

PERKEMBANGAN TEKNOLOGI PEMANFAATAN FIBER OPTIK DALAM INDUSTRI TELEKOMUNIKASI UNTUK KONEKSI JARINGAN

Wildan Adi Fadila^{1*}, Qurrotul Aini², Farhan Arif Wahyudi³

¹²³Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.
Indonesia

Corresponding Author: adifwildan@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang memiliki jumlah penduduk yang banyak, tidak menutup kemungkinan banyak penduduk Indonesia yang menggunakan internet atau jaringan sebagai alat telekomunikasi. Fiber optik adalah Solusi untuk masalah tentang internet, karena fiber optic merupakan media transmisi yang menggunakan cahaya untuk mengirimkan informasi. Penelitian ini menggunakan study literatur yang dimana membahas tentang Sejarah perkembangan fiber optic dan implementasi dari fiber optik. Dalam studi literatur, tahapan dimulai dengan mengidentifikasi dan mengumpulkan sumber-sumber relevan yang mencakup teori-teori, penelitian sebelumnya, dan informasi terkait tentang topik yang diteliti. Tahapan terakhir adalah menganalisis dan mensintesis informasi dari sumber-sumber tersebut untuk memahami perkembangan, tren, dan aplikasi terbaru, serta mengidentifikasi celah atau area yang perlu diteliti lebih lanjut. Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan implementasi dari fiber optic ini harus memperhatikan beberapa hal agar dapat menjangkau sebuah jaringan yang diinginkan. Penelitian ini penting karena pemahaman mendalam tentang perkembangan dan implementasi fiber optik dapat meningkatkan kualitas dan efisiensi jaringan telekomunikasi di Indonesia, mendukung pertumbuhan ekonomi digital, dan memperluas akses informasi ke masyarakat luas.

Kata Kunci: *Fiber Optik, Telekomunikasi, Jaringan*

ABSTRACT

Indonesia is a country with a large population, making it highly likely that many Indonesians use the internet or networks for communication purposes. Fiber optics is a solution to internet-related issues, as fiber optics is a transmission medium that uses light to send information. This study employs a literature review approach to discuss the history and implementation of fiber optics. The literature review process starts with identifying and gathering relevant sources that include theories, previous research, and information related to the topic. The final stage involves analyzing and synthesizing information from these sources to understand developments, trends, and current applications, as well as identifying gaps or areas needing further research. This research is important because a deep understanding of the development and implementation of fiber optics can enhance the quality and efficiency of telecommunication networks in Indonesia, support digital economic growth, and expand information access to the wider population.

Keywords: *Optical Fiber, Telecommunication, Network*

PENDAHULUAN

Di Indonesia, dengan populasi yang besar, terdapat kebutuhan mendesak akan teknologi yang mendukung komunikasi dan akses internet, terutama untuk jarak jauh seperti antar pulau yang memerlukan sinyal wi-fi atau kuota internet. Faktor penting dalam pengembangan teknologi ini meliputi kualitas sinyal, cakupan area yang luas, waktu akses, keamanan data, dan harga yang terjangkau (Asmara et al., 2019). Penggunaan teknologi ini luas, dari mahasiswa hingga masyarakat umum yang mengaksesnya melalui berbagai perangkat seperti desktop, ponsel, dan tablet, baik di dalam maupun di luar ruangan (Putra et al., 2024). Internet sendiri merupakan jaringan global yang menghubungkan jutaan komputer di seluruh dunia, memfasilitasi pertukaran informasi, komunikasi, dan akses ke layanan online (Wijaya et al., 2024). Untuk memenuhi kebutuhan ini, diperlukan kekuatan sinyal yang stabil, di mana teknologi fiber optic atau kabel optik berperan penting sebagai media transmisi yang efektif dan efisien.

Ilmu pengetahuan sendiri lahir dari keinginan manusia untuk memahami manifestasi dan fenomena alam semesta. Para ilmuwan percaya bahwa sains terdiri dari kumpulan teori yang berkembang dari waktu ke waktu. Kemajuan ilmu pengetahuan terjadi ketika para ilmuwan tidak mempercayai teori-teori tertentu. Sains berupaya mempelajari cara kerja alam seobjektif mungkin, dan metodologi memainkan peran penting dalam revolusi ilmiah. Karena alam tidak bisa berubah dengan cepat, namun cara kita menjelaskan fenomena alam bersifat revolusioner (perubahan cepat). Kita menjelaskan, revolusi ilmiah adalah teori tentang ilmu pengetahuan yang ditemukan dalam satu peristiwa dan akan terus berubah dan berkembang (Kesuma & Hidayat, 2020).

Fiber optik, atau serat optik, adalah media transmisi yang menggunakan cahaya biasanya dari laser atau LED untuk mentransmisikan data. Serat optik ini terbuat dari kaca atau plastik yang sangat halus, dengan diameter sekitar 120 mikrometer. Teknologi ini mampu mentransmisikan sinyal cahaya yang membawa data dalam bentuk informasi digital dengan kecepatan tinggi (Wijaya et al., 2024). Fiber optik telah menjadi salah satu media transmisi yang matang, karena memiliki keunggulan seperti bandwidth besar (25 THz), redaman transmisi rendah, ukuran kecil, dan kekebalan terhadap gangguan elektromagnetik (Asmara et al., 2019). Hal ini menjadikan fiber optik sangat cocok untuk meningkatkan kinerja jaringan internet masyarakat dengan kecepatan tinggi, kapasitas besar, dan keandalan yang tinggi.

