

PERANCANGAN DAN PEMODELAN JARINGAN BROADBAND VILLAGE DENGAN SUPPORT SYSTEM KABEL OPTIK DI DESA PATENGAN CIWIDEY JAWA BARAT

Dhafa Baldi Fajriansyah
School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia
dhafabaldi@student.telkomuniversity.ac.id

Raihan Rizqan Radhiyya Abbas
School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia
raihanabbas@student.telkomuniversity.ac.id

Winky Harun Al Rosid
School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia
winkyharr@student.telkomuniversity.ac.id

Ir. Akhmad Hambali, M.T.
School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

Ir. Uke Usman Kurniawan, M.T.
School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

Abstrak — Desa Patengan di Kecamatan Ciwidey menghadapi keterbatasan akses internet dan rendahnya pemanfaatan teknologi informasi, nyaris tergolong wilayah 3T. Warga harus berjalan kaki hingga 3 km untuk mendapatkan koneksi internet, membatasi akses informasi, pendidikan, dan peluang ekonomi. Untuk mengatasi hal ini, diusulkan pembangunan jaringan Broadband Village berbasis Fiber to the Home (FTTH) dengan arsitektur Gigabit Passive Optical Network (GPON). Infrastruktur ini menggunakan kabel serat optik dari kantor desa menuju Optical Distribution Point (ODP), lalu disalurkan ke Optical Network Terminal (ONT) di lokasi strategis seperti sekolah, masjid, dan balai desa. Pemodelan rute dilakukan dengan Google Earth dan diuji menggunakan perhitungan link budget dan simulasi QoS. Hasil menunjukkan kecepatan data di Masjid (3,83/4,82 Mbps), Sekolah (8,75/9,45 Mbps), dan Balai Desa (13,45/11,30 Mbps), dengan PRx $\pm 2,8-3,1$ dB, Q-Factor 42-115, BER ≈ 0 , dan SNR > 50 dB. QoS memenuhi standar ETSI EG 202 057-2, dengan throughput 1,05-1,70 Mbps, packet loss $< 1\%$, delay < 7 ms, dan jitter sangat rendah. Proyek ini dinyatakan layak dan efektif untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat pedesaan.

Kata kunci— daerah 3T, GPON, infrastruktur telekomunikasi, literasi digital, Broadband Village

I. PENDAHULUAN

Indonesia masih memiliki desa yang kurang dalam infrastruktur jaringan Telekomunikasi. Desa di Indonesia yang minim sarana komunikasi dan internet tersebut menjadi alasan mengapa masyarakatnya tidak bisa mengakses internet secara luas, sekaligus tidak terakses infrastruktur jaringan, sehingga literasi mereka, termasuk dalam kebutuhan pengetahuan untuk meminimalkan potensi lokal yang ada, dan lebih rendah dibandingkan di wilayah kota (Tahir, 2013). Akses internet rendah tersebut meminimalisir peluang kerja sama dengan para pelaku ekonomi dalam wilayah yang lebih luas (Syahza, 2013). Kesenjangan digital tidak hanya terjadi di Indonesia (Wang, Bennett, & Probst, 2011), karena hal tersebut tidak dibiarkan oleh pemerintah. Salah satu bukti upaya Pemerintah RI membuka akses komunikasi masyarakat desa, adalah membuat program Desa Broadband Terpadu (DBT), yaitu penyediaan infrastruktur perangkat dan akses internet pada 50 desa pada tahap pertama pada tahun 2015, dan dapat bertambah dengan target 1600 desa hingga tahap kelima pada tahun 2018 (Hamjen, 2016). [1]

Program DBT berfungsi mendukung kegiatan masyarakat desa tersebut sesuai dengan karakter desa masing-masing, baik desa nelayan, desa pertanian, maupun desa pedalaman (Kementerian Komunikasi dan Informatika, 2015). Berharap, berawal dari tersedianya infrastruktur sarana telekomunikasi di desa-desa tersebut, masyarakat desa akan mengetahui manfaatnya (Wahyuningsih & Kusumawati, 2015). Lalu, masyarakat bisa memanfaatkan akses komunikasi dan internet desa dan menuju desa-desa yang belum mencapai akan terpublish, dan setelahnya masyarakat desa dapat merasakan kesejahteraan, penyebabnya daya saing dan kualitas sumber daya manusia (SDM) serta ekonomi desa yang meningkat dan pembangunan infrastruktur berjalan (Hariyanti, 2017). [1]

Desa Patengan menghadapi berbagai kendala dalam pemasaran digital yang menghambat potensi wisata. Kendala utama meliputi kurangnya media komunikasi yang terintegrasi, rendahnya literasi digital perangkat desa, serta minimnya pengetahuan masyarakat terkait pemasaran digital. Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan akses informasi bagi calon wisatawan melalui pembangunan situs web yang informatif dan mudah diakses, sekaligus memberikan pelatihan pemasaran digital kepada perangkat desa. [2] Desa Patengan adalah suatu desa yang jauh dari pusat keramaian dan akses internet. Karena itu masyarakat Desa Patengan harus berjalan ke daerah akses internet sejauh 3 KM. Masyarakat desa sangat membutuhkan akses internet untuk mencari informasi dalam perkembangan teknologi dan tentang informasi internet lainnya. Para remaja di desa Patengan membutuhkan internet untuk kebutuhan pendidikan. Desa ini memiliki rata-rata penduduk dengan berprofesi sebagai petani, agar bisa mengembangkan perkebunan dan ekonomi desa masyarakat pun bisa mencari solusi di internet.

