Analisis Jaringan Fiber To The Home Berbasis Teknologi *Gigabit Passive Optical Network* Dan Penghitungan *Downstream* Untuk Menentukan Standar Kelayakan Jaringan (Studi Kasus Perumahan Wirosaban Baru)

Ardi Setiawan^{*1}, Wiwin Sulisty²

Universitas Kristen Satya Wacana; Jl. Diponegoro No.52-60, Salatiga,
Kec. Sidorejo, Kota Salatiga, Jawa Tengah, 50711, (0298)321212
1,2Jurusan Teknik Informatika, FTI UKSW, Salatiga
e-mail: *1672017074@student.uksw.edu, 2²wiwinsulisty@uksw.edu

Abstract

This paper discuss about FTTH network analysis made by GPON technology and downstream estimation that use fiber optic cable for the media. The aim of analysis is do the installation engage GPON metod with downstream estimation which the estimation have network feasibility standard. This research make two configuration with different interaction position for finding the energy comparison in every configuration. According to ITU-T G.984, network feasibility standard is more than -28dB, 10Gbps for the downstream and 2.5 Gbps for upstream. Show the result that distance and power affect to power link budget score and BER. Closest distance generate the best network in comparasion with long distance one.

Keywords: FTTH, GPON, Serat Optik, Power Link Budget, Bit error rate.

Abstrak

Paper ini membahas tentang analisis jaringan FTTH dengan teknologi GPON dan penghitungan *downstream* menggunakan media kabel *fiber optic*. Tujuan dari analisis tersebut adalah melakukan instalasi menggunakan metode GPON dengan perhitungan *downstream* dimana perhitungan tersebut memiliki standar kelayakan jaringan yang akan digunakan. penelitian ini melakukan dua konfigurasi dengan posisi interaksi yang berbeda untuk mengetahui perbandingan struktur dan energi disetiap konfigurasi. Menurut ITU-T G.984 standar kelayakan jaringan adalah lebih dari -28dB, untuk *downstream 10 Gbps* dan untuk *upstream 2.5 Gbps*. Menunjukkan hasil bahwa jarak dan daya mempengaruhi nilai *power link budget* dan BER. Jarak yang terdekat menghasilkan jaringan yang baik di bandingkan dengan jarak yang jauh. Di mana Jarak yang lebih dekat mempunyai kecepatan jaringan -28.869dB sedangkan jarak yang jauh mempunyai kecepatan -92.849dB.

Kata kunci: FTTH, GPON, Serat Optik, Power Link Budget, Bit error rate.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi di era modern yang semakin maju, serta didorong kebutuhan dan permintaan masyarakat akan perkembangan jaringan komunikasi yang cepat dan memiliki area yang luas. Dengan membutuhkan *bandwidth* yang besar, pengguna juga menginginkan jaringan yang baik dan efisien.

Pengembangan jaringan terus dilakukan untuk meningkatkan layanan. Sedangkan, kabel tembaga sudah tidak mampu mentransmisikan *bandwidth* dengan skala yang besar [1]. Media transmisi kabel *fiber optic* cocok untuk memenuhi transmisi *bandwidth* dengan skala besar. *Fiber optic* menggunakan media sinar matahari untuk mengirimkan data dari titik ke titik yang lainnya. Kabel *fiber optic* dinilai cocok digunakan karena dapat menyalurkan *bandwidth* dengan efisien, serta bisa mendukung 3 layanan yaitu suara, video, dan data atau sering disebut dengan layanan *Triple Play*.

Fiber to the Home (FTTH) menggunakan media *fiber optic* karena sangat efisien. FTTH adalah implementasi teknologi transmisi *fiber optic* yang dapat mentransmisikan data dengan stabil. FTTH adalah sarana yang sangat penting bagi masyarakat Indonesia karena kebutuhan internet sangat tinggi. Mampu menjadi sarana untuk mendukung program *Indonesia Digital Network* (IDN) yang dicanangkan pemerintah.

Makalah ini membahas tentang pemasangan teknologi *fiber optic* pada perumahan Wirosaban Baru yang merupakan tempat strategis dan membutuhkan akses internet yang cepat dan stabil. Dengan menggunakan teknologi *fiber optic* dapat mempermudah akses jaringan internet. Langkah pertama dalam melakukan instalasi yaitu menentukan letak rumah yang akan dipasang instalasi serta menentukan jalur kabel yang bertujuan untuk mendapatkan jarak yang paling dekat menggunakan *google earth*.

