

DESAIN DAN ANALISIS KOMUNIKASI SERAT OPTIK DI UNIVERSITAS GARUT

Nanda Aulia Ilmatius Sakdiyah¹, Mokhammad Mirza Etnisa Haqiqi²

¹ Prodi Elektro, Universitas Multi Data Palembang, 30113, Indonesia

² Fakultas Teknik Universitas Garut, Garut, Jawa Barat, 44151, Indonesia

Korespondensi: mirza@uniga.ac.id

ARTICLE HISTORY

Received:20-03-2024

Revised:27-03-2024

Accepted:29-03-2024

Abstrak

Tulisan ini mengusulkan rancangan komunikasi serat optik dari Kampus Pusat dan Kampus Cabang di lingkungan Universitas Garut. Kondisi dilapangan saat ini setiap kampus Universitas Garut memiliki provider masing-masing dengan memanfaatkan jaringan kabel fiber optik di setiap kampus, kekurangannya pada jaringan tersebut memiliki kualitas jaringan yang tidak merata dari suatu Universitas serta apabila dari pengguna mempunyai keluhan terhadap kondisi jaringan sistemnya tidak terpusat. Maka dari itu, penulis mengusulkan suatu jaringan komunikasi fiber optik yang terpusat untuk fasilitas internet di kampus Universitas Garut, kedepannya akan memiliki sistem yang lebih terintegritas dan menjadi sistem yang handal. Studi ini mempertimbangkan analisis *link budget* dan *Rise Time Budget* untuk menganalisis kelayakan desain rute tersebut. Daya yang diterima sebesar -13,68 dBm. Sedangkan nilai total *rise time* sebesar 39,98 ps. Hasilnya menunjukkan bahwa desain yang diusulkan berpotensi layak untuk bekerja dengan baik.

Kata kunci: Analisis, Fiber Optik, *Power Link Budget*, *Rise Time Budget*.

DESAIN AND ANALYSIS OF FIBER OPTIC COMMUNICATION AT UNIVERSITAS GARUT

Abstract

This paper proposes a fiber optic communication design connecting the Main Campus and Branch Campus within the University of Garut environment. Currently, each campus of the University of Garut has its own provider utilizing fiber optic cable networks on each campus. However, the drawback of these networks is the uneven network quality across the university, and if users have complaints about the network conditions, the system is not centralized. Therefore, the author proposes a centralized fiber optic communication network for internet facilities at the University of Garut, which in the future will have a more integrated and reliable system. This study considers link budget analysis and Rise Time Budget to assess the feasibility of the route design. The received power is -13.68 dBm, and the total rise time value is 39.98 ps. The results indicate that the proposed design has the potential to work effectively.

Keywords: Analysis, Optical Fiber, *Power Link Budget*, *Rise Time Budget*.

1. Pendahuluan

Dalam era digital yang semakin maju, keberhasilan suatu lembaga pendidikan tidak hanya bergantung pada keunggulan akademis, tetapi juga pada infrastruktur teknologi informasi yang canggih. Kampus Universitas Garut sebagai pusat Pendidikan di Kabupaten Garut yang berkembang pesat menyadari pentingnya memiliki jaringan komunikasi yang handal dan efisien untuk mendukung berbagai aspek kegiatan akademik dan administratif. Dalam beberapa tahun terakhir, kampus ini telah mengalami peningkatan signifikan dalam penggunaan teknologi digital, terutama dengan mengadopsi aplikasi dan layanan berbasis internet. Meskipun telah dilakukan investasi dalam infrastruktur jaringan, perkembangan pesat ini menyulitkan untuk tetap memastikan ketersediaan layanan yang optimal dan kecepatan koneksi yang memadai.

Jaringan serat optik telah menjadi pilihan utama dalam memenuhi kebutuhan akan konektivitas yang cepat dan andal. Kecepatan transmisi yang tinggi dan kapasitas besar dari serat optik membuatnya menjadi solusi yang ideal untuk mendukung kegiatan belajar-mengajar, administrasi kampus, dan akses ke berbagai sumber daya digital.