II. KAJIAN TEORI

A. Gigabit Passive Optical Network (GPON)

GPON adalah suatu teknologi akses internet yang termasuk sebagai *broadband access* yang berbasis kabel *fiber optic* sebagai media transpor digital ke pelanggan. GPON merupakan suatu teknologi yang dikembangkan oleh ITU-T yang menggunakan standar G.984 dan dapat disebut sebagai teknologi FTTx. [3]

B. Fiber To The Home (FTTH)

Perancangan jaringan *Broadband Village* penting untuk adanya perangkat atau perancangan jaringan *Fiber To The Home* (FTTH). FTTH merupakan jaringan akses yang menggunakan *fiber optic* sebagai media transmisi yang disambungkan ke pelanggan perdesaan dengan arsitektur Jaringan Lokal Akses Fiber (Jarlokaf)

yang dapat bisa jadi penarikan kabel optik yang sangat dekat dengan pelanggan perdesaan dari sentral. Dalam arsitektur jaringan FTTH, sinyal kanal optik dalam panjang gelombang 1.490 nm digunakan pada *downstream* dan sinyal optik dalam panjang gelombang 1.310 nm pada *upstream*. Jaringan FTTH memiliki beberapa kelebihan. [4]

C. Optical Line Terminal (OLT)

Perangkat OLT bertujuan untuk pusat kendali jaringan FTTH yang terletak di sisi penyedia layanan. OLT adalah suatu subsistem dari Jaringan Akses Optik dengan teknologi Jaringan Optik Pasif, yang berfungsi sebagai penghubung antara terminal dan jaringan yang dapat terhubung pada satu dan lebih jaringan distribusi kabel optik. [5]. OLT ini menghubungkan jaringan inti ke pelanggan melalui serat optik, dengan dua fungsi utama:

1. Mengonversi sinyal listrik ke sinyal optik dan sebaliknya.
2. Mendukung *multiplexing* pada serat optik *single mode* untuk transmisi data berkecepatan tinggi

D. Mikrotik

Berfungsi untuk konfigurasi untuk menghasilkan kinerja jaringan internet yang optimal. Pengujian rute dilakukan menggunakan *tools* yang tersedia untuk Mikrotik. Perangkat Mikrotik berfungsi sebagai pengatur lalu lintas data dan manajemen jaringan dalam sistem FTTH, khususnya pada sisi distribusi lokal di lingkungan *Broadband Village*. Mikrotik bertugas mengelola rute data, membagi *bandwidth*, serta mengatur kebijakan jaringan agar akses internet dapat digunakan secara adil dan efisien oleh seluruh pengguna. [6].

E. Optical Distribution Point (ODP)

Adalah suatu perangkat yang mendukung *fiber optic* dalam menyalurkan *core optic* ke pelanggan. Perangkat *Optical Distribution Point* (ODP) berperan sebagai titik distribusi dalam jaringan FTTH yang menghubungkan kabel optik dari pusat OLT ke beberapa titik akses publik. ODP membagi sinyal optik ke beberapa jalur menggunakan splitter pasif. [5].

F. Optical Network Terminal (ONT)

Berfungsi untuk perangkat yang berfungsi sebagai titik akhir dalam jaringan *Passive Optical Network* (PON). Perangkat ini digunakan untuk menerima dan mengubah sinyal optik dari *Optical Line Terminal* (OLT) menjadi sinyal listrik yang dapat digunakan perangkat pelanggan seperti komputer, *router* atau telepon VOIP. [3].

G. Point to Point Protocol Over Ethernet (PPPOE)

Berfungsi untuk membangun jaringan VPN dimana koneksi tersebut dapat menggunakan jaringan *point to point tunnel*. PPPoE Sebagai suatu *protocol tunneling*, yang memiliki keamanan yang baik, membutuhkan keaslian, untuk bisa terhubung, sehingga dalam PPPoE untuk membutuhkan waktu tunda (*delay*) dalam proses pengiriman atau transfer data. PPPoE adalah protocol jaringan yang dapat membentuk komunikasi dua komputer terjalin dengan adanya *interface serial*. *Point to Point Protocol over Ethernet* (PPPoE) adalah protokol jaringan untuk mengkonfigurasi *Point-to-Point Protocol* (PPP) *frame* kedalam *frame ethernet*. PPPoE berfungsi untuk membentuk jaringan VPN yang dimana koneksinya untuk menggunakan *point to point tunnel*. PPPoE sebagai sebuah *protocol tunneling*, memiliki keamanan yang sangat amat baik, membutuhkan beberapa autentikasi untuk terhubung ke suatu server. Dalam keamanan dan autentikasi tersebut membentuk PPPoE membutuhkan waktu tunda (*delay*) sehingga proses pengiriman atau transfer data berjalan lambat. [3].

