

Analisis Dan Optimasi Jaringan Telekomunikasi Fiber To The Home (FTTH) Menggunakan Metode Power Link Budget Di Perumahan Central Park Kota Surabaya

Tasya Amalia¹, Walid Maulana Hadiansyah^{2*}, Hamzah Ulinuha Mustakim³

^{1,3} Teknik Elektro/Teknik Telekomunikasi, Telkom University Surabaya
ltasyaamalia.student.telkomuniversity.ac.id
hamzahmustakimtelkomuniversity.ac.id

² Teknik Elektro/Teknik Telekomunikasi, Telkom University Surabaya

*Corresponding author email: wmhadiansyah@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Pada era modern ini, kebutuhan akan fasilitas telekomunikasi, informasi, dan hiburan berkualitas tinggi sangat penting. FTTH (Fiber to the Home) menawarkan banyak keuntungan, meskipun implementasinya memerlukan biaya tinggi untuk penyebaran serat optik ke setiap rumah atau gedung. Namun, dengan perkembangan teknologi dan penurunan biaya peralatan, FTTH semakin menjadi pilihan yang lebih terjangkau dan menarik bagi banyak penyedia layanan internet di seluruh dunia. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, diperlukan jaringan yang mendukung performa tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mensimulasikan performa jaringan FTTH di Perumahan Central Park, Kota Surabaya. Teknologi FTTH menggunakan kabel serat optik hingga ke rumah pelanggan, dengan pengujian seperti perhitungan Link Budget diperlukan untuk memastikan hasil instalasi sesuai harapan. Setelah simulasi dengan perhitungan power link budget menggunakan Optisystem, hasil awal (-36,327 dBm pada jarak terjauh dan -32,311 dBm pada jarak terdekat) tidak memenuhi standar PT Telkom dan ITU-T. Setelah optimasi, hasilnya memenuhi standar dengan -18,437 dBm (jarak terjauh) dan -18,211 dBm (jarak terdekat). Rise time budget NRZ tercapai dengan 0,2260 ns pada downstream dan 0,2326 ns pada upstream, sementara Bit Error Rate (BER) sebesar $4,10193 \times 10^{-8}$ untuk jarak terjauh memenuhi batas maksimum 10^{-9} . Dengan demikian, perancangan jaringan FTTH layak berdasarkan power link budget, rise time budget, dan BER.

Kata Kunci — FTTH, Link Budget, Optisystem, Bit Error Rate, Telekomunikasi.

I. PENDAHULUAN

Fiber to the Home (FTTH) adalah konsep jaringan inovatif yang sedang diterapkan oleh PT Telkom Access. Dengan perkembangan teknologi dan meningkatnya permintaan layanan, FTTH telah muncul sebagai solusi yang menawarkan kecepatan dan kualitas sinyal yang unggul. Teknologi ini menggunakan kabel serat optik sebagai media transmisi utama. Serat optik adalah media transmisi pandu gelombang dielektrik yang beroperasi pada frekuensi optik, terbuat dari serat kaca atau plastik, dan menggunakan sinar laser dengan spektrum sempit. Cahaya terjebak dalam serat karena indeks bias kaca lebih tinggi dibandingkan udara, memungkinkan kecepatan transmisi yang sangat tinggi, menjadikannya ideal untuk saluran komunikasi. Pada teknologi FTTH, beberapa parameter

pengukuran yang penting meliputi redaman, loss koneksi, panjang kabel, redaman end-to-end, dan level daya. Pengukuran perangkat aktif pada akses serat optik sering kali melibatkan Optical Time-Domain Reflectometer (OTDR) dan pengukur daya. OTDR digunakan untuk mengukur redaman sepanjang kabel, sedangkan pengukur daya digunakan untuk mengukur daya pada ujung-ujung kabel melalui pemisah. Ini memastikan bahwa instalasi jaringan FTTH memenuhi standar kualitas yang diperlukan dan mampu memberikan performa optimal [1].

