

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring perkembangan teknologi, internet dapat menggeser perpustakaan sebagai sumber informasi utama karena akses yang mulai mudah didapatkan dan sumber yang lebih banyak [1]. Pemanfaatan internet di dunia pendidikan seperti mengunduh video materi dan artikel menuntut koneksi yang cepat dan stabil. Pertumbuhan pengguna internet di Indonesia juga terus menunjukkan peningkatan signifikan dari tahun ke tahun. Berdasarkan data survei Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII) tahun 2026, jumlah pengguna internet di Indonesia tercatat mencapai sekitar 235 juta jiwa pada tahun 2026, naik dari tahun 2025 yang mencapai sekitar 229 juta jiwa, dan tahun 2024 sekitar 221 juta jiwa . Sejalan dengan pertumbuhan tersebut, tingkat penetrasi internet di Indonesia pada tahun 2026 telah mencapai 81,72%, mengalami kenaikan sebesar 1,06% dibandingkan tahun 2025 yang berada di angka 80,66%, serta meningkat dari tahun 2024 yang tercatat sebesar 79,50% [2].

Maraknya kemunculan aplikasi baru seperti video *conference*, game *online*, dan multimedia menuntut *bandwidth* besar yang dipenuhi oleh teknologi serat optik karena kelebihan dalam kapasitas dan ketahanan terhadap suatu gangguan yang terjadi [3]. Salah satu arsitektur jaringan serat optik yang paling efisien saat ini adalah *Passive Optical Network* (PON). Secara umum, terdapat beberapa jenis teknologi PON yang berkembang di industri telekomunikasi, antara lain *Asynchronous Transfer Mode PON* (APON), *Broadband PON* (BPON), *Gigabit Passive Optical Network* (GPON), dan *Ethernet Passive Optical Network* (EPON) [4].

Di antara berbagai varian tersebut, teknologi EPON dipilih dalam rancangan ini karena memiliki keunggulan utama dalam efisiensi biaya (*low cost*) dan kemudahan integrasi. Berbeda dengan GPON yang memerlukan proses enkapsulasi data yang kompleks melalui metode GEM (*GPON Encapsulation Method*) [4], EPON menggunakan paket Ethernet asli (*native Ethernet frames*). Hal ini membuat struktur datanya jauh lebih sederhana sehingga sangat kompatibel dengan jaringan

berbasis IP yang sudah ada, tanpa memerlukan perangkat konversi tambahan yang mahal. Selain itu, EPON menawarkan kecepatan transmisi simetris sebesar 1,25 Gbps [5], yang sangat ideal untuk mendukung layanan *Triple Play* di area perumahan.

Untuk menjawab tantangan ini, infrastruktur telekomunikasi bertransformasi ke teknologi serat optik melalui jaringan FTTH (*Fiber To The Home*). Teknologi seperti EPON menjadi andalan karena kapasitasnya yang besar. Namun, membangun jaringan ini penuh risiko biaya [6]. Kesalahan kecil dalam desain bisa menyebabkan pembengkakan anggaran. Oleh karena itu, para insinyur kini sangat bergantung pada tahap simulasi (menggunakan alat seperti *Fiber Optic Calculator* atau *Optisystem*) untuk memastikan teknisnya akurat sebelum kabel benar-benar dipasang. Di sisi lain, layanan di atasnya pun berkembang ke arah komunikasi suara berbasis IP (VoIP), yang menuntut keamanan data tanpa mengorbankan kualitas suara [7].

Penelitian ini mengambil studi kasus di Perumahan Cibiru Asri, khususnya pada area RT 03 RW 17. Berdasarkan observasi awal dan wawancara dengan ketua RT setempat, meskipun wilayah ini telah terlayani oleh ISP seperti IndiHome dan Megavision, terdapat kendala infrastruktur fisik yang krusial. Penarikan kabel *Point-to-Point* yang tidak terencana mengakibatkan infrastruktur fisik (redundansi kabel) dan tumpang tindih jalur distribusi, yang berdampak pada sulitnya manajemen pemeliharaan jaringan, serta meningkatkan risiko degradasi sinyal akibat tekanan fisik pada kabel.