Tujuan dari analisis ini adalah melakukan instalasi menggunakan metode GPON dengan perhitungan *downstream* di mana perhitungan tersebut sebagai standar kelayakan jaringan yang akan digunakan. Penelitian ini menggunakan beberapa jarak yang berbeda bertujuan untuk mengetahui performa dari jarak terdekat dan terjauh [2].

Menurut Mochamad Subchan Mauludin dan Indah rahmawati penelitian ini mengenai analisis jaringan FTTH berbasis GPON dengan menggunakan parameter daya transmisi *receiver*, *optical line terminal*, konektor, redaman kabel *fiber optic*, *passive splitter* dan sambungan. Untuk mendapatkan nilai *uplink* dan *downlink*.

Menurut Muhamad Ramadhan M. S., Ir. Akhmad Hambali, MT. Dan Ir. Bambang Uripno penelitian ini dilakukan untuk mengetahui jumlah pelanggan yang menggunakan jaringan internet dan *bandwidth* dalam jangka waktu yang lama setelah itu menganalisa hasil perancangan menggunakan parameter Power Link Budget dan Rise Time Budget.

Menurut Firdaus, Ferdyan Andhika Pradana dan Eka Indarto penelitian menganalisis *power link budget* dengan melakukan perhitungan dan analisis nilai redaman ke pelanggan. Ketika nilai diatas -28dB maka jaringan tersebut sudah layak digunakan. Standar tersebut telah ditetapkan oleh ITU-T [3].

Dapat disimpulkan FTTH sangat penting untuk media transmisi jaringan dengan melakukan beberapa perhitungan dengan standar yang telah di tentukan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Teknologi GPON pada FTTH

a. Fiber Optic

Fiber optic merupakan media transmisi jenis kabel yang terbuat dari serat kaca untuk mentransmisikan data melalui sinyal cahaya. Cahaya yang digunakan untuk mentransmisikan sinyal adalah LED atau laser. *Fiber optic* cocok digunakan karena memiliki kecepatan transmisi data yang cukup tinggi dan tidak mudah mengalami gangguan (*interference*) [4].

Keuntungan *fiber optic* adalah dapat mengirimkan data dengan sangat baik. Struktur dasar sebuah *fiber optic* terdiri dari tiga bagian yaitu inti (*core*), kulit (*cladding*), dan jaket (*coating*) [5]. Struktur serat optik terdapat pada gambar 1.

Struktur Dasar Serat Optik

Struktur Dasar Serat Optik

Gambar 1. Struktur Serat Optik

Arsitektur jaringan lokal *fiber optic* Jaringan lokal memiliki 2 perangkat elektronik yaitu dari sisi server dan sisi pelanggan. Perbedaan titik konversi optik (TKO) menimbulkan perbedaan seperti:

1. FTTN: Penggunaan serat optik sampai ke kabinet.
2. FTTC: Serat optik lebih panjang daripada FTTN.
3. FTTB: Penggunaan serat optik dengan jalur gedung – gedung
4. FTTH: Penggunaan serat optik dari server ke pelanggan.

Gambar 2. Instalasi Serat Optik [6]

b. *Fiber to the home (FTTH)*

Fiber to the home merupakan salah satu arsitektur yang sangat penting dalam melakukan penarikan kabel serat optik. Perkembangan teknologi, keinginan masyarakat akan layanan internet yang berkualitas semakin banyak. FTTH memiliki jarak maksimum yaitu 20 km. Panjang gelombang untuk *downstream* adalah 1490 nm. Sedangkan untuk *upstream* panjang gelombang sekitar 1310 nm. Kelebihan dari FTTH yaitu :

1. Menyediakan range yang luas untuk layanan hiburan.
2. Menawarkan layanan suara, video, dan data.
3. Merupakan jaringan yang berguna untuk masa depan [7].