Di era moderen dengan teknologi yang super canggih dan mumpuni seperti saat ini perkembangan telekomunikasi berkembang dengan pesat, disebabkan karena angka keturunan dan juga kebutuhan masyarakat yang sangat tinggi akan informasi (Suhika, 2020). Hal ini yang melatar belakangi bahwa harus ada peningkatan dan pengembangan kualitas dari komponen sistem transmisi dengan menghasilkan input kualitas sinyal yang baik, kuat, dapat mencakup daerah yang luas, keamanan data pengguna serta waktu akses, dan harga jual yang relatif terjangkau (Fardani, 2020). Sistem jaringan yang akan digunakan yaitu merupakan jaringan Fiber Optik. Teknologi fiber optik adalah salah satu media transmisi

yang dewasa , didalam kabel fiber optik terdapat serat optik yang nantinya di gunakan untuk sistem telekomunikasi (Tosi, 2018).

Dalam penelitian ini, sudut pandang peneliti berfokus pada bagaimana teknologi fiber optik dapat dioptimalkan untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi jaringan telekomunikasi di Indonesia. Dengan populasi yang besar dan kebutuhan komunikasi yang tinggi, khususnya dalam konteks jarak jauh antar pulau, fiber optik menawarkan solusi dengan keunggulan seperti bandwidth tinggi, redaman rendah, dan ketahanan terhadap interferensi elektromagnetis. Peneliti akan mengeksplorasi berbagai aspek dari teknologi fiber optik, termasuk bagaimana sistem ini dapat diimplementasikan secara efektif untuk memenuhi kebutuhan komunikasi yang luas dan beragam di Indonesia. Penelitian ini juga akan mengkaji tantangan yang mungkin dihadapi dalam penerapan teknologi ini, seperti biaya, cakupan geografis, dan keamanan data, serta mencari solusi yang dapat meningkatkan kinerja dan aksesibilitas jaringan fiber optik. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat memberikan wawasan yang jelas dan aplikatif untuk pengembangan infrastruktur telekomunikasi di masa depan, serta memberikan rekomendasi yang bermanfaat untuk kebijakan dan strategi implementasi teknologi fiber optik di tingkat nasional.

Perkembangan Optik tidak terlepas dari perubahan yang sudah dikemukakan teori lama ke teori baru. Perkembangan ini dimulai dari zaman prasejarah sampai ke zaman optik saat ini . Perkembangan ilmu optik dibahas dalam beberapa periodisasi. Periode I (Zaman Prasejarah (SM) s.d. 1500 M), Periode II (1550 M – 1800 M), Periode III (Periode singkat, 1800 M s.d. 1890 M), dan yang terakhir Perkembangan Optika Periode IV (1887 M s.d. 1925) (Pipi Deswita, 2021). Proses revolusi perkembangan optika ini di maknai sebagai pergantian tatanan yang lama sehingga sejarah dimulai dari periode satu yang dibuktikan dengan penemuan kanta optik yang diperkirakan berumur 2.200 tahun di Baghdad, Irak. Zaman dimana ilmuwan hanya mengemukakan pendapat atau teori yang tidak diikuti dengan pembuktian melalui suatu percobaan disebut zaman prasejarah hingga periode keempat yang memperbarui period abad ke-20 perkembangan ilmu dan rekayasa optik menandai perkembangan yang pesat (Aini, 2020)

Fiber optik dalam bidang telekomunikasi bekerja dengan cara yang relatif sederhana: mikrofon mengubah sinyal suara menjadi sinyal listrik, yang kemudian ditransmisikan sebagai gelombang cahaya melalui serat optik ke penerima. Di penerima, gelombang cahaya diubah kembali menjadi sinyal listrik, yang kemudian dikonversi menjadi gelombang suara (Delano & Astuti, 2019). Proses ini melibatkan modulasi gelombang cahaya untuk mengubah sinyal listrik menjadi cahaya dan sebaliknya. Redaman cahaya bisa terjadi selama transmisi dan penerimaan sepanjang kabel serat optik, terutama pada jarak yang sangat jauh, memerlukan repeater untuk memperkuat sinyal (Paramarta, 2019). Dengan perkembangan pesat jaringan komputer dan internet, kualitas transmisi informasi melalui fiber optik menjadi sangat penting.

Peningkatan permintaan internet dan jarak tempuh yang berbeda dapat menurunkan kualitas koneksi jaringan. Fiber optik memainkan peran besar dalam industri karena penggunaannya yang luas dalam berbagai kegiatan ekonomi dan komersial, yang mencakup

produk dan jasa seperti perbankan, asuransi, transportasi, dan pengiriman (Angkouw et al., 2023). Industri, secara umum, adalah bidang usaha yang menghasilkan keterampilan, teknik, dan produk dengan tujuan memperoleh keuntungan. Pabrik, sebagai tempat produksi, mengelola berbagai sumber daya dalam sistem produksi terpadu untuk menghasilkan produk dan layanan yang efektif, efisien, dan aman. Fiber optik mendukung jaringan dan sistem industri untuk memenuhi kebutuhan koneksi yang handal dan berkualitas tinggi.