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi simulasi power link budget menggunakan perangkat lunak Optisystem untuk mengukur performa jaringan FTTH. Hasil awal menunjukkan bahwa performa jaringan pada jarak terjauh dan terdekat tidak memenuhi standar yang ditetapkan oleh PT Telkom dan ITU-T. Namun, setelah dilakukan optimasi, hasil menunjukkan bahwa performa jaringan telah memenuhi standar yang ditetapkan, dengan nilai rise time budget NRZ dan Bit Error Rate (BER) berada dalam batas yang dapat diterima [2].

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai kajian penelitian yang menjadi referensi serta acuan terkait yang digunakan penyusun dalam melaksanakan penelitian. Berikut tabel yang berisi penelitian terkait :

1. Analisis Kinerja Fiber to the Home (FTTH) Jaringan Telekomunikasi Menggunakan Metode Power Link Budget di Cluster Bhumi Nirwana Balikpapan Utara [3].
2. Kinerja Jaringan Fiber Optic dari Kantor Pusat sampai dengan Pelanggan di Yogyakarta [2].
3. Simulasi Jaringan Fiber to the Home (FTTH) menggunakan Metode Power Link Budget pada Komplek Perumahan Blok O Kabupaten Bekasi Timur [4].
4. Analisis Konfigurasi Jaringan FTTH Menggunakan Perangkat Mini OLT untuk Layanan Indihome di PT. Telkom Akses Witel Semarang [5].
5. Penerapan Optisystem dalam Perancangan Akses Fiber to the Home (FTTH) Menggunakan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) [6].

A. FTTH (Fiber to the Home)

FTTH merupakan metode pengiriman sinyal optik dari penyedia ke pengguna yang menggunakan serat optik sebagai media transmisinya. Teknologi ini menggantikan kabel tradisional dan mendukung layanan Triple Play, yang menawarkan akses cepat ke internet, telepon, dan TV kabel dalam satu sistem. FTTH memiliki keunggulan dalam menyediakan bandwidth tinggi dengan koneksi internet cepat, karena serat optik memungkinkan transfer data dalam jumlah besar dengan kecepatan tinggi [7].

B. Dalam Fiber to the Home (FTTH), diperlukan sejumlah perangkat pendukung untuk menghubungkan jaringan akses, antara lain sebagai berikut [8]:

1. Terminal Jalur Optik
2. Kabinet Distribusi Optik
3. Titik Distribusi Optik
4. Terminal Jaringan Optik

C. Keunggulan Teknologi FTTH (Fiber to the Home)

Jaringan optik ini menghubungkan pusat penyedia langsung ke pelanggan dengan menggunakan splitter pasif 1:8, yang membagi sinyal menjadi delapan sambungan rumah. Keunggulan FTTH meliputi kemampuan menyediakan layanan data, video, dan suara, menawarkan bandwidth tinggi, serta keamanan yang lebih baik karena serat optik tidak mudah terbakar. Selain itu, FTTH mendukung pengembangan jaringan di masa depan tanpa memerlukan repeater untuk memperkuat sinyal [9].

D. GPON (Jaringan Optik Pasif Gigabit)

FTTx berbasis serat optik yang dikembangkan berdasarkan standar ITU-T G.984 adalah teknologi yang menyediakan bandwidth sebesar 2,5 Gbps untuk downstream dan 1,25 Gbps untuk upstream, menggunakan splitter pasif dengan rasio hingga 1:28. GPON mengalirkan lalu lintas Triple Play (suara, video, dan data) melalui satu kabel optik dari pusat penyedia layanan ke pelanggan, dengan distribusi lalu lintas dilakukan secara pasif [10].

Tabel I Standarisasi GPON mencakup berbagai spesifikasi teknis yang harus dipenuhi oleh sistem GPON, seperti kecepatan downstream dan upstream, jarak maksimum transmisi, panjang gelombang yang digunakan.