Perangkat FTTH

1. *Optical Line Termination* : OLT berfungsi sebagai *end point*. OLT menyediakan *interface* seperti telepon, video, dan data.
2. *Optical Distribution Cabinet* : ODC berfungsi sebagai tempat instalasi sambungan jaringan *optic*.
3. *Optical Distribution Point* : ODP berfungsi sebagai tempat instalasi sambungan jaringan *optic single mode* untuk menghubungkan kabel *fiber optic* dan kabel drop.
4. *Optical Network Termination* : ONT berfungsi sebagai penghubung jaringan menggunakan teknologi GPON melalui jaringan distribusi kabel serat optik.
5. Konektor
Konektor yaitu sebuah alat penghubung perangkat jaringan kabel *fiber optic* untuk melakukan transmisi data [4].

c. *Gigabit Capable Passive Optical Network (GPON)*

Gigabit Capable Passive Optical Network adalah teknologi berbasis *fiber optic* sebagai media transpor ke pelanggan. GPON merupakan teknologi yang menggunakan standar G.984 atau FTTx. Keamanan *downstream* menggunakan enkripsi 128 bit. Dalam mengirimkan data *upstream* dan *downstream* menggunakan teknologi *Wavelength Division Multiplexing* (WDM) melalui *fiber optic*.

Gambar 2. Struktur GPON[8].

Konfigurasi GPON

Keunggulan dari GPON adalah dapat menawarkan *bandwidth* mencapai 2.488 Gbps sampai ke pelanggan tanpa kehilangan *bandwidth*. Inti GPON dapat dibagi menjadi 5 bagian yaitu:

- NMS : *network management system*.
- OLT : *optical line terminal*.
- ODN : *optical distributor network*.
- ODP : *optical distributor point*.
- ONT/ONU : *optical network terminal / unit*[9].

Tabel 1. Standar Teknologi GPON

Karakter	GPON
<i>Maksimum Upstream</i>	1,2G Gbps / 2,4G Gbps
<i>Maksimum Downstream</i>	1,2G Gbps / 2,4G Gbps
Layanan yang diberikan	Suara, Data, Video
Jarak Transmisi ke pelanggan	11 km - 20 km
Maksimal Jumlah Port	64
<i>Wavelength Upstream</i>	1311 nm
<i>Wavelength Downstream</i>	1491 nm
<i>Splitter</i>	Pasif

Keunggulan dari GPON sebagai berikut:

- Transmisi data lebih efisien.
- Dapat melakukan transmisi data, suara, video.
- Dapat membagi *bandwidth* sampai 32 ONU dan pembagian *bandwidth* tersebut dapat diatur dari server.
- Downstream*
Downstream adalah kecepatan dalam mengambil data dari server ke komputer.
- Upstream*
Upstream adalah kecepatan mengirim data dari *user* ke server.
- Standar kelayakan jaringan menurut ITU-T G.984

Standar teknologi GPON dari evolusi BPON. Memiliki *bandwidth* 2,5 Gbps dengan efisiensi 93% menggunakan *frame* QoS (*Quality of Service*) yang lebih besar. Standar kelayakan jaringan adalah -28dB, untuk *downstream* 10 Gbps dan untuk *upstream* 2.5 Gbps [7].

2.2 Objek Penelitian

Instalasi jaringan internet membuka jalur yang sebelumnya telah dilewati jaringan internet pada PT GEMEDIA. Sehingga tidak perlu melakukan penarikan dari server. Hanya melakukan penarikan dari ODC – ODP – OTP lalu ke tempat instalasi. Berikut adalah alur instalasi jaringan terdapat pada gambar 3.

Gambar 3. Tahap Alur Instalasi.

2.3 Kinerja Sistem

a. Alur Jaringan

Pertama jaringan akan disebarkan akan masuk ke OLT menggunakan *patch cord* lalu masuk ke ODF. Dalam ODF masih dibagi menjadi 3 bagian yaitu ODC, ODP, OTP yang akan diteruskan ke perangkat melalui *path cord*. Dalam perangkat tersebut dapat dihitung pengeluaran saat instalasi. Dimulai dari pemasangan OLT ke perangkat yang telah tersambung.

Gambar 4. Alur Jaringan [10]

b. Power Link Budget

Power Link budget yaitu perhitungan kebutuhan dengan menentukan daya penerima lebih besar dengan daya minimumnya. Perhitungan tersebut bertujuan untuk mendapatkan jarak yang maksimal dengan mengurangi redaman yang dikirimkan oleh *transmitter* [11].

c. Bit Error Rate

Bit Error Rate yaitu total bit error berbanding dengan total bit yang diterima. biasanya di tunjukan dengan 10 berbanding dari *negatif power*. Terdapat indikasi seberapa sering paket yang harus ditransmisikan karena mengandung *error* [12].