Melihat kondisi infrastruktur yang tidak efisien tersebut, penelitian ini menawarkan solusi rancangan ulang jaringan menggunakan teknologi EPON dengan pemilihan topologi *Point to Multipoint* (P2MP). Berbeda dengan topologi *Point-to-Point* (P2P) yang mengharuskan setiap pelanggan memiliki koneksi langsung ke sentral sehingga memerlukan penggunaan kabel serat optik yang jauh lebih banyak. Topologi P2MP menggunakan *splitter* untuk membagi satu jalur serat optik ke banyak pengguna, sehingga model ini dipilih karena terbukti mengurangi jumlah tarikan kabel di tiang [7], sehingga lingkungan menjadi lebih rapi dan kualitas jaringan pun meningkat.

Agar penerapan di lapangan tidak gagal, rancangan ini akan diuji coba menggunakan simulasi *Cisco Packet Tracer*, dan juga penelitian ini terletak pada pendekatan yang menggabungkan tiga pilar utama. Pertama, perancangan jalur dilakukan berbasis geospasial presisi untuk memetakan rute penarikan kabel dan penempatan perangkat (OLT, ODC, ODP) yang melayani 69 *Home Pass* riil di lapangan serta divalidasi melalui perhitungan *Link Power Budget*. Kedua, penerapan manajemen trafik berbasis *Quality of Service* (QoS) metode *Differentiated Services* (DiffServ) dengan segmentasi VLAN untuk mengamankan prioritas pengiriman paket *real-time* layanan Triple Play (suara/VoIP, video, dan data). Ketiga, pengujian performansi jaringan dilakukan melalui skenario pembebanan bergradasi (*Low*, *Medium*, dan *High Traffic* hingga 100% beban puncak 69 ONU aktif) berdasarkan standar TIPHON guna menguji batas keandalan jaringan.

1.2. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu berperan penting sebagai landasan dalam penyusunan tugas akhir. Bagian ini bertujuan untuk meninjau berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya guna menghindari duplikasi, memperkuat orisinalitas, serta menunjukkan posisi dan kebaruan penelitian yang dilakukan saat ini. Melalui kajian terhadap penelitian terdahulu, penulis dapat memahami perkembangan riset yang relevan, menyusun dasar teori dan hipotesis, serta menemukan celah penelitian yang dapat dikembangkan lebih lanjut. Selain itu, bagian ini juga membantu memperkaya bahan kajian dan memberikan gambaran umum mengenai pendekatan maupun metode yang digunakan dalam penelitian sejenis. Rangkuman hasil penelitian terdahulu yang menjadi acuan dalam penyusunan tugas akhir ini dapat dilihat pada Tabel.

Tabel 1.1. Referensi penelitian terdahulu.

No.	Judul	Peneliti	Tahun
1.	Model dan Implementasi Jaringan <i>Fiber to the Home</i> di Desa Arjasari Berbasis <i>Ethernet Passive Optical Network</i> (EPON) [7].	Alwi, Kustiawan, dan Arief.	2023
2.	Analisis <i>Quality of Service</i> (QoS) pada Jaringan Nirkabel di	Wahyudi, Mujiono, Fu'ad.	2022

No.	Judul	Peneliti	Tahun
	Akademi Komunitas Negeri Putra Sang Fajar Blitar Berdasarkan Standar Parameter TIPHON: Studi Kasus Program Studi Administrasi Server dan Jaringan Komputer [8].		
3.	<i>Installation and Activation of a Fiber to the Home (FTTH) Network With The Addition of Optical Distribution Point (ODP) Using the Branching Method</i> [9].	Aprinal, Yustini, dkk.	2023
4.	Perancangan Jaringan Fiber To The Home (Ftth) Pada Wilayah Kelurahan Mustikasari Rt/Rw 004/04 Menggunakan Google Earth Pro [10].	Alfi Syahrin.	2023
5.	<i>Hybrid hierarchical aggregation with semi dynamic optical line terminal distribution algorithms optimization for ethernet passive optical networks</i> [11]	Farouk, Khaled Mohamed, Abdallah Moustafa, Hussein.	2024

Paper [7] menggunakan simulasi *OptiSystem* untuk menguji redaman pada titik-titik krusial seperti OLT, ODC, dan ODP, serta melakukan pengujian QoS jaringan. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa implementasi EPON di wilayah tersebut layak dengan parameter QoS yang baik. Penelitian ini memberikan landasan kuat mengenai penggunaan simulasi untuk validasi QoS.

