Optical Access Network Technologies and Different Impact on Operations," *Keymile, White Paper*, 2008.
- [4] C. Lin, "Broadband Optical Access Network and Fibers To The Home : Systems Technologies and Deployment Strategies," *A John Wiley & Sons Ltd*, 2006.
- [5] ITU.T G.984.7, "Gigabit-Capable Passive Optical Networks (GPON) : Long reach," Juli 2010.
- [6] H. Venghaus dan N. Grote, "Fibre Optic Communication : Key devices," *Springer*, 2012.
- [7] "Understanding IP Surveillance Camera Bandwidth," *Fortinet, White Paper*, 2017.
- [8] "A Reference Guide to All Things VoIP," (<https://www.voip-info.org/bandwidth-consumption/>, diakses 2 Agustus 2018).
- [9] "CARNet Wi-Fi Independent Test Result – Access Points Comparison," 2015.
- [10] D&O Committee, "FTTH Handbook – Edition 7," *FTTH Council Europe*, 2016.
- [11] ITU.T G.698.2, "Amplified Multichannel Dense Wavelength Division Multiplexing Applications with Channel Optical Interfaces," November 2009.
- [12] ITU.T G.984.2, "Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON) : Physical Media Dependent (PMD) Layer Specification," Maret 2003.
- [13] ITU.T G.652, "Characteristics of A Single-Mode Optical Fibre and Cable," November 2016.
- [14] J. M. Senior, "Optical Fiber Communication Principle and Practice – 3rd Edition," *Prentice Hall*, 2009.
- [15] T. Ismail, "Optisystem – Optical Communication System and Amplifier Design Software," *Cairo University*, 2014.

Kabupaten Pidie Jaya, yaitu sejumlah 4.976 Mbps dari 3.314,1 Mbps yang dibutuhkan.

- 2) Hasil analisis *Power link budget* menunjukkan bahwa perancangan ini memenuhi kelayakan, dengan perolehan nilai daya pada receiver sebesar -26,24 dBm yang berada dalam range sensitivitas perangkat GPON C+.
- 3) Hasil analisis *Rise Time Budget* menunjukkan bahwa perancangan ini memenuhi kelayakan, dengan perolehan nilai 0,25096 ns upstream dan 0,42927 ns downstream, yang berada di bawah rise time 70% periode bit NRZ yaitu 0,28 ns dan 0,56 ns.
- 4) Hasil analisis *Signal to Noise Ratio* menunjukkan bahwa perancangan ini memenuhi kelayakan, dengan perolehan nilai SNR terkecil yaitu 34,77 dB, yang berada di atas batasan nilai minimum SNR yaitu 21 dB.
- 5) Hasil analisis *Bit Error Rate* menunjukkan bahwa perancangan ini memenuhi kelayakan, dengan perolehan nilai BER terbesar yaitu $1,24 \times 10^{-19}$, yang berada di atas nilai batasan maksimum BER yaitu 10^{-10} .