Untuk perancangan GPON menggunakan *software optiswave optisystem*. Penggunaan *software optisystem* untuk mengetahui BER dari hasil tersebut, dapat dijalankan dalam *software optisystem* yang ditampilkan dalam *BER analyzer* [13].

Analisis:

Tabel 2 Analisis BER

Max.Q Factor	11.8786
Min. BER	7.25972e-033
Eye Hight	0.0003682
Threshold	0.00021942
Decision Inst	0.609375

Bit error rate sebesar $7,2597 \times 10^{-33}$. Link optik memiliki sebuah standar di mana nilai *bit error rate* minimal sebesar 10^{-8} . Maka parameter tersebut merupakan rangkaian yang cukup baik. Selain itu nilai *bit error rate* terdapat nilai *Q factor*. *Q factor* dari rangkaian adalah 11.8786. Perhitungan *link budget* untuk mengetahui batasan redaman total. Sesuai dengan standar nilai *power link budget* tidak boleh berada di bawah angka -28dB [14].

Analisa *power link budget* digunakan rumus berikut:

$$\alpha_{tot} = L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + Sp \quad P_{Rx} = P_{Tx} - \alpha_{tot} \quad (1)$$

Keterangan:

α_{total}	: redaman total	
L	: panjang kabel FO	(2)
α_{serat}	:redaman dari kabel FO	(3)
N_c	:banyaknya konektor yang digunakan	(4)
α_c	:redaman pada konektor	(5)
N_s	:banyaknya sambungan pada kabel FO	(6)
α_s	:redaman pada sambungan kabel FO	(7)
SP	:redaman splitter	(8)
Ptx	:Daya kirim dari transmitter	(9)
Prx	: Daya yang diterima	(10)

3. HASIL PEMBAHASAN

a. Tahap Penentuan Lokasi Perancangan

Pada tahap ini menentukan lokasi perancangan jaringan FTTH. Di mana lokasi tersebut harus mencakup jaringan yang sudah tersedia. Apabila belum ada jaringan milik perusahaan tersebut maka harus melakukan penarikan jaringan dari server.

d. Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini mengumpulkan data tentang berapa rumah yang akan melakukan instalasi jaringan, peletakan perangkat yang strategis, dan menentukan jalur kabel yang akan dilewati. Berikut adalah lokasi instalasi jaringan terdapat pada gambar 6.

Gambar 6. Perumahan Wirosaban Baru Yogyakarta [15].

Jarak yang akan melakukan proses instalasi.

- Rumah 1 ke ODP jarak : 35 m
- Rumah 2 ke ODP jarak : 116 m
- Rumah 3 ke ODP jarak : 222 m
- Rumah 4 ke ODP jarak : 281 m

e. Rumah 5 ke ODP jarak : 377 m

Setiap *user* menggunakan jumlah konektor yang berbeda, maka dapat membagi *bandwidth* tersebut dengan memberi kapasitas yang cukup. Dengan begitu memudahkan teknisi untuk mengatur *ip* dalam wilayah tersebut. Semakin tinggi kabel *fiber optic* maka makin bagus juga jaringan internet yang akan dihasilkan.

e. Tahap Perancangan Jaringan

Pada tahap ini akan membuat rancangan jaringan terlebih dahulu. Setelah itu menentukan letak OLT, ODC, ODP, dan jalur kabel. Jalur yang dilewati tidak terhalang oleh gedung tinggi. Supaya tidak menghambat kecepatan jaringan tersebut.

Berikut adalah perhitungan spesifikasi pada sistem terdapat pada table 3:

Tabel 3. Jarak Instalasi

1	Rumah 1	35 meter
2	Rumah 2	116 meter
3	Rumah 3	222 meter
4	Rumah 4	281 meter
5	Rumah 5	337 meter

Tabel 4. Jumlah Nc dan Ns

No	Rumah	Nc (jumlah konektor)	Ns
1	1	1	2
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	3	4
5	5	4	5

PTx : -3 dBm (11)

α_{serat} : 0.21 dB/km (merupakan standar dari ITU-T untuk kabel fiber optik SM G.652) (12)

α_c : 0.2 dB (nilai default dari konektor) (13)

α_s : 0.02 dB/km (14)

SP : 1:4 = 7.5 dB (15)

SP : 1:8 = 10.5 dB (16)

f. Hasil Perancangan

Tahap ini merupakan bagian simulasi perancangan jaringan menggunakan *software optic system*. *Software* ini digunakan untuk simulasi pengecekan *power link budget*, di mana jaringan tersebut sudah layak digunakan atau belum, menentukan jumlah sambungan dan jalur terdekat. Syarat jaringan yang layak digunakan yaitu lebih dari -28dB.