Oleh karena itu, untuk menghadapi tuntutan pertumbuhan yang terus menerus, perlu dilakukan analisis menyeluruh terhadap kinerja jaringan serat optik di Kampus Universitas Garut. Dengan memahami sejauh mana ketersediaan, kecepatan, dan keandalan jaringan ini, kampus dapat mengidentifikasi area yang memerlukan perhatian lebih lanjut dan merancang strategi perbaikan yang tepat.

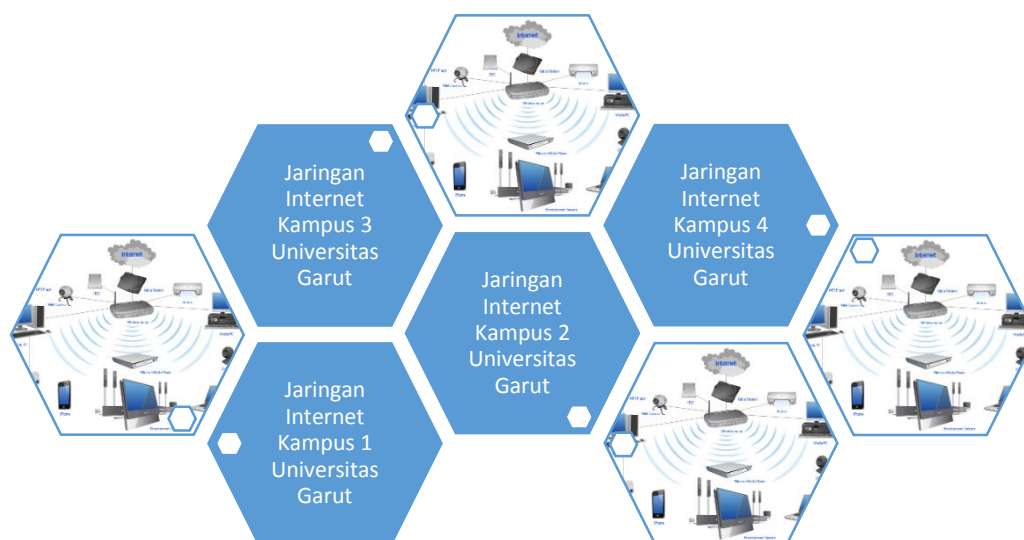
Analisis perancangan jaringan serat optik ini juga sejalan dengan visi Kampus Universitas Garut untuk menjadi pusat pendidikan yang tidak hanya unggul dalam kurikulum akademis tetapi juga dalam penerapan teknologi terkini. Dengan mengevaluasi dan meningkatkan jaringan serat optik, kampus ini dapat memberikan lingkungan belajar yang lebih terhubung, mendukung inovasi, dan mempersiapkan mahasiswa dan staf untuk tantangan teknologi masa depan.

Sebuah studi awal telah menganalisis kelayakan penerapan serat optik dari stasiun Semarang Tawang sebagai asal dan stasiun Surabaya Pasar Turi sebagai tujuan. Hasilnya menunjukkan bahwa rute yang diusulkan layak untuk implementasi lebih lanjut [1]. Oleh karena itu, berdasarkan studi awal ini, penelitian ini telah menganalisis rute yang perlu diimplementasikan di jaringan antar kampus yang tersebar seperti letak geografis Kampus 1, 2, 3 dan 4 di Universitas Garut dan metode titik ke titik yang berbeda untuk penerapan serat optik. Penelitian ini mengajukan titik asal adalah Kampus II yang berada di wilayah Hampor dengan tujuannya adalah Kampus 3 di wilayah Kabupaten Garut. Metode titik ke titik lainnya diperlukan untuk menjadi metode cadangan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi kelayakan dari penerapan serat optik yang lebih luas dengan menganalisis *Power Link Budget* dan *Rise Time*.