TABEL I
STANDARISASI GPON [11]

Karakteristik	GPON
Standarisasi	ITU-T G.984
Frame	ATM / GEM
Speed Upstream	1.2 G / 1.2 Gbps
Speed Downstream	1.2 G / 2.4 Gbps
Layanan	Data, suara, video
Jarak Transmisi	10 Km / 20 Km
Maksimum Jumlah Cabang	64
Wavelength Upstream	1310
Wavelength downstream	1510
Splitter	Passive

E. XGPON

Teknologi XG-PON yang dirancang oleh ITU-T diantisipasi mampu memenuhi kebutuhan broadband yang terus meningkat di masa depan, mendukung peningkatan layanan data, suara, dan televisi [12].

F. PON

Sejak diperkenalkan oleh British Telecom pada tahun 1980-an, PON telah mengalami perkembangan pesat berkat fleksibilitasnya yang tinggi. Berbagai skema jaringan baru yang berakar dari PON telah muncul, termasuk TDM-PON, WDM-PON, dan Hybrid-PON sebagai metode berbagi data. Selain itu, topologi PON juga dapat divariasikan dengan menggunakan struktur seperti pohon, bus, atau cincin, serupa dengan topologi jaringan lainnya [13].

G. Power Link Budget

Perhitungan Power Link Budget adalah evaluasi daya dalam sistem transmisi yang mempertimbangkan karakteristik saluran, sumber optik, dan sensitivitas detektor. Perhitungan ini krusial untuk memastikan bahwa daya yang dipancarkan oleh pemancar dapat diterima dengan cukup oleh penerima, dengan redaman maksimum yang tidak melebihi 28 dB pada jaringan FTTH.

$$\alpha_{tot} = L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + S_p$$

Keterangan :

α_{tot} = Total sistem redaman (dB)

L = Panjang serat optik (km)

α_{serat} = Redaman serat optik (dB/km)

N_c = Jumlah konektor (dB)

α_c = Redaman Konektor (dB)

N_s = Jumlah Sambungan (dB)

S_p = Redaman Splitter

Pada tabel II yang meliputi berbagai aspek penting seperti redaman serat optik, redaman konektor, redaman sambungan,

TABEL II
PARAMETER REDAMAN POWER LINK BUDGET [14]

NO	Perangkat	Nilai Redaman
1	Serat Optik	0,35 dB/Km
2	Konektor	0,25 dB
3	Splitter 1 : 2	3,7 dB
4	Splitter 1 : 4	7,25 dB
5	Splitter 1 : 8	10,38 dB
6	Splitter 1 : 16	14,10 dB
7	Splitter 1 : 32	17,45 dB
8	Power Transmit	2 dBm

Langkah berikutnya adalah melakukan perhitungan untuk menentukan nilai daya yang diterima oleh ONT:

$$Pr_x = Pt - \alpha_{tot}$$

Keterangan:

Pr_x = Daya yang diterima, sensitivitas penerima (dBm)

α_{tot} = Redaman total sistem (dB)

Pt = Daya transmit (dBm)

H. Rise Time Budget

Merupakan suatu metode untuk mengukur batas dispersi pada link serat optik untuk menganalisis kinerja sistem transmisi

digital dengan memastikan jaringan memenuhi kapasitas yang diinginkan [15].