H. Link Power Budget

Merupakan komponen krusial dalam sistem komunikasi optik, terutama dalam jaringan seperti FTTH (Fiber to the Home),

GPON (Gigabit Passive Optical Network), dan *backbone fiber* optik. Konsep ini mengacu pada perhitungan keseimbangan daya antara sinyal optik yang dipancarkan dari sumber dan daya yang diterima di ujung penerima, setelah melalui berbagai komponen dan hambatan dalam jalur transmisi. Tujuan penting dari *link power budget* adalah untuk mendapatkan sinyal optik tetap berada dalam ambang batas minimum yang dapat diterima oleh perangkat penerima, sehingga transmisi data dapat berjalan dengan baik dan andal. [7]

$$P_{rx} = P_{tx} - (a_{total} + SM) \quad (1)$$

$$a_{total} = L \cdot a_{serat} + N_c \cdot a_c + N_s \cdot a_s + a_{sp} \quad (2)$$

Nilai $M > 0$, *Margin* Daya memiliki fungsi untuk mengetahui daya yang ada tersisa dari pengiriman setelah dikurangi hasil redaman selama proses transmisi. Pengurangan dengan nilai *safety margin* dan pengurangan dalam nilai standar sensitivitas penerima. Untuk mendapatkan nilai *margin* daya menggunakan persamaan rumus 3 berikut ini:

$$M = P_{actual,rx} - P_{rmin} \quad (3)$$

I. Rise Time Budget

Adalah suatu metode dalam mengetahui batas nilai dispersi. Metode ini berguna untuk melakukan analisis pada sistem transmisi digital. Tujuan metode ini adalah untuk mengetahui para pekerja dari sistem jaringan secara keseluruhan telah mencapai dan dapat memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. Sebelum menghitung RTB dapat dihitung dengan persamaan rumus 6 sebagai berikut:

$$t_{system} = \sqrt{t_{tx}^2 + t_{material}^2 + t_{mod}^2 + t_{rx}^2} \quad (4)$$

J. Signal to Noise Ratio (SNR)

Adalah ukuran penting dalam sistem komunikasi yang menggambarkan perbandingan antar nilai sinyal yang diinginkan dengan nilai gangguan atau *noise* yang menyertainya. Nilai SNR dinyatakan untuk satuan *desibel* (dB), dan sangat tinggi nilai tersebut, semakin baik kualitas nilai sinyal yang diterima. Dalam konteks komunikasi *fiber* optik, *audio*, maupun sistem data digital, SNR menjadi indikator utama untuk menentukan kejernihan dan keandalan sinyal. Sebuah sinyal dengan SNR tinggi akan lebih mudah dikenali dan diproses dengan kesalahan minimal, sehingga transmisi data menjadi lebih stabil dan efisien. [8]. Menghitung nilai SNR menggunakan persamaan rumus 5 dan 6 sebagai berikut:

$$SNR = \frac{\text{signal power}}{\text{total noise}} \quad (5)$$

$$SNR = \text{Daya Sinyal (dBm)} - \text{Daya Derau (dBm)} \quad (6)$$

K. Q Factor (Quality Factor)

Merupakan suatu nilai dalam konteks jaringan optik merupakan indikator utama dari kualitas sinyal yang ditransmisikan melalui serat optik. *Q factor* mengukur efektivitas transmisi sinyal dengan membuat perbandingan antara kekuatan nilai sinyal yang dapat diterima dengan tingkat *noise* yang ada, biasanya dalam konteks *Bit Error Rate* (BER). Semakin tinggi nilai *Q factor*, semakin baik kualitas transmisi sinyal pada satu jalur komunikasi. [9]. *Q-factor* dapat diketahui nilainya dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan 7 sebagai berikut: [9].

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

L. BER (Bit Error Rate)

Dalam teknologi komunikasi digital, *bit error rate* atau *bit error ratio* biasa disingkat dengan BER, merupakan sejumlah *bit digital* bernilai tinggi pada jaringan transmisi yang difafsirkan sebagai keadaan rendah atau sebaliknya, dibagi dalam jumlah nilai *bit* yang diterima dan dikirim sehingga diproses selama beberapa periode yang sudah ditetapkan. [10]

Pengukuran kinerja sebuah sistem komunikasi digital, sebuah nilai adalah komunikasi kabel serat optik, termasuk beberapa nilai parameter

dalam pengukuran yaitu *eye pattern* dan *Bit Error Rate* (BER) pastinya. BER adalah perbandingan nilai *bit* yang *error* termasuk total *bit* yang ditransmisikan dalam waktu satu detik dengan rentang 0 hingga 1. Berikut persamaan rumus BER secara matematis [10]:

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

M. Quality of Service (QoS)

Berfungsi sebagai suatu acuan sesuatu yang baik dalam sebuah jaringan dalam memberikan layanan untuk trafik data tertentu. QoS adalah suatu tantangan ketika mengirimkan untuk sebuah data melalui jaringan berbasis IP dan internet. Suatu masalah yang timbul sehingga dapat mengirimkan data melalui jaringan berbasis IP dan internet adalah rendahnya *bandwidth* dari jaringan itu sendiri, adanya *buffering*, *delay*, dan lain-lain [11]. Adapun standarisasi parameter QoS menurut ITU-T sebagai berikut:

1. Throughput

Adalah suatu kecepatan (*rate*) transfer data yang efektif, sehingga diukur untuk *bit per second* (bps). *Throughput* adalah jumlah total pemasukan paket yang sukses dan diamati untuk tujuan interval waktu tersebut dibagi untuk durasi interval waktu tertentu [11].

2. Packet Loss

Adalah sebuah parameter yang membentuk sebuah kondisi yang menuju jumlah total paket yang hilang sehingga terjadi karena *collision* dan *congestion* pada jaringan infrastruktur[11].

3. Delay (Latency)

Berfungsi suatu waktu yang dibutuhkan data untuk mencapai jarak dari tujuan berikut. Delay dapat mempengaruhi jarak, media fisik, congesti atau juga waktu proses yang lama.