2. Metode

2.1. Desain Arsitektur

Pada usulan metode ini kami mengusulkan rute usulan jaringan komunikasi serat optik dari Kampus satu ke Kampus yang terpusat di Universitas Garut. Setelah kami cek untuk kondisi awalnya memiliki desain arsitektur jaringan internet masing-masing di setiap kampus, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 berikut ini:

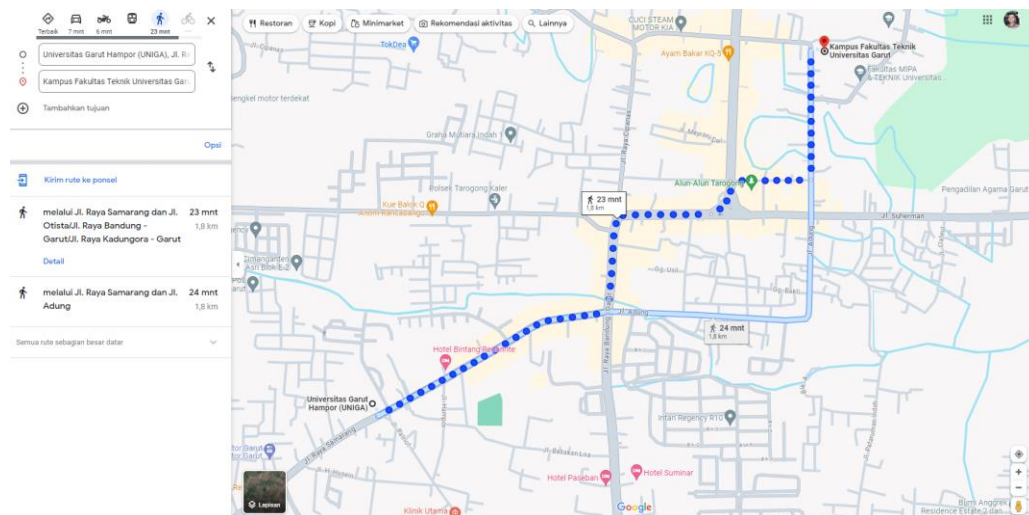


Gambar 1. Kondisi Jaringan Kampus Universitas Garut.

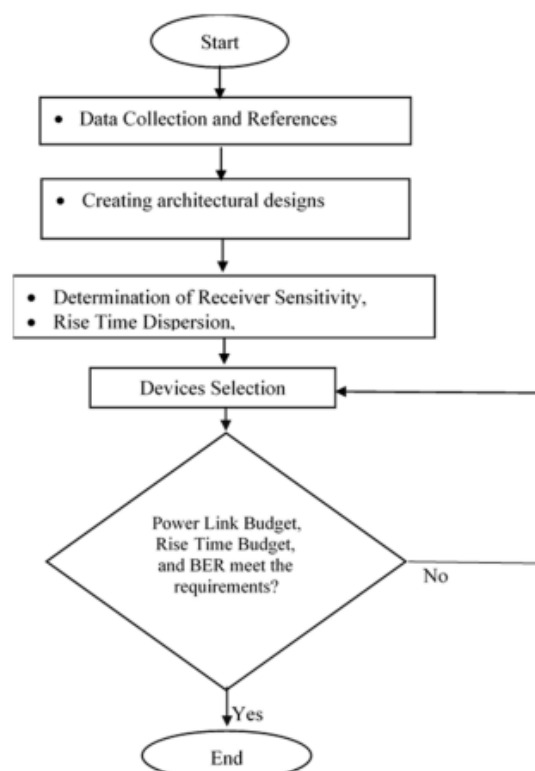
Berikut merupakan kondisi awal arsitektur jaringan internet yang berada di lingkungan Universitas Garut, terlihat masih menggunakan metode yang belum terpusat sehingga akan terjadi ketidaksetaraan akan kualitas jaringan internet di lingkungan Universitas Garut. Maka dari itu, penulis mengusulkan suatu jaringan terpusat agar dapat mempermudah memonitor kualitas suatu jaringan di pusat, sebelum dari itu, penulis akan menganalisa 1 rute jalur agar bisa memumpuni ke semua rute jalur kampus.

Gambar 2 menggambarkan peta lokasi dari Kampus pusat di Kampus 2 Universitas Garut ke Kampus 3 Universitas Garut. Penelitian ini menggunakan aplikasi Google Maps untuk menentukan rute dari Kampus 2 ke berbagai kampus Universitas Garut. Perencanaan jarak antara kampus mencakup 3 titik dari Kampus 2 ke Kampus 1, 3 dan 4 Universitas Garut.

Gambar 3 menunjukkan alur penelitian hingga perancangan rute. Langkah awalnya adalah studi literatur dan memeriksa kebijakan dari program pemerintah yang sudah ada. Setelah menentukan jalur dan parameter yang dipertimbangkan, langkah berikutnya adalah menganalisis rute yang diusulkan.