I. Bit Rate

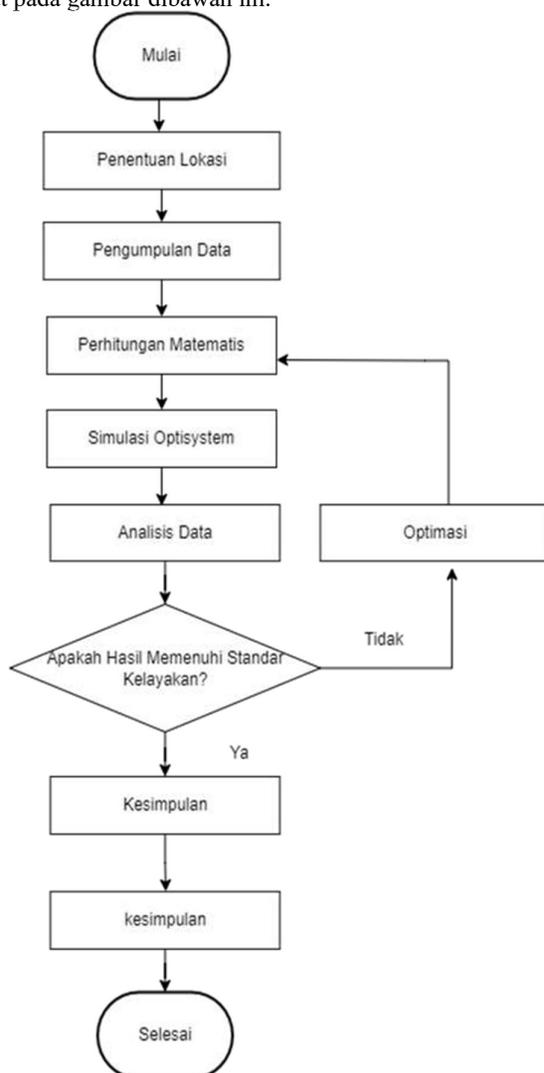
Kecepatan bit mengacu pada jumlah bit yang diproses dalam setiap unit waktu. Kecepatan bit diukur dalam bit per detik, seperti Kilo bit per detik (Kbps), Mega bits per detik (Mbps), atau Giga bits per detik (Gbps) [16].

J. Google Earth Pro

Google Earth memungkinkan pengamatan citra satelit yang menunjukkan peta jalan, kondisi geografis, dengan informasi khusus tentang suatu lokasi. Google Earth Pro digunakan untuk mengatur koordinat perangkat seperti ODC dengan ODP. Proses ini bertujuan untuk menentukan jarak distribusi dengan panjang kabel yang dibutuhkan untuk menghubungkan perangkat tersebut ke rumah pelanggan [17].

III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan membahas analisa Fiber to Jaringan Rumah di Perumahan Central Park Surabaya. Terdapat flowchart yang akan ditampilkan yaitu flowchart tentang kegiatan kerja tugas akhir. Berikut ini adalah flowchart tugas akhir seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gbr. 1 Flowchart Metode Penelitian

A. Penentuan Spesifikasi Perangkat

Melakukan simulasi dengan Optisystem, perlu ditentukan data pendukung seperti OLT, ODC, ODP, dengan ONT pada Perumahan Central Park. Data spesifikasi ini kemudian diolah menggunakan Optisystem, dilanjutkan dengan perhitungan matematis menggunakan metode Power Link Budget. Pada tabel III merupakan spesifikasi perangkat dan jumlah perangkat yang digunakan pada jaringan sebelum optimasi di perumahan central park kota surabaya.

TABEL III
SPESIFIKASI PERANGKAT SEBELUM OPTIMASI

Paramater	Jumlah
OLT	1
ODC	1
ODP	6
ONT	84

B. Optical Line Termination

pemilihan perangkat Optical Line Termination (OLT) harus mempertimbangkan optiknya nilai daya pancar (Ptx) yang idealnya kecil untuk mempengaruhi anggaran daya sambungan. OLT yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi standar IEEE 803.ah [18].

C. Terminal Jaringan Optik (ONT) adalah titik batas C dalam optik jaringan, berfungsi sebagai ujung aliran optik jaringan pembawa dengan awal dari jaringan akses pelanggan. ONT menerima sinyal optik dari Optical Line Termination

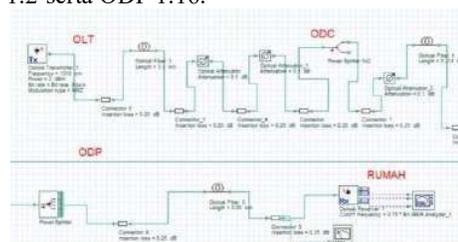
(OLT) dengan mengubahnya menjadi sinyal yang dapat digunakan oleh perangkat di rumah atau kantor pelanggan, seperti komputer atau telepon. ONT juga mengirimkan data kembali ke jaringan melalui sinyal optik.