4. Jitter

Adalah suatu variasi kedatangan *packet*. *Jitter* diakibatkan oleh varian untuk panjang antrian, untuk waktu pengolahan data, dan untuk waktu penghimpunan ulang paket-paket diakhir masa *jitter*. *Jitter* disebut variasi *delay*, berhubungan erat dengan latency, yang menampakkan banyaknya variasi delay pada transmisi data di jaringan tersebut[11].

III. METODE

A. Spesifikasi Sistem

Pengembangan program yang dapat melakukan potensi didesa yang terdapat fungsi teknologi informasi dan akses dalam bentuk infastruktur jaringan internet *Broadband Village*. Untuk bentuk desa akan dibentuk dengan fasilitas infrastruktur jaringan akses internet, perangkat pengguna, informasi dan aplikasi yang terdapat dalam bentuk karakter masyarakat desa tersebut. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengidentifikasi akses masyarakat desa terhadap akses *Broadband Village*, dan intensitas mereka menggunakan jaringan akses *Broadband Village* tersebut. Perancangan ini membuat analisis tentang relevansi, efek, efisiensi, efektifitas menggunakan jaringan dan pengaplikasian internet untuk pengoptimalisasian potensi desa melalui pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi pada jaringan *Broadband Village*. [12].

TABEL I

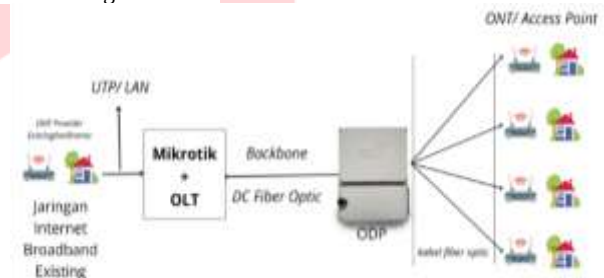
(Spesifikasi Kebutuhan Sistem)

NO	Sistem	Keterangan
1	Kecepatan Data Minimum	Perkembangan teknologi berpengaruh pada kecepatan transmisi data; semakin canggih teknologi, semakin tinggi kecepatannya. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan aplikasi <i>Speedtest</i> (www.speedtest.net).

2	Jangkauan dan Cakupan layanan	Jangkauan pelayanan adalah kemampuan sarana untuk melayani daerah sekitarnya, diukur berdasarkan jarak dan daya yang dikirim. Karena daerah desa patengan daerah perbukitan dan perhutanan sehingga kita harus mengukur jarak dan daya yang dikirim harus lebih tepat.
3	Keandalan Jaringan	Keandalan jaringan memungkinkan masyarakat menikmati akses internet dengan nyaman. Dengan mempertimbangkan <i>Quality of Service</i> (QoS) menjadi aspek penilaian terhadap jaringan <i>Broadband Village</i> .

B. Desain Sistem

Masalah yang dihadapi oleh warga Desa Patengan dalam memperoleh informasi adalah kesulitan mendapatkan akses jaringan internet. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, terdapat solusi alternatif sebagai berikut:



GAMBAR 1

(Desain Sistem Perancangan *Bradband Village* di Desa Patengan)

TABEL 2

(Desain Sistem Perancangan *Broadband Village* di Desa Patengan)

Fitur Model	Deskripsi
Fitur Utama	Jaringan distribusi internet berbasis <i>fiber optic</i> yang didesain dari <i>Internet Broadband Existing</i> terakhir ke akses <i>point</i> di desa yang akan dibuat tersebut untuk memberikan koneksi internet berkecepatan tinggi dan stabil kepada pelanggan rumah tangga.
Fitur Dasar	Jaringan Internet <i>Broadband Existing</i> : sumber utama internet yang mendistribusikan kabel optik ke SFP/MC dan seterusnya. ODP: Merupakan perangkat <i>Optical Distribution Point</i> (ODP) yang sudah ada, terhubung ke jaringan ISP (Internet Service Provider) melalui jaringan <i>fiber optic</i> . Backbone: Merupakan saluran pusat atau koneksi yang dirancang untuk mentransfer aliran lalu lintas data di suatu jaringan. ONT (Optical Network Terminal): Perangkat di rumah pelanggan yang mengonversi koneksi <i>fiber optic</i> menjadi sinyal WiFi untuk digunakan oleh perangkat di rumah.
Fitur Tambahan	Mikrotik: sistem perangkat lunak yang berfungsi untuk mendapatkan jaringan komputer menjadi <i>router</i> jaringan yang

	serba bisa, dengan menghubungkan perangkat lebih dari satu jaringan. OLT (<i>Optical Line Terminal</i>): untuk mengirimkan dan menerima sinyal optik. SFP (<i>Small Form-factor Pluggable</i>): mengubah sinyal listrik dari perangkat jaringan menjadi sinyal optik untuk transmisi melalui serat optik, dan sebaliknya.
--	--



GAMBAR 2

(Flowchart Sistem Broadband Village di Desa Patengan)