Gambar 2. Jarak Kampus 2 dan Kampus 3 Universitas Garut.

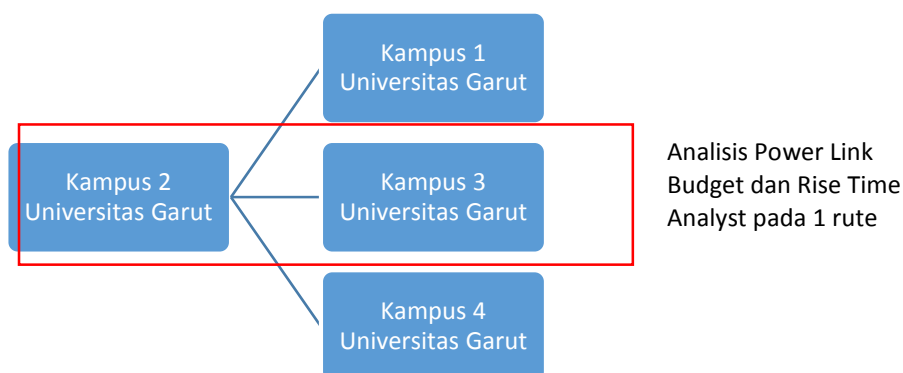


Gambar 3. Flow Penelitian.

Tabel 1 menunjukkan panjang kabel yang diperlukan antara Kampus Universitas Garut. Panjang kabel yang diperlukan adalah jarak antara tautan optik ditambah dengan cadangan kabel sebesar 7% dari jarak tersebut. Penambahan alokasi kabel ini memudahkan proses koneksi ketika kabel terputus masuk ke operasi, mengantisipasi perubahan dalam tata letak transceiver optik akibat perkembangan kampus dan persyaratan tambahan yang mungkin muncul. Total bandwidth untuk 3 stasiun dalam penelitian ini menggunakan 1xSTM-1 (Level 1 Synchronous Transport Module) dengan nilai kapasitas 155,52 Mbps atau setara dengan 63 E1, di mana 1 x E1 adalah 2,048 Mbps [2], [3].

Tabel 1. Jalur Koneksi Fiber Opti kantar Kampus Universitas Garut.

Rute	Titik Awal	Titik Akhir	Jarak (km)	Panjang Kabel (km)
1	Kampus 2 Uniga	Kampus 1 Uniga	1,2	1,284
2		Kampus 3 Uniga	1,6	1,787
3		Kampus 4 Uniga	1,1	1,177



Gambar 4. Rute pengajuan dari Kampus 2 ke Kampus lainnya di Universitas Garut.

Berikut merupakan rute usulan yang diajukan oleh kami, yaitu membuat suatu jaringan internet menggunakan komunikasi jaringan fiber optik yang terpusat, tujuannya untuk dapat membuat jaringan yang terpusat dan memiliki kualitas jaringan yang merata serta termonitor oleh pusat yang membuat sistem informasi yang lebih efektif daripada desain komunikasi awal yang tidak termonitor serta tidak memiliki kualitas jaringan yang merata [4], [5].

2.2. Pemilihan Perangkat

Setelah mendapatkan data lokasi dan desain, langkah berikutnya adalah menentukan jenis dan spesifikasi peralatan yang dibutuhkan. Kabel optik yang dipertimbangkan adalah standar ITU-T G.654.B, yang memiliki karakteristik kehilangan yang rendah dan dapat mencapai jarak 100 km tanpa menggunakan repeater [6]. Perangkat transceiver memiliki daya transmit sebesar 4 dBm. Selain itu, perangkat ini memiliki tingkat sensitivitas yang rendah, yaitu -24 dBm. Detail parameter kabel optik dan parameter perangkat transceiver terdapat pada Tabel II [7], [8].

Tabel 2. Parameter sistem komunikasi fiber optic.