Paper [8] berfokus pada analisis performansi jaringan menggunakan parameter *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter* dengan mengacu pada standar TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks*). Meskipun objeknya adalah jaringan nirkabel (*wireless*), pendekatan analisis yang digunakan memberikan landasan valid mengenai penggunaan standar TIPHON dalam mengevaluasi kualitas pengiriman data pada jaringan telekomunikasi. Hal ini menjadi rujukan dalam tugas akhir ini untuk menentukan indeks kualitas layanan (*QoS*) pada layanan *Triple Play* di jaringan berbasis EPON.

Paper [9] membahas tentang instalasi dan aktivasi jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) dengan penambahan *Optical Distribution Point* (ODP) menggunakan metode percabangan (*branching*). Fokus utama penelitian ini adalah

menyempurnakan keterbatasan riset sebelumnya dengan mengimplementasikan perangkat *Optical Line Terminal* (OLT) secara riil agar layanan internet dapat diaktivasi langsung hingga ke sisi pelanggan. Dengan menggunakan *passive splitter* rasio 1:4 pada ODP, penelitian ini berhasil mencapai poin inti keberhasilannya yaitu perolehan nilai redaman (*attenuation*) sebesar -28 dB pada saat aktivasi perangkat ONT. Hasil ini dinyatakan sangat efisien karena masih berada di bawah ambang batas maksimal standar redaman, sehingga membuktikan bahwa integrasi perangkat dari OLT hingga ONT melalui metode *branching* tersebut layak dan optimal untuk mendistribusikan layanan broadband.

Paper [10] berfokus pada perancangan jaringan *Fiber to the Home* (FTTH) di wilayah Kelurahan Mustikasari RT/RW 004/04, Kota Bekasi. Fokus utamanya mencakup pembatasan area, pengumpulan data jumlah bangunan, serta penentuan titik lokasi tiang *Optical Distribution Point* (ODP) dan penarikan kabel distribusi yang menghubungkan ke *Optical Distribution Cabinet* (ODC) secara detail agar jaringan internet dapat terdistribusi dengan baik ke rumah warga maupun bangunan pabrik. Untuk melakukan perancangan ini, penelitian menggunakan aplikasi Google Earth Pro dengan memanfaatkan fitur-fitur di dalamnya seperti *polygon*, *path*, dan *placemark* guna menandai wilayah serta mengukur jarak kabel secara akurat. Selain itu, metode penelitian yang digunakan meliputi pembuatan diagram alir (*flowchart*), serta teknik pengumpulan data lapangan melalui observasi langsung, wawancara dengan ketua RT setempat, dan studi kasus dari berbagai referensi literatur. Di sisi lain, kekurangan dari paper ini terletak pada cakupan wilayah perancangannya yang terbilang masih sangat kecil karena hanya mencakup lingkup satu RT saja. Oleh karena itu, penulis menyarankan agar penelitian selanjutnya dapat memperluas cakupan wilayah perancangan hingga skala satu RW atau bahkan satu kelurahan penuh.

Paper [11] berfokus pada optimasi jaringan hibrida serat-nirkabel (Fi-Wi) melalui pengusulan algoritma S-MAAT (*Semi-dynamic Bandwidth Allocation with Hierarchical Frame Aggregation*) yang menggunakan mekanisme lelang untuk alokasi *bandwidth*. Keberhasilan utama penelitian ini adalah kemampuannya menangani trafik data, suara, dan video secara fleksibel pada beban hingga 10 Gbps

dengan efisiensi energi yang tetap terjaga. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan performa yang signifikan, di mana *throughput* meningkat dan latensi menurun masing-masing sebesar 35% untuk data, 30% untuk video, dan 25% untuk suara. Temuan ini membuktikan bahwa kombinasi agregasi bingkai hierarkis dan alokasi semi-dinamis efektif dalam meningkatkan kualitas layanan (QoS) pada jaringan EPON masa depan.