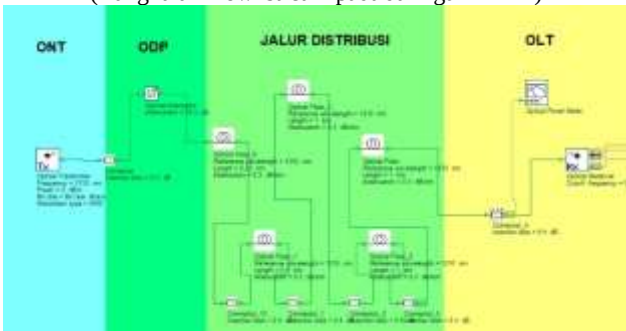
C. Infrastruktur FTTH pada Optisystem

Rangkaian jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) adalah konfigurasi jaringan akses berbasis kabel serat optik yang menghubungkan perangkat OLT (*Optical Line Terminal*) di sisi pusat jaringan dengan ONT (*Optical Network Terminal*) di daerah perdesaan. Dalam sistem ini, sinyal optik ditransmisikan dari OLT melalui kabel serat optik menuju ODP (*Optical Distribution Point*), kemudian didistribusikan ke ONT menggunakan teknologi *passive optical splitter*. Rangkaian ini dirancang untuk memberikan koneksi berkecepatan tinggi dan handal kepada pelanggan dengan menggunakan media transmisi serat optik secara *end-to-end*.



GAMBAR 3

(Rangkaian Downstream pada Jaringan FTTH)



GAMBAR 4

(Rangkaian Upstream pada Jaringan FTTH)

Diperlukan integrasi yang komprehensif terhadap infrastruktur jaringan FTTH yang memiliki tingkat kompleksitas tinggi dalam proses perancangan dan penerapan jaringan *Broadband Village*. Penyusunan desain jaringan FTTH meliputi perencanaan rute transmisi, baik untuk aliran data *downstream* maupun *upstream*, sebagai bagian dari keseluruhan sistem infrastruktur jaringan FTTH.

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Detail Implementasi

Skema pengujian sistem menggunakan seluruh perangkat dan konfigurasi jaringan *Broadband Village* yang telah diterapkan dapat berjalan dengan optimal. Pengujian dilakukan mulai dari sisi OLT, perangkat Mikrotik, konfigurasi ONT, hingga layanan PPPoE yang digunakan oleh pengguna. Tiap tahapan pengujian disusun untuk mengukur efektivitas transmisi data, kestabilan koneksi, serta validasi alokasi *bandwidth* sesuai profil layanan.



GAMBAR 5

(Detail Implementasi)

B. Hasil Pengujian dan Analisa Link Power Budget

Pengujian *Link Power Budget* bertujuan dapat menentukan bahwa daya sinyal optik yang diterima oleh perangkat *Optical Network Terminal* (ONT) berada dalam batas aman, yaitu dalam rentang sensitivitas minimal dan maksimal sesuai spesifikasi teknis perangkat. Dengan kata lain, level daya optik di sisi penerima harus cukup kuat agar sinyal dapat diterjemahkan secara benar, tetapi tidak terlalu kuat hingga berpotensi merusak komponen penerima. Pada pengujian ini, perhitungan memperhitungkan total redaman (loss) yang terjadi sepanjang jalur transmisi optik baik di jalur *downstream* (dari OLT ke ONT) maupun *upstream* (dari ONT ke OLT) agar kualitas layanan tetap optimal.

Hasil simulasi dari *Optisystem* untuk melihat nilai daya yang diterima ONT. Simulasi *Optisystem* dilakukan untuk kedua arah transmisi, yaitu *downstream* dan *upstream*.

TABEL 3

(Perbandingan PRx Perhitungan vs Optisystem Downstream)

Lokasi	Panjang g Serat (km)	atotal (dB)	PRx Perhitungan (dBm)	PRx Desain Mode 1 (dBm)	PRx Optisystem (dBm)
Masjid	3,51	13,729	-7,729	-5,62	-4,554
Sekolah	3,52	13,732	-7,732	-5,70	-4,557
Balai Desa	3,53	13,735	-7,735	-5,96	-4,559

Perbandingan nilai PRx (daya terima) hasil perhitungan manual, desain model, dan simulasi *OptiSystem* pada arah *downstream* untuk tiga lokasi: Masjid, Sekolah, dan Balai Desa. Panjang serat optik di ketiga lokasi berkisar antara 3,51 km hingga 3,53 km dengan total redaman (α_{total}) sekitar 13,729 dB hingga 13,735 dB. Perbedaan ini menunjukkan bahwa meskipun terdapat variasi antar metode, seluruh nilai PRx masih berada dalam rentang aman dan menunjukkan performa transmisi optik yang baik.

TABEL 4
(Perbandingan PRx Perhitungan vs Optisystem Upstream)

Lokasi	Panjang Serat (km)	α_{total} (dB)	PRx Perhitungan (dBm)	PRx Optisystem (dBm)	Selisi h
Masjid	3,51	13,753	-13,553	-10,553	2,800
Sekolah	3,52	13,756	-13,556	-10,556	2,800
Balai Desa	3,53	13,759	-13,559	-10,558	2,799

Hasil perhitungan teoritis daya terima (PRx) dan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak *OptiSystem* pada jalur *upstream* menunjukkan adanya selisih rata-rata sebesar $\pm 2,8$ dB. Sehingga jauh jarak antar OLT dan ONT, maka nilai redaman total (α_{total}) juga akan meningkat. Hal ini berdampak langsung terhadap penurunan nilai daya terima (PRx) secara teoritis, sebagaimana terlihat pada lokasi Balai Desa yang memiliki panjang serat terjauh (3,53 km) dan menghasilkan nilai PRx terendah yaitu -13,559 dBm. Meskipun terdapat perbedaan antara nilai teoritis dan hasil simulasi, semua nilai daya terima dari hasil *OptiSystem* masih berada dalam rentang sensitivitas penerima ONT yang umum digunakan. Dengan demikian, secara optikal, jalur *upstream* dari ketiga lokasi (Masjid, Sekolah, dan Balai Desa) dapat dinyatakan layak dan aman digunakan untuk operasional jaringan optik berbasis GPON.