Parameter	Value	Unit
Data Rate	155.52	Mbps
BER	10^{-12}	-
Encoding Signal	NRZ	-
Wavelength	1550	nm
Margin System	8	dB
Connector Attenuation	2	dB/connector
Joint attenuation	0.2	dB/splice
Transceiver Device		
Transmit power	4	dBm
Receiver sensitivity	-24	dBm
Transceiver rise time	28	Ps
Spectral Width (σ_λ)	0.3	nm
Optic Fiber Cable (ITU-T G.654.B)		
Attenuation (α_f)	0.175	dB/km
Chromatic Dispersion (D)	3	ps/nm.km

2.3. Perhitungan *Power Link Budget*

Power Link Budget adalah perhitungan yang penting dalam merancang jaringan serat optik. Ini mengukur perbedaan antara daya yang dikirimkan ke serat optik dan daya yang diterima pada ujung penerima. Berikut adalah contoh lengkap perhitungan *Power Link Budget* untuk jaringan serat optik [9].

Penelitian ini mempertimbangkan analisis *Power Link Budget* untuk memastikan bahwa perangkat penerima dapat menerima daya transmit yang membawa informasi dari pemancar setelah melewati medium serat optik pada jarak tertentu [10]. Persamaan (1) menjelaskan perhitungan total kehilangan daya optik (PT). Variabel-variabel tersebut melibatkan redaman kabel per jarak (α_f) dalam dB/km, panjang kabel (L) dalam km, jumlah sambungan (m), kerugian sambungan (Ls) dalam dB/sambungan, jumlah konektor (n), kerugian konektor (Lc) dalam dB/konektor, dan margin sistem (MS).

$$PT = (\alpha_f \times L) + (m \times L_s) + (n \times L_C) + M_s \quad (1)$$

$$PR = PS + PT \quad (2)$$

Persamaan (2) menjelaskan perhitungan daya yang diterima PR (dBm). Persamaan ini menggunakan dua parameter: total kehilangan daya optik PT (dB) dan daya sumber PS (dBm). Penelitian ini mempertimbangkan analisis anggaran daya link untuk memastikan bahwa perangkat penerima dapat menerima daya transmit yang membawa informasi dari pemancar setelah melewati medium serat optik pada jarak tertentu [9]. Persamaan (1) menjelaskan perhitungan total kehilangan daya optik (PT). Variabel-variabel tersebut melibatkan redaman kabel per jarak (α_f) dalam dB/km, panjang kabel (L) dalam km,

jumlah sambungan (m), kerugian sambungan (Ls) dalam dB/sambungan, jumlah konektor (n), kerugian konektor (Lc) dalam dB/konektor, dan margin sistem (MS).

2.4. Perhitungan *Rise Time Budget*

Rise time analysis adalah teknik yang digunakan dalam elektronika untuk menganalisis kecepatan respon suatu sistem terhadap sinyal input yang berubah secara tiba-tiba. Analisis ini penting dalam mendesain dan memahami kinerja sistem elektronika, terutama dalam konteks respons sistem terhadap sinyal transien [11][12].

Rise Time Analysis merupakan metode untuk menentukan total waktu yang dibutuhkan oleh sistem optik dari kondisi awal ke kondisi mantap [13]. Persamaan (3) adalah formula untuk menentukan Dispersi Kecepatan Grup Waktu Bangkit (tGVD), di mana D adalah Dispersi Kromatik (ps/nm.km) dan L adalah panjang kabel (Km). $\alpha\lambda$ adalah Lebar Spektral (nm).

Selain itu, (4) adalah formula untuk menghitung Total Waktu Bangkit (tsys), di mana komponen perhitungan terdiri dari waktu bangkit pemancar (ttx), waktu bangkit penerima (trx), dan Dispersi Kecepatan Grup Waktu Bangkit (tGVD). Tujuan dari formula dalam (5) adalah menghitung dispersi waktu bangkit maksimum (tMaxsys).

$$tGVD = D \cdot L \cdot \alpha\lambda \quad (3)$$

$$tsys = \sqrt{t_{2tx}^2 + t_{2GVD}^2 + t_{2rx}^2} \quad (4)$$

$$tMaxsys = 70\% (NRZ) / \text{Data rate (bps)} \quad (5)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil *Power Link Budget*

Power link atau link loss budget adalah analisis pertama yang dipertimbangkan dalam analisis penyebaran komunikasi serat optik. Langkah pertama dalam analisis ini adalah mengumpulkan semua parameter dan memasukkannya ke dalam persamaan. Rugi-rugi daya total dapat dihitung dengan menjumlahkan seluruh rugi-rugi seperti rugi-rugi kabel, rugi-rugi penyambungan, dan rugi-rugi konektor [14]. Ini juga mempertimbangkan margin sistem.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Total Power Loss.