Signifikansi penelitian ini terletak pada kemampuannya untuk menjawab tantangan kritis dalam pengembangan dan penerapan teknologi fiber optik di Indonesia, sebuah negara dengan populasi besar dan kebutuhan telekomunikasi yang luas. Dengan memahami dan mengoptimalkan teknologi fiber optik, penelitian ini berpotensi meningkatkan kualitas dan keandalan jaringan telekomunikasi yang esensial untuk mendukung aktivitas ekonomi, pendidikan, dan komunikasi masyarakat. Dalam konteks industri, di mana kecepatan dan kapasitas transmisi data menjadi sangat penting, fiber optik menawarkan solusi yang efisien dan ekonomis. Penelitian ini juga dapat memberikan wawasan tentang pengembangan infrastruktur yang dapat mendukung pertumbuhan digital dan meningkatkan akses informasi di seluruh pelosok negeri, sekaligus mengidentifikasi solusi untuk mengatasi tantangan seperti biaya, cakupan geografis, dan keamanan data. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya relevan untuk pengembangan teknologi telekomunikasi tetapi juga untuk perumusan kebijakan dan strategi yang dapat mempercepat digitalisasi dan meningkatkan daya saing Indonesia dalam era global.

METODE

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan literature review yang membahas implementasi fiber optik dalam industri telekomunikasi dan sejarah perkembangannya. Proses ini melibatkan pencarian dan analisis materi dari berbagai kajian pustaka yang relevan dengan judul dan tema penelitian. Kajian pustaka dilakukan dengan meneliti jurnal-jurnal yang berkaitan dengan fiber optik, industri, serta penggunaan jaringan internet. Metode ini dipilih berdasarkan garis besar permasalahan yang telah ditentukan, sehingga literature review menjadi pilihan yang tepat untuk mengumpulkan data yang diperlukan guna memecahkan permasalahan dengan memanfaatkan media yang ada.

Tahapan dalam Studi Literatur

1. Identifikasi Sumber
2. Seleksi dan Kualifikasi
3. Klasifikasi dan Kategorisasi
4. Analisis dan Sintesis
5. Penulisan dan Penyampaian Temuan

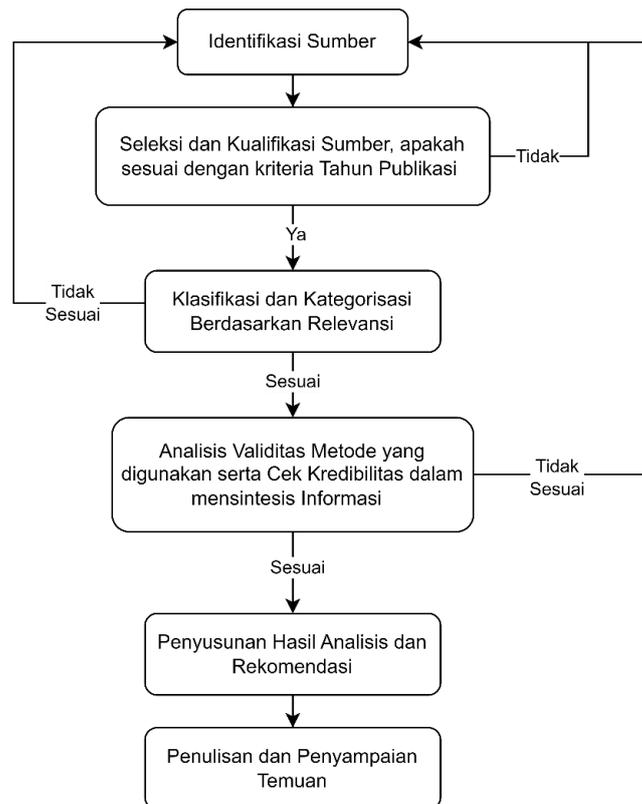
Metode sintesis analisis menggabungkan hasil dari berbagai sumber untuk membangun gambaran menyeluruh tentang implementasi dan perkembangan fiber optik. Langkah pertama adalah mengidentifikasi tema-tema utama dari setiap sumber yang relevan, kemudian mengklasifikasikan informasi untuk memahami kontribusinya terhadap pemahaman keseluruhan. Sintesis dilakukan dengan menyatukan temuan dari berbagai sumber untuk menyoroti konsistensi, perbedaan, dan perkembangan dalam penggunaan fiber

optik dalam industri telekomunikasi. Analisis ini juga mempertimbangkan konteks sejarah dan teknis untuk memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang tren dan aplikasi fiber optik.

Tabel 1. *Kriteria Artikel yang Dianalisis*

No	Kriteria	Keterangan
1	Relevansi	Artikel harus terkait langsung dengan topik fiber optik, aplikasi dalam industri telekomunikasi, dan sejarah teknologinya.
2	Kredibilitas	Artikel harus diterbitkan di jurnal yang terindeks atau di publikasi ilmiah yang diakui, dengan penulis yang memiliki keahlian dalam bidang tersebut
3	Tahun Publikasi	Artikel harus mencakup rentang waktu yang luas, dari tahun 1970 hingga 2019, untuk mendapatkan perspektif historis dan perkembangan terbaru.
4	Kualitas Metodologi	Artikel harus menggunakan metode penelitian yang valid dan andal untuk memastikan bahwa data yang disajikan adalah akurat dan relevan.