Berdasarkan tinjauan terhadap paper-paper Tabel 1.1., penelitian ini memiliki posisi dan kebaruan dalam mengintegrasikan rancangan secara simulasi atau bahkan fisik dengan analisis layanan. Jika dibandingkan dengan penelitian [7] memberikan landasan mengenai efektivitas teknologi *Ethernet Passive Optical Network* (EPON) dalam mengatasi area *blank spot* di pedesaan, di mana fokus utamanya adalah perbandingan redaman antara simulasi *Optisystem* dan pengukuran titik fisik lapangan. Dalam hal metodologi penilaian kualitas, standar TIPHON menjadi acuan utama sebagaimana yang diterapkan oleh [8] untuk mengklasifikasikan kualitas layanan ke dalam indeks skor tertentu. Jika penelitian tersebut berfokus pada jaringan nirkabel di lingkungan kampus. Penelitian menganalisis penambahan pengguna melalui metode *branching* pada ODP dan memastikan nilai redaman tetap berada di bawah ambang batas standar ITU-T G.948.

Selain itu, solusi inovatif dari [9] mengenai penggunaan *IP Microwave* sebagai alternatif *backbone* saat terjadi gangguan fisik menyoroti pentingnya menjaga kontinuitas persepsi pelanggan terhadap kualitas jaringan. Optimalisasi pada level algoritma yang dibahas oleh [12] menunjukkan bahwa manajemen antrean (*scheduling*) sangat berpengaruh terhadap pengurangan latensi layanan video dan suara hingga 30%.

Berdasarkan tinjauan penelitian terdahulu, sebagian besar literatur masih fokus pada pengembangan infrastruktur fisik, perhitungan *Link Power Budget* untuk memenuhi standar redaman ITU-T, serta simulasi performa jaringan secara umum menggunakan perangkat lunak. Beberapa penelitian lainnya menitik beratkan pada optimasi algoritma alokasi *bandwidth* untuk menekan angka latensi atau solusi pemulihan jaringan darurat menggunakan teknologi hibrida.

Oleh karena itu, kebaruan penelitian ini terletak pada analisis performa layanan *Triple Play* (suara, data, dan video) secara simulasi pada jaringan akses FTTH berbasis EPON. Jika penelitian sebelumnya banyak berhenti pada tahap pemenuhan standar redaman (seperti -28 dB) atau analisis satu jenis trafik, penelitian ini memberikan evaluasi lebih mendalam mengenai bagaimana karakteristik masing-masing layanan, terutama video yang membutuhkan *bandwidth* stabil dan suara yang sensitif terhadap *jitter* dapat berjalan optimal dalam satu infrastruktur yang sama. Hal ini memberikan suatu tambahan berupa layanan dalam menjaga *Quality of Service* (QoS) sesuai standar TIPHON.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan sebelumnya, permasalahan yang menjadi fokus dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana rancangan topologi jaringan FTTH berbasis teknologi EPON yang efisien secara infrastruktur untuk layanan *Triple Play* di Perumahan Cibiru Asri RT 03 RW 17?.
2. Bagaimana kinerja beban trafik jaringan FTTH terhadap parameter QoS (*Delay*, *Jitter*, *Packet Loss*, dan *Throughput*) pada layanan *Triple Play*?

1.4. Tujuan dan Manfaat

1.4.1. Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Rancangan dan mensimulasikan arsitektur jaringan FTTH berbasis teknologi EPON untuk layanan *Triple Play* (Data, Suara dan Video) di Perumahan Cibiru Asri RT 03 RW 17 menggunakan *Cisco Packet Tracer*.
2. Menganalisis hasil kinerja parameter QoS yang meliputi *Delay*, *Jitter*, *Packet Loss*, dan *Throughput* pada layanan *Triple Play* dalam berbagai kondisi trafik dan membandingkan hasil pengukuran QoS dengan standar TIPHON untuk menentukan kelayakan kualitas layanan.

1.4.2. Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat akademik

Berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang Teknik Telekomunikasi, khususnya mengenai penerapan teori teknologi EPON yang diintegrasikan dengan simulasi Cisco Packet Tracer untuk menganalisis parameter *Quality of Service (QoS)* pada layanan *Triple Play*.

2. Manfaat aplikatif

Menyediakan solusi praktis dan infrastruktur biaya rendah untuk meningkatkan kualitas layanan *Triple Play* pada area Perumahan Cibiru Asri RT 03 RW 17.