<i>Route</i>	<i>Cable Loss (dB)</i>	<i>Splicing Loss</i>	<i>Connector Loss</i>	<i>System Margin</i>	<i>Total Power Losses (dB)</i>
1	0,313	1,577	8	8	17,313

Tabel 3 menyortir hasil perhitungan total rugi-rugi listrik untuk rute. Rute Kampus Pusat dengan Kampus Cabang menunjukkan nilai total power loss 17,313 dB.

Tabel 4. Power Link Budget

<i>Total Power Losses (dB)</i>	<i>Source Power (dBm)</i>	<i>Received Power (dBm)</i>	<i>Sensitivity</i>	<i>Feasibility</i>
17,313	4	-13.68	-24	Yes

Tabel IV menjelaskan kelayakan penerapan dengan membandingkan nilai daya yang diterima dan sensitivitas transceiver. Nilai daya yang diterima diperoleh dengan mengurangi nilai daya sumber dengan total rugi-rugi daya. Perhitungan ini didukung oleh penelitian yang dilakukan [15]. Rute berikut menyumbang nilai daya terima sebesar -13,68 dBm.

Tabel ini menunjukkan bahwa semua nilai daya yang diterima lebih tinggi dari nilai sensitivitas. Oleh karena itu, kami dapat menunjukkan bahwa setiap rute dapat berfungsi untuk jalur komunikasi optik.

3.2. Rise Time Analysis

Rise Time Analysis adalah langkah kedua dari analisis penerapan yang diperoleh dengan mengakar kuadratkan waktu naik pemancar, penerima, dan dispersi kecepatan grup. Tabel V menunjukkan total waktu naik untuk rute tersebut. Hasil dari nilai rise time dari kampus pusat ke kampus cabang sebesar 39.98ps.

Tabel 5. Rise Time Analysis

<i>Route</i>	<i>Tgvd</i>	<i>ttx</i>	<i>trx</i>	<i>tsys</i>	<i>Tmax_sys (ps)</i>	<i>Feasibility</i>
	(ps)	(ps)	(ps)	(ps)	NRZ 155,52 Mbps	
1	16.09	28	28	39.98	4501.03	YES

Dalam analisis ini, kita dapat membandingkan waktu naik total dengan waktu naik maksimum yang diperbolehkan. Dengan demikian, meskipun nilai total rise time penelitian ini lebih besar dibandingkan nilai rise time yang diperoleh dari 45,32 ps lainnya, namun masih lebih kecil dari nilai rise time maksimum yang diperbolehkan [13], [16]. Karena seluruh nilai waktu naik total lebih rendah dari waktu naik maksimum yang diizinkan, hasil ini menunjukkan bahwa semua sambungan serat optik dapat bekerja dengan baik [17].

4. Kesimpulan

Usulan rancangan komunikasi serat optik dari Kampus Pusat Universitas Garut ke Kampus Cabang telah di analisa. Rute yang telah diusulkan dianalisa 1 rute yaitu jaringan Komunikasi Internet Kampus 2 dengan Kampus 3 Universitas Garut. Mengenai analisa *Power Link Budget*, daya yang diterima sebesar -13.68 dBm. Selain itu, berdasarkan analisis anggaran rise time, nilai total rise time sebesar 39.98 ps. Hasil ini