Sebanyak 15 dokumen dari tahun 1970 hingga 2019 telah dianalisis dalam penelitian ini. Dokumen-dokumen ini mencakup berbagai aspek terkait fiber optik, mulai dari sejarah perkembangan, aplikasi industri, hingga teknologi terbaru dalam bidang telekomunikasi. Analisis ini memberikan gambaran komprehensif tentang bagaimana fiber optik telah berkembang dan diterapkan dalam industri telekomunikasi selama hampir lima dekade.

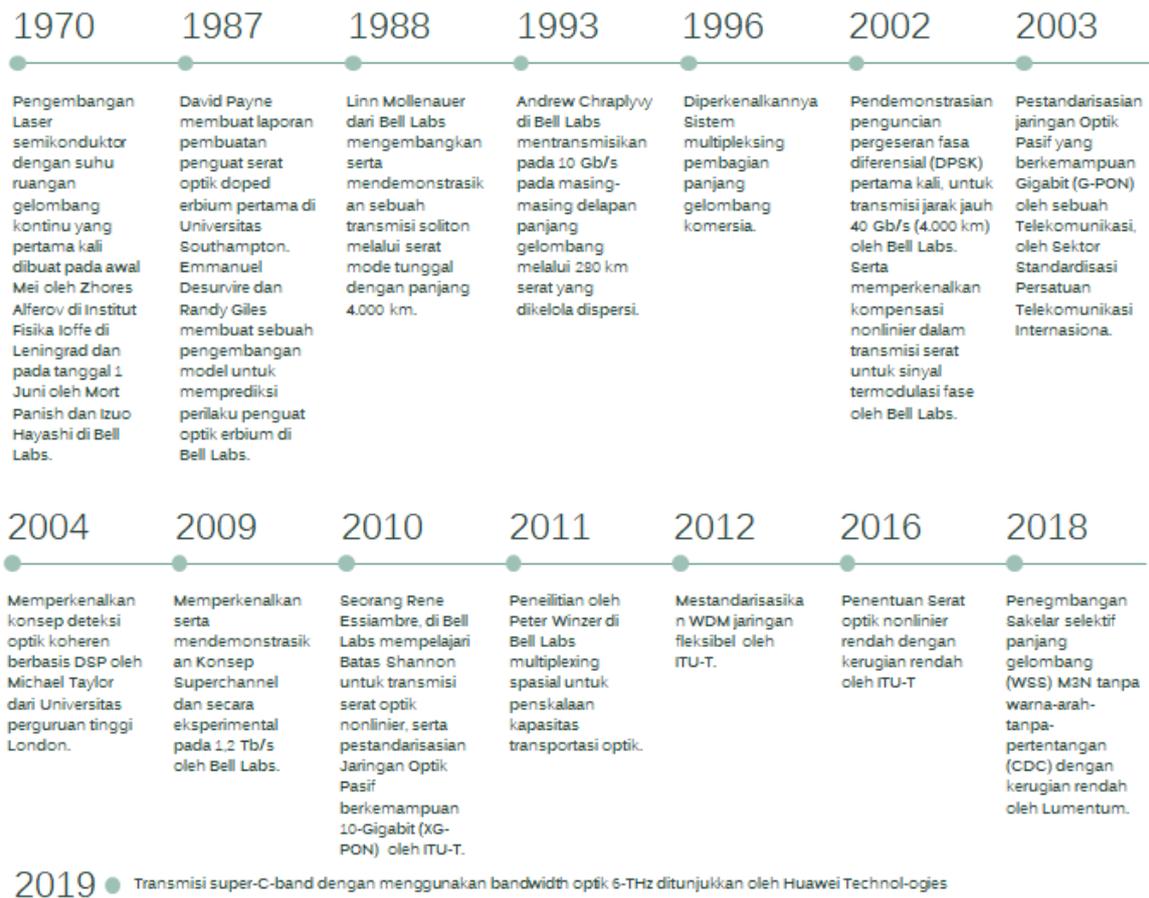


Gambar 1. *Bagan Penelitian*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Seiring dengan berkembangnya teknologi, kebutuhan internet berkecepatan tinggi meningkat, dan fiber optik menjadi pilihan utama karena menggunakan cahaya untuk memancarkan sinyal. Sejarah fiber optik dimulai pada periode IV (1887-1925) dengan penemuan foto listrik dan serat optik dalam bidang optika (Deswita, 2021). Pada 1930-an, ilmuwan Jerman Heinrich Lamm meneliti transmisi cahaya melalui serat optik (Deswita, 2021). Fiber optik mulai digunakan secara praktis untuk komunikasi jarak jauh pada tahun 1966 dengan teknologi laser, yang ditemukan pada tahun 1961 (Ballato, 2020). Perkembangan fiber optik berlanjut hingga kini, menjadikannya sebagai alat utama dalam telekomunikasi jarak jauh.