C. Hasil Pengujian dan Analisa BER

Nilai BER menunjukan perbandingan antara nilai daya terima lebih besar atau sama dengan nilai sensitivitas. nilai BER yang harus dipenuhi adalah tidak boleh lebih dari besar 1×10^{-10} ($BER \leq 1 \times 10^{-10}$) sedangkan untuk nilai *Q-Factor* harus lebih dari 6 ($Q \geq 6$). Hasil Gambar 4.3 dan 4.4 yaitu hasil gambar *Eye Diagram analyzer* pada *Software Optisystem* untuk konfigurasi *Downstream* dan *Upstream*. Hasil dari simulasi menunjukan bahwa nilai BER dan *Q factor* memenuhi syarat untuk jaringan FTTH dan bagus. Berdasarkan analisis sebelumnya dan bit rate yang terlihat pada *BER Analyzer* (2.4 Gbps), Berikut hasil perhitungan nilai BER untuk jalur Downstream OLT menuju ONT:

TABEL 5
(Perbandingan BER Perhitungan vs Optisystem Downstream)

Lokasi ONT	Max. Q Factor Perhitungan	Max. Q Factor Optisystem	Min. BER Perhitungan & Optisystem	SNR Perhitungan (dB)	SNR Optisystem (dB)
Masjid	115,83	209,369	0	47,279	50,344
Sekolah	115,77	222,551	0	47,273	50,228
Balai Desa	115,71	246,153	0	47,268	50,934

Perbandingan antar hasil nilai perhitungan manual dan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak *OptiSystem* terdapat parameter kualitas sinyal *downstream* pada tiga lokasi ONT, yaitu Masjid, Sekolah, dan Balai Desa. Meskipun terdapat perbedaan nilai pada *Q-Factor* dan SNR, kedua metode baik perhitungan manual maupun simulasi menunjukkan hasil yang sama dalam hal *Bit Error*

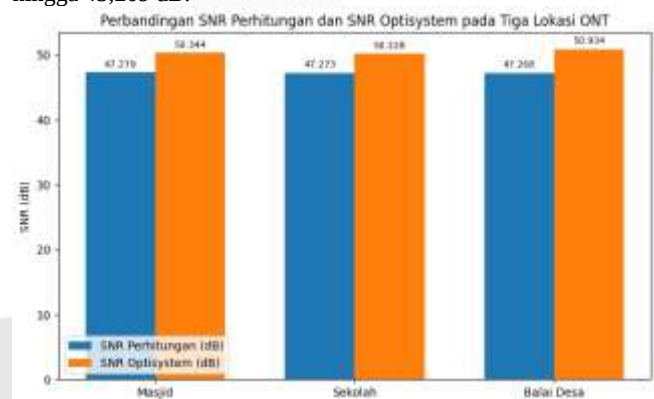
Rate (BER), yaitu 0. Hal ini menunjukkan bahwa pada ketiga lokasi ONT, kualitas transmisi *downstream* tergolong sangat baik dan andal, dengan tingkat kesalahan *bit* yang dapat diabaikan. Dengan demikian, hasil simulasi dan perhitungan sama-sama mengindikasikan bahwa sistem jaringan yang dianalisis sudah berada dalam kondisi optimal.

Lalu dilanjut dengan hasil untuk jalur *upstream* dari ONT menuju OLT.

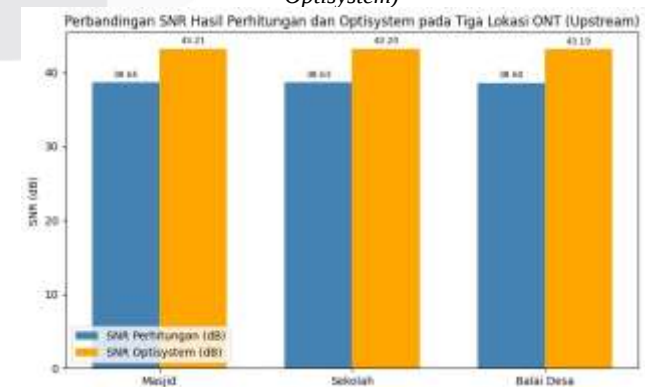
TABEL 6
(Perbandingan BER Perhitungan vs Optisystem Upstream)

Lokasi ONT	Max. Q Factor Perhitungan	Max. Q Factor Optisystem	Min. BER Perhitungan & Optisystem	SNR Perhitungan (dB)	SNR Optisystem (dB)
Masjid	42,77	92,4598	0	38,65	43,209
Sekolah	42,66	92,3396	0	38,63	43,203
Balai Desa	42,43	92,3394	0	38,60	43,197

Perbandingan antar nilai hasil perhitungan manual dan hasil simulasi dengan perangkat lunak *OptiSystem* terhadap beberapa parameter kualitas sinyal pada arah *upstream* di tiga lokasi ONT, yaitu Masjid, Sekolah, dan Balai Desa. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai maksimum *Q-Factor* masing-masing lokasi berada di kisaran 42,43 hingga 42,77, sedangkan hasil simulasi dengan *OptiSystem* menunjukkan nilai *Q-Factor* yang jauh lebih tinggi, yaitu sekitar 92,34 hingga 92,46. Demikian pula, nilai *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) hasil perhitungan manual berkisar antara 38,60 dB hingga 38,65 dB, sedangkan hasil simulasi *OptiSystem* menunjukkan nilai SNR yang lebih tinggi, yaitu antara 43,197 dB hingga 43,209 dB.