menunjukkan bahwa jalur komunikasi serat optik yang diusulkan layak untuk diterapkan dan dapat bekerja dengan baik. Perhitungan analisa yang telah dilakukan sementara pada 1 Rute komunikasi terlebih dahulu sebagai memiliki dasar perhitungan yang dimiliki bahwa rute yang telah dianalisa dapat diimplementasikan dengan baik.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah memberikan kerja sama yang baik dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] M. M. E. Haqiqi, A. G. Elang Barruna, N. F. Yayienda, R. A. Ajiesastra, and C. Apriono, "Optical Fiber Communication Design and Analysis for A Railway Line," in *Proceeding - 2021 International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics, and Telecommunications: Managing the Impact of Covid-19 Pandemic: Together Facing Challenges Through Electronics and ICTs, ICRAMET 2021*, 2021. doi: 10.1109/ICRAMET53537.2021.9650501.
- [2] B. P. A. Mahatmanto, A. S. Nasution, R. Madina, and C. Apriono, "Design and Analysis of Optical Fiber Network for Railway Communication Lines," in *7th International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering, ICITACEE 2020 - Proceedings*, 2020. doi: 10.1109/ICITACEE50144.2020.9239159.
- [3] K. Zhang and D. Li, *Electromagnetic theory for microwaves and optoelectronics*. 2008. doi: 10.1007/978-3-540-74296-8.
- [4] G. P. Agrawal, *FIBER-OPTIC COMMUNICATION SYSTEMS, Fifth Edition*. 2021. doi: 10.1002/9781119737391.
- [5] L. N. Binh, *Advanced digital optical communications*. 2017. doi: 10.1201/b18128.
- [6] Y. Sagae, T. Matsui, T. Sakamoto, and K. Nakajima, "Ultra-low crosstalk multi-core fiber with standard 125- μm cladding diameter for 10,000km-class long-haul transmission," *IEICE Trans. Commun.*, vol. 103, no. 11, 2020, doi: 10.1587/transcom.2019OBI0001.
- [7] X. Wang, Y. Li, Y. Zhao, C. Lei, H. Zhang, and J. Zhang, "Physical Layer Authentication Based on BER Measurement of Optical Fiber Channel," *IEEE Access*, vol. 8, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2998036.
- [8] J. Wei *et al.*, "All-optical wavelength conversion of a 92-Gb/s 16-QAM signal within the C-band in a single thin-film PPLN waveguide," *Opt. Express*, vol. 30, no. 17, 2022, doi: 10.1364/oe.465382.
- [9] O. Popescu, "Power Budgets for CubeSat Radios to Support Ground Communications and Inter-Satellite Links," *IEEE Access*, vol. 5, 2017, doi: 10.1109/ACCESS.2017.2721948.
- [10] 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, 2022, doi: 10.22373/crc.v6i1.11841.
- [11] A. M. Davis, “Microelectronic circuits,” *Proc. IEEE*, vol. 71, no. 4, 2008, doi: 10.1109/proc.1983.12633.
- [12] M. Zhu *et al.*, “Ultra-wideband fiber-THz-fiber seamless integration communication system toward 6G: architecture, key techniques, and testbed implementation,” *Sci. China Inf. Sci.*, vol. 66, no. 1, 2023, doi: 10.1007/s11432-022-3565-3.
- [13] H. M. Azmi, N. Syadzwin Effendi, F. A. Afrida, F. Adzikri, and C. Apriono, “Optical Fiber Backbone Network Design and Analysis in the Mentawai Islands,” in *2021 International Conference on Green Energy, Computing and Sustainable Technology, GECOST 2021*, 2021. doi: 10.1109/GECOST52368.2021.9538736.
- [14] X. Zhou, L. Li, B. Lu, K. Chen, W. Peng, and Q. Yu, “Effects of the damage layer on connection loss of fiber-optic connectors,” *Opt. Fiber Technol.*, vol. 46, 2018, doi: 10.1016/j.yofte.2018.10.008.
- [15] M. R. Farisan, N. Tri, S. T. Damayanti, and A. P. Satya, “Ciganitri Indah Residence Kabupaten Bandung Analysis and Optimization of Fiber To the Home (Ftth) Network in Ciganitri Indah Residence Housing, Bandung District,” *Proceeding Appl. Sci.*, vol. 6, no. 1, 2020.
- [16] N. Ikhwan, H. Rubiani, N. B. T. A. Ghofur, and Y. Zhu, “Fiber to The Home (FTTH) Network Design Using Gigabit Passive Optical Network (GPON) Technology Using Link Power Budget and *Rise Time Budget* Analysis in Cibeber Village Tasikmalaya,” *Int. J. Quant. Res. Model.*, vol. 4, no. 1, 2023, doi: 10.46336/ijqrm.v4i1.400.
- [17] R. Hui and M. O’sullivan, *Fiber-Optic Measurement Techniques, Second Edition*. 2022. doi: 10.1016/C2020-0-02762-3.