Sejarah perkembangan fiber Optik



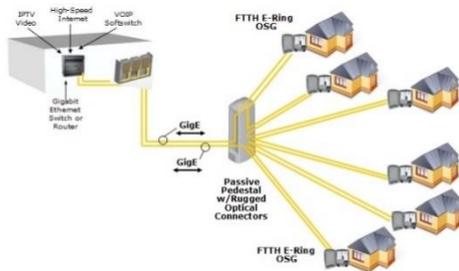
Gambar 2. Sejarah perkembangan fiber Optik

Sejarah perkembangan tersebut dapat diketahui, alur perkembangan atau pengembangan dari teknologi fiber optic (Liu,2019). Hingga saat ini berkembang sangat pesat sebagai jaringan dalam bidang telekomunikasi.

Jaringan fiber optik terdiri dari beberapa bagian, termasuk pengirim yang berfungsi sebagai sumber optik, kanal optik, dan penerima optik (Subhan, 2019). Di dalam fiber optik, terdapat dua jenis sumber cahaya utama: LED dan laser. LED, yang biasanya memiliki kecepatan rata-rata kurang dari 50 Mb/s, berfungsi sebagai sumber cahaya dan pembawa informasi, serta tidak memerlukan rangkaian penstabil optik (Rofii, 2020). LED memiliki banyak keunggulan, termasuk fleksibilitas dan kecepatan yang tinggi. Sebaliknya, laser memiliki spektrum yang sangat sempit, menghindari pecahnya cahaya akibat bias indeks kaca yang lebih tinggi dibandingkan dengan udara (Rahmania, 2019). Kedua sumber cahaya ini berfungsi untuk menghilangkan derau optik dari jaringan fiber optik.

Fiber optik umumnya terbagi menjadi dua jenis: fiber optik jenis tunggal dan ganda. Fiber optik jenis tunggal hanya dapat melewati satu mode karena ukuran intinya yang kecil, sekitar 8-10 μm , dan beda indeks (Δ) yang kecil antara inti dan cladding, yang meningkatkan bandwidth-nya (Rahmania, 2019). Sebaliknya, fiber optik ganda memiliki

diameter sekitar 50-80 μm dan bandwidth yang besar karena banyaknya mode yang dipantulkan (Rahmania, 2019). Fiber optik unggul dibandingkan dengan teknologi wireless karena kabelnya yang tipis dan dapat mentransmisikan sinyal cahaya secara efektif, meskipun teknologi wireless memiliki latensi rendah pada jaringan lokal (Mandar, 2023). Selain itu, fiber optik dapat mengalami fiber losse, yaitu pengiriman informasi yang tidak sesuai dengan data yang dikirimkan, dan redaman yang meningkat seiring bertambahnya jarak antara pengirim dan penerima (Muharor, 2019; Bonok, 2019).



Gambar 3. Contoh dari FTTH
Sumber opticalpatchcable.com



Gambar 4. Contoh dari kabel fiber optik
Sumber [Quora.com](https://www.quora.com)

Implementasi fiber optik memerlukan perhatian pada penentuan titik labuh dengan mempertimbangkan kepadatan penduduk, teledensitas, dan faktor lainnya untuk menciptakan jaringan yang kuat dan cepat (Fachrurrozi, 2019). Fiber optik menggunakan alur cincin untuk menghubungkan pulau-pulau melalui kabel serat optik yang mengitari dan menghubungkan titik labuh di pantai (Nuryanto, 2023). Selain diterapkan di area perumahan dengan sistem Fiber To The Home dan pada koneksi instansi kota (Ramadhan, 2024), fiber optik juga memperhitungkan power budget, termasuk kerugian seperti rugi penyambung, redaman serat, dan rugi konektor (Rahmania, 2024), serta digunakan untuk sensor konsentrasi ion logam seperti timbal (Harmadi, 2020). Migrasi dari teknologi wireless ke fiber optik disebabkan oleh interferensi dan kualitas sinyal yang kurang stabil pada wireless, terutama saat cuaca buruk atau terhalang (Hadi, 2023). Pembangunan jaringan fiber optik melibatkan unit konstruksi untuk memastikan jaringan yang andal dan nyaman, seperti yang dilakukan Dapur Remaja Network di Kota Depok yang mengalami keluhan koneksi internet yang sering putus dan gangguan saat cuaca buruk (Samsul, 2023).

Praktik Nyata Fiber Optik di Lapangan

Fiber optik telah menjadi pilihan utama dalam jaringan telekomunikasi modern karena berbagai keunggulannya dibandingkan teknologi lainnya. Di lapangan, penerapan teknologi fiber optik sangat beragam, mulai dari jaringan internet rumah tangga hingga infrastruktur komunikasi besar. Berikut adalah gambaran umum tentang praktik nyata, kelebihan, dan kekurangan fiber optik berdasarkan penerapannya saat ini:

A. Kelebihan Fiber Optik

1. Kecepatan Transmisi Tinggi

Fiber optik menawarkan kecepatan transmisi data yang sangat tinggi karena menggunakan cahaya sebagai medium, memungkinkan bandwidth besar yang krusial untuk aplikasi seperti streaming video HD dan cloud computing (Kaur, Singh, Tripathi, & Kaur, 2022).