GAMBAR 5
(Grafik Perbandingan *Downstream* SNR perhitungan dan *Optisystem*)



GAMBAR 6
(Grafik Perbandingan *Upstream* SNR perhitungan dan *Optisystem*)

Perbedaan yang signifikan antara hasil perhitungan dan simulasi ini disebabkan oleh beberapa faktor. Dalam perhitungan manual, berbagai asumsi teknis dan kondisi aktual di lapangan seperti interferensi, redaman kabel, variasi suhu, dan toleransi perangkat mungkin tidak seluruhnya dimasukkan atau disederhanakan. Sebaliknya, simulasi dengan *OptiSystem* biasanya dilakukan dengan parameter ideal atau terstandarisasi, serta menggunakan model optik yang lebih presisi dan kompleks, termasuk simulasi *noise*, dispersi, dan performa perangkat optik yang dioptimalkan. Hal ini menyebabkan nilai *Q-Factor* dan SNR dari *OptiSystem* cenderung lebih tinggi dibanding hasil perhitungan manual.

Meskipun terdapat perbedaan nilai *Q-Factor* dan SNR, hasil *Bit Error Rate* (BER) pada ketiga lokasi tetap menunjukkan nilai 0 baik pada perhitungan maupun simulasi. Ini menandakan bahwa kualitas transmisi *upstream* pada ketiga titik ONT tersebut sangat baik dan dapat diandalkan, dengan tingkat kesalahan transmisi bit yang sangat kecil hingga dapat diabaikan.

D. Hasil Pengujian Layanan *Quality of Service* (QoS)

Berfungsi untuk mencapai suatu acuan seberapa baik sebuah jaringan bentuk mencari layanan pada trafik data tersebut. QoS menjadi tantangan sehingga dikirim suatu data menjalani jaringan berbasis IP dan internet. Diberapa masalah yang timbul ketika mengirim data menjalani jaringan berbasis IP atau internet adalah rendahnya *bandwidth* dari jaringan internet tersebut, adanya *buffering*, *delay*, dan lain-lain.

TABEL 7
(Hasil Perhitungan Parameter QoS)

Lokasi	Throughput (Mbps)	Packet Loss (%)	Delay (s)	Jitter (ms)
Masjid	1.696	0.37	0.00459	0.000332
Sekolah	1.177	0.534	0.00635	0.000407248
Balai Desa	1.05	0.462	0.00691	0.0585

Berdasarkan data pada Tabel 7, seluruh lokasi ONT menunjukkan kinerja jaringan yang sangat baik jika dibandingkan dengan standar kualitas layanan menurut ETSI EG 202 057-2 (1999–2006), yang menetapkan batasan untuk parameter *delay*, *jitter*, dan *packet loss* pada jaringan IP.

Parameter *throughput*, walaupun ETSI tidak menetapkan batas kuantitatif yang pasti, semakin tinggi *throughput* mencerminkan semakin baik performa jaringan. Lokasi Masjid mencatat *throughput* tertinggi sebesar 1.696 Mbps, sedangkan Balai Desa memiliki *throughput* terendah sebesar 1.050 Mbps. Nilai-nilai ini masih memadai untuk akses internet reguler dan layanan *multimedia* standar.

Pada parameter *packet loss*, standar ETSI menetapkan bahwa nilai maksimal yang masih tergolong baik untuk layanan suara adalah $\leq 1\%$. Semua lokasi memiliki *packet loss* jauh di bawah batas tersebut, dengan Masjid mencatat nilai terbaik yaitu 0.37%, menandakan bahwa jaringan sangat andal dalam menjaga integritas paket data.

Parameter *delay* (*end-to-end*) menurut ETSI sebaiknya ≤ 150 ms untuk layanan *real-time* seperti VoIP. Ketiga lokasi memiliki *delay* hanya di kisaran 4–6 milidetik (0.00459–0.00691 s), jauh lebih rendah dari batas toleransi tersebut. Ini menunjukkan bahwa jaringan sangat responsif dan minim latensi.

Sementara itu, pada parameter *jitter*, ETSI menetapkan batas maksimum sebesar 75 ms. Hasil pengujian menunjukkan nilai *jitter* di semua lokasi sangat kecil, berada dalam rentang 0,000332–0,0585 ms, atau jauh di bawah ambang batas yang ditetapkan. Nilai *jitter* terkecil ditemukan di lokasi Masjid sebesar 0,000332 ms, mengindikasikan bahwa variasi waktu antar kedatangan paket sangat rendah dan stabil.

IV KESIMPULAN

Perancangan dan implementasi pada jaringan *Broadband Village* berbasis *Fiber to the Home* (FTTH) di Desa Patengan, Ciwidey, berhasil menghadirkan solusi konektivitas internet andal untuk wilayah pedesaan. Infrastruktur backbone sepanjang 3,5 km dengan teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) menghubungkan Kantor Desa dengan Masjid, Sekolah, dan Balai Desa. Pengujian menunjukkan daya terima optik yang stabil, BER nol, SNR tinggi, serta performa transmisi *upstream* dan *downstream* yang berada jauh di atas standar minimum. Analisis *Rise Time Budget* menunjukkan arah *upstream* mendukung modulasi NRZ dan RZ, sementara *downstream* hanya layak untuk NRZ.