D. Analisis Data

Pada tahap ini dilakukan analisis hasil perhitungan simulasi berbagai parameter dilakukan untuk mengevaluasi kinerja jaringan FTTH di Perumahan Central Park Kota Surabaya. Tujuan dari analisis ini adalah untuk menilai sinyal kualitas dengan kecepatan internet yang disediakan oleh jaringan FTTH, dengan memastikan bahwa jaringan beroperasi pada kapasitas maksimumnya. Dengan cara ini, kami dapat memastikan bahwa jaringan FTTH memberikan kinerja yang optimal seperti yang diharapkan.

E. Simulasi Optisystem Sebelum Optimasi

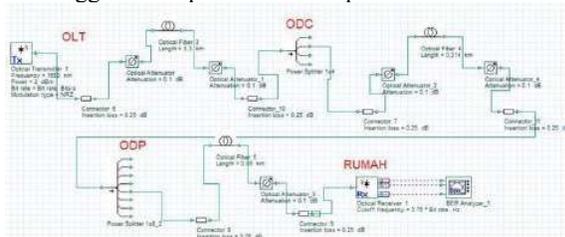
Pada Gbr. 2 merupakan Simulasi link jarak terjauh pada OLT-ODC 3,30 km, ODC-ODP 0,314 KM, serta ODP-ONT 0,05 km optisystem dengan ODC menggunakan splitter 1:2 serta ODP 1:16.



Gbr. 2 Rangkaian sebelum optimasi

F. Simulasi Optisystem Setelah Optimasi

Pada Gbr. 3 merupakan Simulasi rangkaian jarak terjauh yaitu 3,664 km pada OLT- Sistem optis ODC 3,30 km, DCP- ODP 0,314 km, serta ODP-ONT 0,05 km dengan ODC menggunakan splitter 1:4 serta pada ODP 1:8.



Gbr. 3 Rangkaian setelah optimasi

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Standar Operasional Prosedur (SOP) PT Telkom dengan standar ITU-T merupakan pedoman yang harus dipatuhi selama operasional di lapangan. Ini dirancang untuk memastikan bahwa setiap kegiatan PT Telkom sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan, termasuk standar ITU-TP berikut ini

A. Pengumpulan Data

Tabel dibawah ini menunjukkan jaringan yang ada pada komplek perumahan Central Park di kota Surabaya. Pada tabel

4.2 merupakan jarak terjauh dan terdekat dari OLT-ODC, DC-ODP, ODP-ONT pada jaringan eksisting yang berada di perumahan central parak kota surabaya.

TABEL IV
JARAK OLT-ONT

Jarak	Jalur	Jarak (km)
Jarak terjauh	OLT-ODC	3,30 km
	ODC-ODP	0,314 km
	ODP-ONT	0,05 km
Jarak Terdekat	OLT-ODC	2,48 km
	ODC-ODP	0,008 km
	ODP-ONT	0,05 km

B. Hasil Analisis Power Link budget Sebelum Optimasi Di bawah ini adalah tabel perbedaan antara downstream manual hasil perhitungan dengan hasil sistem optik dari jarak terjauh dengan terdekat, yang menunjukkan bahwa kinerja sistem yang dirancang tidak memenuhi standar kelayakan ditetapkan oleh standar PT Telkom dengan ITU-T. Oleh karena itu, perbaikan perlu dilakukan untuk memastikan bahwa nilai daya yang diterima mencapai atau melampaui angka tersebut -28 dBm sesuai dengan standar yang ditetapkan.

Pada tabel V merupakan perbedaan dari hasil perhitungan manual downstream dengan hasil optisystem dari jarak terjauh dan jarak terdekat yang menunjukkan bahwa hasil optisystem perlu di optimasi.

TABEL V
PERHITUNGAN MANUAL DAN SIMULASI

	PerhitunganManual	Simulasi Optisystem
Jarak Terjauh	-19,436 dBm	-36,327 dBm
Jarak Terdekat	-18,487 dBm	-32,311 dBm

C. Hasil Analisa Power Link Budget Setelah Optimasi

Di bawah ini adalah tabel perbedaan antara downstream manual hasil perhitungan dengan hasil optisystem untuk jarak terjauh serta jarak terdekat, yang menunjukkan bahwa hasil optisystem layak serta di bawah batas maksimum.