2. Bandwidth Besar

Dengan kemampuan membawa sejumlah besar data secara bersamaan, fiber optik mendukung layanan seperti internet berkecepatan tinggi, televisi kabel, dan telekomunikasi, serta memungkinkan peningkatan kapasitas jaringan tanpa perlu mengganti kabel (Libório, et al., 2020).

3. Redaman dan Interferensi Rendah

Fiber optik memiliki redaman sinyal yang rendah dan tidak terpengaruh oleh interferensi elektromagnetis (Pendão & Silva, 2022). Ini berarti sinyal dapat dikirimkan dalam jarak yang lebih jauh tanpa penurunan kualitas. Redaman yang rendah ini penting untuk menjaga kualitas komunikasi dalam jaringan yang luas.

B. Kekurangan Fiber Optik

1. Biaya Instalasi Tinggi

Meskipun biaya perawatan fiber optik relatif rendah, biaya instalasi awal bisa sangat tinggi. Ini termasuk biaya untuk kabel fiber optik itu sendiri serta perangkat keras dan infrastruktur yang diperlukan untuk mendukungnya (Oki & Lawrence, 2022). Biaya ini bisa menjadi hambatan dalam implementasi di daerah yang kurang berkembang atau untuk aplikasi skala kecil.

2. Kompleksitas Instalasi

Instalasi fiber optik memerlukan keahlian teknis khusus dan peralatan yang canggih. Kesalahan dalam pemasangan dapat menyebabkan peningkatan redaman atau kerusakan permanen pada kabel (Nyarko-Boateng, Xedagbui, Adekoya, & AsubamWeyori, 2020). Proses ini sering memerlukan teknisi yang terlatih untuk memastikan kualitas pemasangan yang tinggi.

C. Contoh Implementasi Fiber Optik

1. FTTH (Fiber To The Home)

Digunakan untuk menyediakan koneksi internet berkecepatan tinggi langsung ke rumah-rumah, memungkinkan pengguna menikmati layanan internet yang cepat dan stabil di lokasi perumahan (Safrianti, Sari, & Yuhana, 2018).

2. Kabel Fiber Optik di Industri

Banyak digunakan untuk menghubungkan berbagai instalasi industri dan perusahaan untuk memastikan komunikasi data yang efisien dan handal (Kaur, Singh, Tripathi, & Kaur, 2022).

Dalam praktik nyata, fiber optik menawarkan keunggulan utama dalam komunikasi data modern, termasuk kecepatan tinggi, bandwidth besar, dan keamanan, meskipun biaya instalasi yang tinggi, kerentanan terhadap kerusakan fisik, dan kompleksitas instalasi menjadi kekurangan yang perlu dipertimbangkan. Teknologi ini harus direncanakan dengan matang untuk memaksimalkan manfaat sambil mengatasi kekurangan tersebut. Dengan perkembangan industri teknologi informasi dan komunikasi yang cepat, kabel serat optik menjadi pilihan utama karena kecepatan dan jarak jangkauannya yang besar. Fiber optik menyediakan bandwidth sangat besar, redaman transmisi minimal, kemudahan dalam penambahan kapasitas, dan tingkat ketersediaan tinggi, menjadikannya solusi untuk

tantangan telekomunikasi seperti peningkatan kanal, penggunaan bandwidth luas, dan masalah komunikasi lainnya (Herwita, 2019; Fardani, 2020).

SIMPULAN

Perkembangan fiber optik yang didapat setelah dilakukannya sebuah tinjauan pustaka dapat diketahui bahwa kabel optik ini merupakan sebuah kabel jaringan mode baru yang terbuat dari serat kaca. Kabel fiber optik sendiri seiring dengan perkembangan zaman teknologi memiliki kecepatan yang sangat besar dalam menyampaikan data atau disebut sebagai transmisi data yang menggunakan cahaya sebagai media transmisi datanya sehingga mendapatkan sebuah akses yang cepat dalam industri jaringan komunikasi. Sehingga jaringan fiber optik yang digunakan dalam perkembangan dunia industri telekomunikasi ini memiliki peningkatan yang sangat mengagumkan yang membuat orang-orang dari industri telekomunikasi mengembangkan transmisi pemanfaatan jaringan fiber optik. Meskipun harga yang dikeluarkan untuk biaya fiber optik ini relative mahal, dan untuk penjagaan kabelnya cukup rumit. Namun demi perkembangan teknologi dalam hal industri telekomunikasi merupakan kebutuhan yang harus dipenuhi dalam hal pemanfaatan yang ada pada koneksi jaringan tersebut.