Pengujian kecepatan internet sesuai dengan profil *bandwidth* yang dikonfigurasi pada MikroTik, dengan sedikit deviasi wajar akibat overhead protokol. Latensi rendah (11–20 ms) dan parameter nilai *Quality of Service* yang baik—*packet loss* $< 0,53\%$, *delay* 4,6–6,9 ms, dan *jitter* sangat kecil—membuktikan stabilitas jaringan untuk kebutuhan *real-time*. Teknologi GPON dengan kapasitas 2,488 Gbps *downstream* dan 1,244 Gbps *upstream* terbukti memadai, sedangkan *overhead* PPPoE hanya sekitar 1,6% dari total *bandwidth*.

Penelitian juga menemukan bahwa kendala efisiensi *bandwidth* lebih sering disebabkan oleh kesalahan konfigurasi perangkat daripada keterbatasan teknologi. Perbaikan PPP *Profile* dengan urutan rx/tx yang tepat mampu meningkatkan efisiensi hingga 95%. Model *Broadband Village* berbasis GPON ini berpotensi menjadi solusi standar untuk mengatasi kesenjangan digital di pedesaan, asalkan disertai konfigurasi yang benar dan pemahaman teknis yang memadai untuk replikasi di wilayah lain dengan kondisi serupa.

REFERENSI

- [1] D. F. Dhahir, “PEMANFAATAN PROGRAM DESA BROADBAND TERPADU OLEH MASYARAKAT DESA LUTHARATO,” *Jurnal PIKOM (Penelitian Komunikasi Dan Pembangunan)*, vol. 19, no. 2, p. 73, Dec. 2018, doi: 10.31346/jpikom.v19i2.1520.
- [2] Y. S. Hariyani, H. Putri, and K. Oktaviani, “Pengembangan Website Desa untuk Promosi Wisata Desa Patengan, Kabupaten Bandung, Jawa Barat,” *Jurnal Pengabdian Masyarakat Indonesia*, vol. 5, no. 2, pp. 245–254, Apr. 2025, doi: 10.52436/1.jpimi.3298.
- [3] D3 Teknologi Telekomunikasi, “Optical Network Terminal (ONT): Pengertian, Cara Kerja, Keunggulan, dan Penggunaannya dalam Jaringan Fiber Optik,” D3 Teknologi Telekomunikasi, Feb. 13, 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.22146/jnteti.v9i1.138>
- [4] Ridho, S., Yusuf, A. N. A., Andra, S., Sirin, D. N. S., & Apriono, C. (2020b). 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 (JNTETI)*, 9(1), 94–103. <https://doi.org/10.22146/jnteti.v9i1.138>
- [5] N. I. K. Jaya and N. A. Tanton, “Penerepan Analisis Optical Line Terminal (OLT) Dengan Rasio Splitter dan Pasif Splitter Pada 8 Optical Distribution Point (ODP),” *ASPIRASI Publikasi Hasil Pengabdian Dan Kegiatan Masyarakat*, vol. 2, no. 4, pp. 80–91, Jul. 2024, doi: 10.61132/aspirasi.v2i4.869.
- [6] F. P. E. Putra, K. Mufidah, R. M. Ilhamsyah, S. A. Efendy, and S. N. R. Barokah, “Tinjauan Performa RouterOS Mikrotik dalam Jaringan Internet: Analisis Kinerja dan Kelayakan,” *Digital*

Transformation Technology, vol. 3, no. 2, pp. 903–910, Jan. 2024, doi: 10.47709/digitech.v3i2.3446.

[7] D3 Teknologi Telekomunikasi, “Power Link Budget: Pengertian, Parameter,” *D3 Teknologi Telekomunikasi*, Feb. 01, 2024. [Online]. Available: <https://dte.telkomuniversity.ac.id/power-link-budget-pengertian-parameter/>

[8] A. D. Haq, I. Santoso, and A. A. Z. Macrina, “ESTIMASI SIGNAL TO NOISE RATIO (SNR) MENGGUNAKAN METODE KORELASI,” *Diponegoro University*, Dec. 2012, doi: 10.14710/transient.v1i4.326-332.

[9] H. S. Sabana, “Analisa performansi jaringan kabel fiber optik Link Backbone Ungaran – Krapyak,” *Journal of Telecommunication Electronics and Control Engineering (JTECE)*, vol. 2, no. 2, pp. 85–92, Jan. 2021, doi: 10.20895/jtece.v2i2.150.

[10] Reynn, “BER (BiT Error rate),” *Beginners Welecom* :, Apr. 01, 2018. <https://beginnerswelecom.wordpress.com/2018/04/01/ber-bit-error-rate/>

[11] ETSI TR.101329.V2.1.1. 1999-06. Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network); General aspects of Quality of Service (QoS). https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/101300_101399/101329/02.01.01_60/tr_101329v020101p.pdf Diakses pada tanggal 15 Juni 2019.

[12] Usman, S. (2016). Pengembangan desa broadband terpadu. *Jurnal Ilmu Komunikasi*, 14(3), 103338. <https://doi.org/10.31315/jik.v14i3.2130>.