Hasil Kalkulasi :

Rumah 1 α_{total} : $(35 \times 0.21) + (0.2 \times 1) + (2 \times 0.02) + (2 \times 0.02) + (10.5 + 7.5) = 25.87 \text{ dB}$

Rumah 2 α_{total} : $(116 \times 0.21) + (0.2 \times 2) + (2 \times 0.02) + (2 \times 0.02) + (10.5 + 7.5) = 42.86 \text{ dB}$

Rumah 3 α_{total} : $(222 \times 0.21) + (0.2 \times 3) + (3 \times 0.02) + (3 \times 0.02) + (10.5 + 7.5) = 65.34 \text{ dB}$

Rumah 4 α_{total} : $(281 \times 0.21) + (0.2 \times 3) + (3 \times 0.02) + (4 \times 0.02) + (10.5 + 7.5) = 77.77 \text{ dB}$

Rumah 5 α_{total} : $(337 \times 0.21) + (0.2 \times 4) + (5 \times 0.02) + (5 \times 0.02) + (10.5 + 7.5) = 89.77 \text{ dB}$

Setelah menemukan hasil α_{total} , dapat menentukan apakah jaringan tersebut layak digunakan atau tidak dengan cara menjumlahkan daya kiriman dari *transmitter* dan daya yang diterima.

$$P_{tx} + P_{rx} = \alpha_{total} \quad (17)$$

$$P_{rx} : P_{rx} - \alpha_{total} \quad (18)$$

(Rumah 1) $P_{rx} : -3.079 \text{ dBm} - 25.79 \text{ dB}$
 $P_{rx} : -28.869 \text{ dB}$

(Rumah 2) $P_{rx} : -3.079 \text{ dBm} - 42.86 \text{ dB}$
 $P_{rx} : -45.939 \text{ dB}$

(Rumah 3) $P_{rx} : -3.079 \text{ dBm} - 65.34 \text{ dB}$
 $P_{rx} : -68.419 \text{ dB}$

(Rumah 4) $P_{rx} : -3.079 \text{ dBm} - 77.77 \text{ dB}$
 $P_{rx} : -80.849 \text{ dB}$

(Rumah 5) $P_{rx} : -3.079 \text{ dBm} - 89.77 \text{ dB}$
 $P_{rx} : -92.849 \text{ dB}$

Tabel 5 Hasil Jaringan yang Layak Digunakan

1	Rumah 1	-28,869 dB	$\geq$	-28 dB
2	Rumah 2	-45.939 dB	$\geq$	-28 dB
3	Rumah 3	-68.419 dB	$\geq$	-28 dB
4	Rumah 4	-80.849 dB	$\geq$	-28 dB
5	Rumah 5	-92.849 dB	$\geq$	-28 dB

Jaringan dianggap layak digunakan karena lebih besar daripada -28dB seperti yang terdapat pada tabel 5. Jarak instalasi terdekat dan terjauh memiliki kecepatan yang berbeda. Jarak yang diterima dari rumah 1 adalah -28,869dB sedangkan pada rumah 5 adalah -92.849dB.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penghitungan *downstream* dan analisis yang telah dilakukan dalam perancangan FTTH pada Perumahan Wirosaban Baru telah memenuhi syarat. Di mana nilai dari jaringan tersebut lebih dari standar yang di tentukan yaitu -28dB dan nilai BER berkisar 10^{-9} sampai 10^{-12} sehingga rancangan tersebut dapat diaplikasikan. Jarak dari ODP ke rumah mempengaruhi kecepatan internet. Jarak yang lebih dekat mempunyai jaringan yang lebih efisien yaitu -28.869dB sedangkan jarak yang jauh mempunyai kecepatan -92.849dB. untuk jarak yang lebih jauh dilakukan peletakan kabel *fiber optic* yang lebih tinggi supaya tidak ada gangguan *interface* seperti gedung tinggi atau gangguan lainnya.