Pada tabel VI merupakan perbedaan dari hasil perhitungan manual downstream dengan hasil optisystem dari jarak terjauh dan jarak terdekat yang menunjukkan bahwa hasil optisystem layak dan dibawah batas maksimum.

TABEL VI
PERHITUNGAN MANUAL DAN SIMULASI

	Perhitungan Manual	Simulasi Optisystem
Jarak Terjauh	-19,266 dBm	-18,437 dBm
Jarak Terdekat	-18,317 dBm	-18,211 dBm

D. Forecasting

Peramalan adalah proses memperkirakan jumlah pengguna di masa depan berdasarkan data. Diasumsikan ada satu rumah dihuni oleh 6 warga, dengan total 83 unit rumah di Perumahan Central Park. Selama optimasi, 96 splitter digunakan untuk menghubungkan 96 ONT. Karena rumahyang ada hanya 83, maka tersisa 13 splitter untuk bangunan baru seperti ruko atau kantor pemasaran.

Stabilitas Jaringan

Jaringan FTTH di Perumahan Central Park dalam lima tahun ke depan, dengan ODC dilengkapi splitter 1:4 serta ODP dengan splitter 1:8, bisa mencapai 96 ONT. Hasil simulasi menunjukkan sinyal sebesar -18,437 dBm pada jarak terjauh 3,6 km menunjukkan sinyal yang cukup baik. Dengan pemeliharaan yang tepat serta pembaruan teknologi, jaringan ini akan memadai untuk lima tahun kedepan dengan internet yang stabil koneksi.

V. KESIMPULAN

- Penulis memperoleh data kondisi telekomunikasi jaringan di Perumahan Central Park saat kerja praktek di Witel SBS Ketintang.
- Perhitungan serta simulasi power link budget menunjukkan nilai -36,327 dBm (jarak terjauh) serta -32,311 dBm (jarak terdekat), yang tidak memenuhi standar PT.Telkom dengan ITU-T.
- Setelah dilakukan optimasi, hasil simulasi downstream memenuhi standar dengan nilai -18,437 dBm (jarak terjauh) serta -18,211 dBm (jarak terdekat), sesuai batasan yang ditetapkan oleh PT. Telkom dengan ITU-T adalah -28 dBm.

REFERENSI

- N. Darmawan, "Analisa Pengembangan Jaringan Fiber Optic Site Nangka Semarang," *Anal. Pengemb. Jar. Fiber Opt. Site Nangka Semarang*, p. 11, 2017.
- F. Firdaus, F. A. Pradana, and E. Indarto, "Performansi Jaringan Fiber Optik Dari Sentral Office Hingga Ke Pelanggan Di Yogyakarta," *J. Elektro dan Telekomun. Terap.*, vol. 3, no. 1, pp. 207-214, 2016, doi: 10.25124/jett.v3i1.126.
- A. R. Utami, D. Rahmayanti, and Z. Azyati, "Analisa Performansi Jaringan Telekomunikasi Fiber to the Home (FTTH) Menggunakan Metode Power Link Budget Pada Kluster Bhumi Nirwana Balikpapan Utara," *Circuit J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 1, p. 67, 2022, doi: 10.22373/crc.v6i1.11841.