Penelitian ini terbatas pada literatur tanpa data lapangan, seperti pengukuran performa fiber optik di Indonesia. Fokusnya pada perkembangan umum fiber optik, belum mencakup detail penerapan di berbagai daerah dengan kondisi geografis yang berbeda. Analisis biaya dan kesulitan teknis di daerah terpencil belum dieksplorasi secara menyeluruh. Penelitian mendatang sebaiknya mencakup studi kasus di daerah-daerah terpencil dan terisolasi untuk mengevaluasi efektivitas dan efisiensi biaya dari implementasi fiber optik di lingkungan yang menantang. Analisis mendalam tentang biaya total kepemilikan juga penting, termasuk biaya instalasi, pemeliharaan, dan operasional, untuk memberikan rekomendasi strategis dalam pengembangan jaringan fiber optik. Evaluasi dampak sosial-ekonomi dari peningkatan akses jaringan fiber optik terhadap komunitas lokal dan pertumbuhan ekonomi digital di daerah-daerah tersebut juga harus diperhatikan lebih lanjut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada teman-teman, dosen, dan Tim 13 Agrofisika Pendidikan Fisika Universitas Jember atas dukungan, motivasi, dan saran yang berharga dalam pengerjaan artikel ini. Terima kasih atas kerjasama yang baik dan kontribusi yang signifikan dalam proses penulisan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrulloh, M. F., & Febriansyah, M. (2021). Aplikasi Pengenalan Alat Fiber Optik Menggunakan Augmented Reality. *Spirit*, 13(2), 41–48. <https://doi.org/10.53567/spirit.v13i2.219>
- Ardisasmita, M. (2010). *Dari Bom Sampai Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir*. 45.
- Arianto, N., & Kurniawan, F. (2021). Pengaruh Kualitas Pelayanan dan Promosi Terhadap Loyalitas dengan Kepuasan Sebagai Variabel Intervening (Studi Home Industri Produk Pakaian Sablon & Bordir). *Jurnal Pemasaran Kompetitif*, 4(2), 254.

- <https://doi.org/10.32493/jpkpk.v4i2.9647>
- Ariyanti, S., Slamet, A. S., & Munandar, J. M. (2021). Study of Mobile Operator Readiness Measurement in Indonesia for 5G Technology Deployment. *Buletin Pos Dan Telekomunikasi*, 19(2), 105–118. <https://doi.org/10.17933/bpostel.2021.190203>
- Ballato, J., & Dragic, P. D. (2021). Glass: The carrier of light—Part II—A brief look into the future of optical fiber. *International Journal of Applied Glass Science*, 12(1), 3–24. <https://doi.org/10.1111/ijag.15844>
- Deswita, P., & Saputri, R. H. (2021). Revolusi Saintifik dalam Perkembangan Ilmu Optika. *Natural Science: Jurnal Penelitian Bidang IPA Dan Pendidikan IPA*, 7(2), 138–150.
- Enten, R. A., Purbodiningrat, R., Yudi, I. N., Wijaya, A., Juliana, I. G., & Putra, E. (2024). 3 1,2,3. 6(1), 26–32.
- Fachrurrozi, N. R. (2019). Analisa Kelayakan Capital Budgeting Jaringan Backbone Kabel Serat Optik Palapa Ring Studi Kasus: Palapa Ring Barat. *Jurnal Telekomunikasi Dan Komputer*, 9(2), 87. <https://doi.org/10.22441/incomtech.v9i2.6472>
- Faidlatul Habibah, A., & Irwansyah, I. (2021). Era Masyarakat Informasi sebagai Dampak Media Baru. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, 3(2), 350–363. <https://doi.org/10.47233/jteksis.v3i2.255>
- Fardani, A. S., & Neforawati, I. (2020). Instalasi Kabel Fiber Optic dan Perangkat Switch untuk Layanan Internet Menggunakan Metode CWDM oleh PT. XYZ. *Multinetics*, 5(1), 46–56. <https://doi.org/10.32722/multinetics.v5i1.2787>
- Hadi, S., & Zailani, A. U. (2023). Implementasi Migrasi Jaringan Teknologi Wireless Ke Fiber Optik Metode Epon Studi Kasus Dapur Remaja Network. *Jurnal Informatika MULTI*, 1(4), 379–388.
- Karawang Baru, B., Fatta'ah Ramadhan, A., & Stefanie, A. (2024). Analisis Pembuatan Jaringan Fiber To The Home (FTTH) Di Perum. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, Februari, 2024(3), 261–266. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10637827>
- Kaur, S., Singh, P., Tripathi, V., & Kaur, R. (2022). Recent trends in wireless and optical fiber communication. *Global Transitions Proceedings*, 343-348.
- Libório, M. P., Ekel, P. I., Lyrio, R. d., Bernardes, P., Soares, G. L., & Machado Coelho, T. M. (2020). Expand or Oversize? Planning Internet Access Network in a Demand Growth Scenario. *Journal of Network and Systems Management*, 1820-1838.
- Liu, X. (2019). Evolution of Fiber-Optic Transmission and Networking toward the 5G Era. *IScience*, 22, 489–506. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2019.11.026>
- Lubis, B. H. (2021). Teknologi Smart Grid Untuk Penerapan Demand Side Management: Prospek Masa Depan di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 5, 8092–8100. <https://www.jptam.org/index.php/jptam/article/view/2304%0Ahttps://www.jptam.org/index.php/jptam/article/download/2304/2000>
- M.Aldi, A., Qashlim, A. A., & Multazam, A. emi. (2023). Analisis Kualitas Jaringan Wireless Dan Fiber Optik Menggunakan Metode Quality of Service (Qos). *Journal Peguruang: Conference Series*, 5(2), 789. <https://doi.org/10.35329/jp.v5i2.4429>
- Muhammad Ayyub, N., & Sasongko, D. (2023). Sistem Monitoring Menggunakan The Dude Sebagai Peningkatan Layanan Jaringan Komputer. *Media Online*, 4(1), 350–359. <https://doi.org/10.30865/klik.v4i1.1133>
- Muhammad Ridhwan, & Lela Nurpulaela. (2023). Analisis Penggunaan Jaringan Fiber Optik Di Area Kawasan Bijb Kertajati. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(14), 467–479.
- Muharor, A., Asmara, B. P., & Bonok, Z. (2019). Analisis Pentransmision Fiber Optik Saluran Udara Pada Panjang Gelombang 1310 nm Dari Optical Distribution Point (ODP) – Optical Network Termination (ONT). *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 1(2), 49–54. <https://doi.org/10.37905/jjee.v1i2.2882>
- Mutmainnah, Rofii Imam, Misto, & Azmi Dewi Ulul. (2020). Karakteristik Listrik dan Optik