5. SARAN

Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya berfokus pada perhitungan total *error* dan cara mengetahui letak *error* tersebut. Menggunakan media alat laser atau aplikasi server. Supaya mempermudah teknisi lapangan dalam mengerjakan pekerjaan tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa serta kedua orang tua dan bapak Wiwin Sulistyono yang sudah memberikan support dalam melakukan penulisan sehingga berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Eka Setya Wijaya, "Analisis Perbandingan Kinerja Antara Media Kabel Serat Optik Dengan Kabel Tembaga Pada Router Mikrotik," *J. Teknol. Inf. Univ. Lambung Mangkurat*, Vol. 3, No. 2, pp. 77–86, 2018, doi: 10.20527/jtiulm.v3i2.31.
- [2] S. Sitohang and S. A. Setiawan, "Implementasi Jaringan Fiber to The Home (Ftth) Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON)," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, Vol. 9, No. 2, pp. 879–888, 2018, doi: 10.24176/simet.v9i2.2430.
- [3] A. Makmurwibowo, "Analisis Performansi Jaringan Fiber To The Home (FTTH) Berbasis Gigabit Passive Optical Network (GPON) pada STO Pakem Sleman Yogyakarta," *Ft Umy*, pp. 6–37, 2018, [Online]. Available: <http://repository.umy.ac.id/handle/123456789/21331>.
- [4] 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)," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, Vol. 9, No. 1, pp. 94–103, 2020, doi: 10.22146/jnteti.v9i1.138.
- [5] P. B. BATU II, "Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Home (Ftth) Dengan Teknologi Gigabyte Passive Optical Network (Gpon) di Wilayah Permata Buah Batu Ii Design Fiber To The Gome (Ftth) Access Network Using Technology Gigabyte Passive Optical Network (Gpon in Region)," *e-Proceeding Eng.*, Vol. 2, No. 2, p. 3179, 2015.
- [6] R. M. Muttaqien *et al.*, "Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Home (Ftth) Menggunakan Teknologi 10 - Gigabit Passive Optical Network (xgpon) Untuk Perumahan Graha Yasa Asri Dengan Ducting Bersama," *e-Proceeding Eng. Univ. Telkom*, Vol. 3, No. 2, pp. 1584–1594, 2016.
- [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," *Semin. Nas. Teknoka*, Vol. 2, No. 2502, pp. 47–54, 2017.
- [8] I. A. Dinina, I. Santoso, and T. Prakoso, "Analisis Perbandingan Teknologi GPON Dan XGPON Untuk Perancangan Jaringan Fiber To The Home," *Transient*, Vol. 5, No. 4, p. 470, 2016.
- [9] رازی، "الحاوی جلد بیستم"، pp. 1–8, 1384.

-
- [10] K. D. Pramaditya, “Pembuatan Desain Jaringan Fiber To the Home (Ftth) Pada,” *Univ. Telkom*, Vol. 1, No. December, 2015.
- [11] O. Efriyanda, D. Faiza, and A. Hadi, “Analisis Kinerja Sistem Komunikasi Serat Optik Dengan Menggunakan Metode Power Link Budget Dan Rise Time Budget Pada PT.TELKOM (Studi Kasus Link Batusangkar – Lintau),” *Voteteknika (Vocational Tek. Elektron. dan Inform., Vol. 2, No. 2, 2018, doi: 10.24036/voteteknika.v2i2.4079.*
- [12] R. F. Adiati, A. Kusumawardhani, and H. Setijono, “Analisis Parameter Signal to Noise Ratio dan Bit Error Rate Dalam Backbone Komunikasi Fiber Optik Segmen Lamongan-Kebalen,” *J. Tek. ITS*, Vol. 6, No. 2, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v6i2.26079.
- [13] M. I. Mutaharrik *et al.*, “Review Jurnal Simulasi Transmisi Downstream Jaringan FTTH Menggunakan Teknologi GPON 1 , 25 Gb / s.”
- [14] P. Hamming and S. Budiyanto, “Simulasi Penghitungan Bit Error Rate,” pp. 218–225, 2012.
- [15] K. Prasetya and W. Sulisty, “Analisis dan Perancangan Jaringan Fiber To The Home Provisioning Type-3 Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP),” no. 672015061, 2011.