1.5. Batasan Masalah

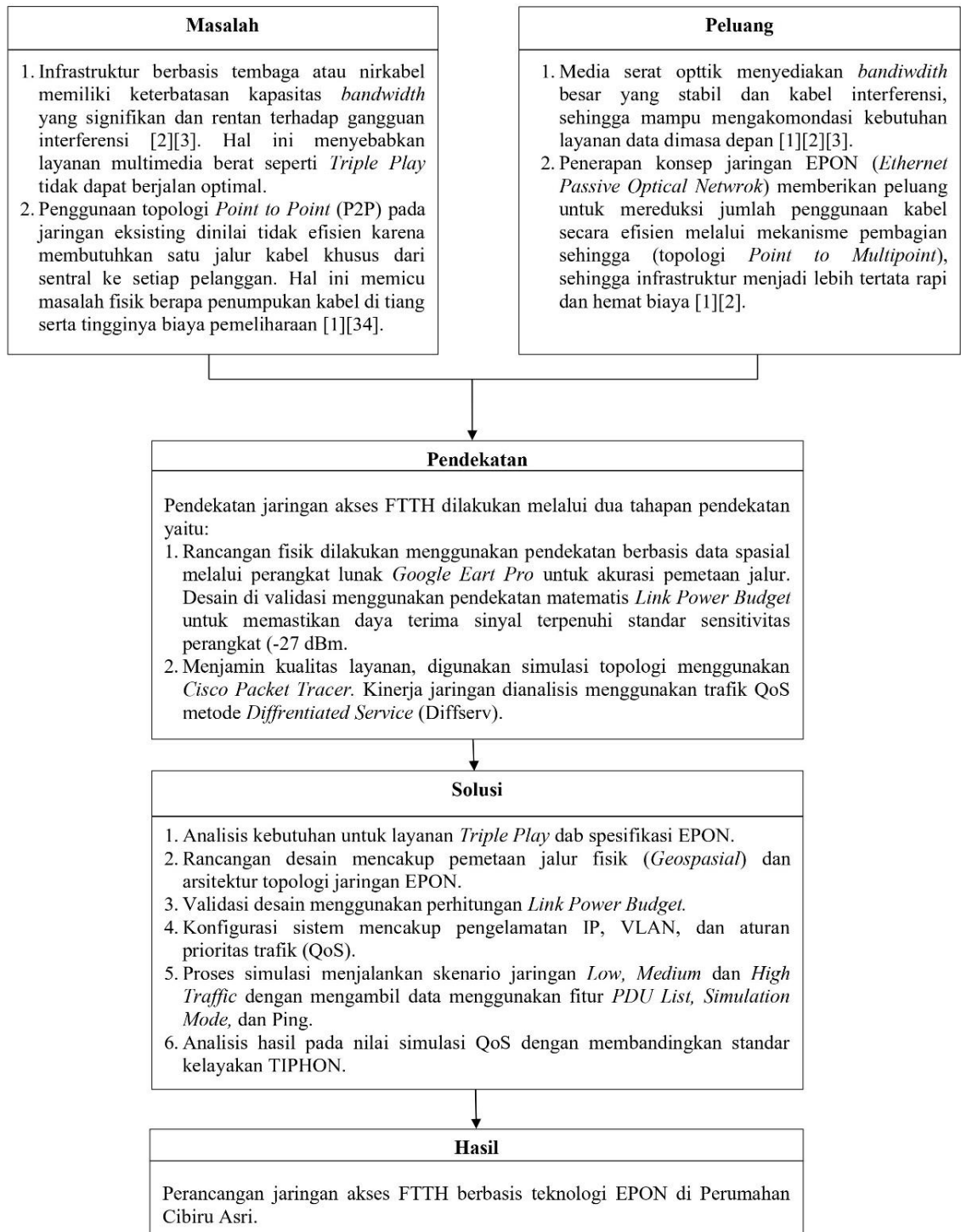
Agar penelitian ini lebih terfokus dan dapat diselesaikan secara efektif sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, maka ruang lingkup penelitian dibatasi pada beberapa hal sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian difokuskan pada pemetaan wilayah di Perumahan Cibiru Asri RT 03 RW 17.
2. Teknologi yang digunakan adalah *Ethernet Passive Optical Network (EPON)* sesuai standar IEEE 802.3ah.
3. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak *Cisco Packet Tracer*.
4. Layanan yang dianalisis adalah *Triple Play* (Data, Suara/VoIP, dan Video).
5. Parameter kinerja yang diukur adalah *Quality of Service (QoS)*: *Delay*, *Jitter*, *Packet Loss*, dan *Throughput*.
6. Standar kelayakan kualitas layanan mengacu pada standar TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks*).
7. Objek penelitian adalah 69 Kepala Keluarga (KK) di Perumahan Cibiru Asri RT 03 RW 17.