- pada LED dan Laser (Electrical and Optical Characteristics of LED and Laser). *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 08(02), 1–6.
- Nugroho, E. R., & Nugroho, R. (2022). Perancangan Sistem Komunikasi Kabel Laut (SKKL) Fiber Optik Link Surabaya-Bawean. *Jurnal Ilmiah Giga*, 25(1), 28. <https://doi.org/10.47313/jig.v25i1.1663>
- Nurwigati, H. K. (2023). Bagaimana Cara Kerja Bom Atom. *Kompas.Com*, 1–15. <https://www.kompas.com/sains/read/2023/01/13/080100623/bagaimana-cara-kerja-bom-atom->
- Nyarko-Boateng, O., Xedagbui, F. E., Adekoya, A. F., & AsubamWeyori, B. (2020). Fiber optic deployment challenges and their management in a developing country: A tutorial and case study in Ghana. Wiley, 1-16.
- Oki, O., & Lawrence, M. O. (2022). The Cost-Effectiveness Of Fibre Optic Technology Deployment In Rural Area: A Case Study Of Mdantsane. *Risus - Journal on Innovation and Sustainability*, 111-123.
- Pendão, C., & Silva, I. (2022). Optical Fiber Sensors and Sensing Networks: Overview of the Main Principles and Applications. *sensors*, 1-25.
- Pristiansyah, Pranandita, N., Haritsah Amrullah, M., & Hasdiansah. (2022). Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Jurnal Damarwulan Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(1), 45–49.
- Radianza, J., & Mashabai, I. (2020). Analisa Pengendalian Kualitas Produksi Dengan Menggunakan Metode Seven Tools Quality Di PT. Borsya Cipta Communica. *JITSA Jurnal Industri & Teknologi Samawa*, 1(1), 17–21. <https://jurnal.uts.ac.id/index.php/jitsa/article/view/583>
- Rahayu, A., & Harmadi, H. (2020). Rancang Bangun Alat Ukur Konsentrasi Logam Berat Timbal Berbasis Sensor Serat Optik Evanescent dengan Cladding Kitosan. *Jurnal Fisika Unand*, 9(1), 17–23. <https://doi.org/10.25077/jfu.9.1.17-23.2020>
- Rahmania, R. (2019). Analisis Power Budget Jaringan Komunikasi Serat Optik Di Pt.Telkom Akses Makassar. *Vertex Elektro*, 1(2), 52–64. <https://doi.org/10.26618/jte.v1i2.2400>
- Rahmatulloh, M. A., Hanto, D., Yantidewi, M., Agitta Rianaris, & R.A. Firdaus. (2023). Analisis Redaman Fiber Optik dengan Menggunakan Pemodelan Software Optisystem. *Jurnal Kolaboratif Sains*, 6(7), 630–639. <https://doi.org/10.56338/jks.v6i7.3795>
- Safrianti, E., Sari, L. O., & Yuhana, D. P. (2018). Broadband Network Fiber to the Home (FttH) Design for Improving Performance of Information and Telecommunication Network in Riau University. *International Journal of Electrical, Energy and Power System Engineering (IJEPPSE)*, 1-5.
- Sinaga, J. M. (2022). Implementasi Teknologi Fiber In The Air Untuk Internet Dedicated 60Mbps. *Infotronik: Jurnal Teknologi Informasi Dan Elektronika*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.32897/infotronik.2022.7.1.1163>
- Subhan, A., & Haji, W. H. (2021). Analisa dan Perancangan Sistem Informasi Manajemen Validasi Data Pembangunan Fiber Optik. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 8(6), 1107–1116. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2021862884>
- Suhika, D., Muliawati, T., & Ruwandar, H. (2020). Optimalisasi Rencana Pemasangan Kabel Fiber Optik Di Itera Dengan Algoritma Prim. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 9(1), 86. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v9i1.2597>
- Tosi, D. (2018). Review of chirped fiber bragg grating (CFBG) fiber-optic sensors and their applications. *Sensors (Switzerland)*, 18(7). <https://doi.org/10.3390/s18072147>
- Xie, W.-C. (2012). Applications of Systems of Linear Differential Equations. *Differential Equations for Engineers*, 357–389. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511761683.009>