- [4] JANNATI and S. YUSUF, "ANALISIS SIMULASI JARINGAN TELEKOMUNIKASI FIBER TO THE HOME (FTTH) MENGGUNAKAN METODE POWER LINK BUDGET DAN RISE TIME BUDGET DI PERUMAHAN BEKASI," 2023.
- [5] P. Muliandhi, E. H. Faradiba, and B. A. Nugroho, "Analisa Konfigurasi Jaringan FTTH dengan Perangkat OLT Mini untuk Layanan Indihome di PT. Telkom Akses Witel Semarang," *Elektrika*, vol. 12, no. 1, p. 7, 2020, doi: 10.26623/elektrika.v12i1.1977.
- [6] D. S. S. Sinaga, F. Imansyah, and F. T. P. W, "Implementasi Optisystem pada Perancangan Akses Fiber to The Home (FTTH) dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON)," *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 2, pp. 1–10, 2020.
- [7] W. M. Prayoga and A. Sani, "Perancangan Jaringan Fiber To the Home (Ftth) Menggunakan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (Gpon)," *EBIDEkonomi Bisnis Digit.*, vol. 1, no. 2, pp. 179–188, 2023, doi: 10.37365/ebid.v1i2.220.
- [8] R. Rahmania, "Analisis Power Budget Jaringan Komunikasi Serat Optik Di Pt.Telkom Akses Makassar," *Vertex Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 52–64, 2019, doi: 10.26618/jte.v1i2.2400.
- [9] S. T. Farisan, Muhammad Rifqi, Tri Nopiani Damayanti, S.T., M.T., Adi Putra Satya, "ANALISA DAN OPTIMASI JARINGAN FIBER TO THE HOME (FTTH) DI PERUMAHAN CIGANITRI INDAH RESIDENCE KABUPATEN BANDUNG ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF FIBER TO THE HOME (FTTH) NETWORK IN CIGANITRI INDAH RESIDENCE HOUSING, BANDUNG DISTRICT," *e-Proceeding Appl. Sci.*, vol. 6, no. 1, pp. 451–467, 2020.
- [10] M. Zulfikar, Zaldi Azhari, Rahmania, and Hafisah Nirwana, "Analisis Redaman Pada Jaringan Fiber To The Home (FTTH) Berteknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) di PLASA TELKOM Bantaeng," *J. Tek. Elektro UNISMUH*, vol. 14, no. 2, pp. 130–138, 2022.
- [11] R. I. Tarigan, T. N. Damayanti, and Hafidudin, "Perancangan Jaringan Akses Fiber To the Home (Ftth) Dengan Teknologi Gpon Konfigurasi Star Di Cluster Cempaka Dan Cemara Perumahan Bumi Adipura," vol. 5, No., no. 3, p. 3004, 2019.
- [12] N. S. Pamungkas, I. A. Hambali, and D. M. Saputri, "Analisis Performansi Teknologi XG-PON Menggunakan Splitter," *e-Proceeding Of Enggining*, vol. 4, no. 3, pp. 3595–3602, 2017.
- [13] M. Rahmansyah, "Analisis Optical Power Budget Dan Rise Time Budget Pada Jaringan Fiber To the Home Berbasis Passive Optical Network," p. 63, 2017.
- [14] F. Mhz, *Fakultas teknologi elektro dan industri cerdas*, no. Di. 2023.
- [15] imam hanif Raffif, Sugito, and P. Yasa, "Perancangan Jaringan Akses Fiber To the Home (Ftth) Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (Gpon) Di Perumahan Bumi Adipura, Cluster Cempaka," *Pengaruh Afiriasi Positif Terhadap Self Regul. (Regulasi Diri) Pada Pasien Diabetes Melitus Tipe 2*, vol. 3, no. 2, pp. 40–46, 2019, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/download/509/481>
- [16] B. Batara, Lisa charisa Dan Sujatmoko, kris Dan Pamukti, "Pengaruh Bit Rate Terhadap Area Cakupan Di Ruang Ber-Reflektor Dengan Komunikasi Cahaya Tampak," *Pengaruh Bit Rate Terhadap Area Cakupan Di Ruang Ber-Reflektor Dengan Komun. Cahaya Tampak*, vol. Vol 6, No, no. 2, p.8, 2019, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/10663/10521>
- [17] S. Aulia, S. Fitri, and A. adila Asril, "Perancangan Dan Pengukuran Performansi Jaringan Fiber To the Home Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network Menggunakan Aplikasi Optisystem Di Kelurahan Surau Gadang," *J. Amplif. J. Ilm. Bid. Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 11, no. 2, pp. 22–27, 2021, doi: 10.33369/jamplifier.v11i2.19079.
- [18] R. PRATOMO, "PERANCANGAN JARINGAN FTTH (FIBER TO THE HOME) MENGGUNAKAN TEKNOLOGI GEAPON DI PERUMAHAN GRAHA NATURA SURABAYA," vol. 1, pp. 95–113, 1984.