1.6. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir penelitian ini dimulai dari identifikasi masalah kebutuhan layanan *Triple Play* yang sensitif terhadap gangguan, kemudian dilanjutkan dengan pendekatan simulasi menggunakan *Cisco Packet Tracer*. Proses ini mencakup rancangan topologi berdasarkan wilayah, pengujian skenario trafik, hingga analisis hasil berdasarkan standar TIPHON untuk menarik kesimpulan kelayakan jaringan dapat dilihat pada Gambar 1.1.





Gambar 1.6. Alur kerangka berpikir penelitian.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan berfungsi sebagai pedoman dalam menyusun dan menyajikan tugas akhir agar memiliki struktur yang runtut, jelas, dan sesuai dengan kaidah penulisan ilmiah. Tugas akhir ini disusun berdasarkan kerangka dan sistematika yang telah ditetapkan, dengan susunan penulisan yang mencakup beberapa bagian utama sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan bagian awal dari penelitian yang menjadi landasan dalam penyusunan proposal. Di dalamnya memuat komponen utama seperti latar belakang, penelitian terdahulu, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, kerangka berpikir, serta sistematika penulisan.

BAB II TEORI DASAR

Memaparkan teori penunjang yang meliputi Jaringan FTTH, Teknologi EPON, Layanan *Triple Play* (VoIP, IPTV, Internet), Parameter QoS, Standar TIPHON, dan simulator *Cisco Packet Tracer*.

BAB III METODOLOGI DAN JADWAL PENELITIAN

Bab ini menguraikan metode yang digunakan dalam melaksanakan penelitian, meliputi tahapan-tahapan yang ditempuh mulai dari studi literatur, perumusan masalah, analisis kebutuhan sistem, rancangan dan implementasi perangkat keras maupun perangkat lunak, integrasi sistem, hingga pengujian dan analisis hasil. Selain itu, bab ini juga memuat jadwal kegiatan penelitian untuk menggambarkan alur kerja yang sistematis.

BAB IV PERANCANGAN DAN KONFIGURASI

Bab ini membahas realisasi perancangan jaringan FTTH berbasis geospasial menggunakan *Google Earth Pro* dengan membandingkan Skenario A dan Skenario B, validasi perhitungan matematis *Link Power Budget* pada titik distribusi terjauh, serta implementasi konfigurasi logis jaringan pada *Cisco Packet Tracer* yang mencakup segmentasi VLAN layanan *Triple Play*, konfigurasi *Inter-VLAN Routing*, DHCP *Pool*, registrasi perangkat VoIP, dan pemodelan skenario gangguan jaringan (*packet loss test*).

BAB V SIMULASI DAN HASIL

Bab ini menyajikan data hasil pengujian dan analisis performansi jaringan melalui simulasi bergradasi (*Low Traffic* 20 ONU, *Medium Traffic* 49 ONU, dan *High Traffic* 69 ONU aktif secara serentak). Evaluasi difokuskan pada empat parameter QoS (*Delay*, *Jitter*, *Packet Loss*, dan *Throughput*) untuk masing-masing layanan *Triple Play* berbasis standar TIPHON, pengujian layanan *video streaming*, pengujian gangguan fisik, serta rekapitulasi performa efektivitas metode DiffServ pada kondisi beban puncak.

BAB VI KEISMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat kesimpulan menyeluruh dari hasil perancangan arsitektur EPON, pencapaian batas kelayakan fisik *Link Power Budget*, dan hasil analisis evaluasi parameter QoS layanan *Triple Play*. Selain itu, bab ini juga menyajikan saran-saran teknis bagi pengembangan dan penelitian lanjutan terkait integrasi simulator optik serta keandalan sistem proteksi jaringan.

