

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang berlangsung pesat saat ini telah menciptakan ekosistem digital yang menuntut ketersediaan infrastruktur telekomunikasi dengan kapasitas sangat besar, kecepatan tinggi, dan tingkat keandalan yang prima. Ledakan data yang disebabkan oleh proliferasi layanan berbasis internet, mulai dari platform streaming definisi ultra-tinggi, aplikasi realitas virtual dan augmented, hingga ekosistem *Internet of Things* (IoT) dan kendali industri jarak jauh (Industry 4.0), telah memberikan tekanan yang belum pernah terjadi sebelumnya pada jaringan komunikasi. Laporan terkini dari *International Telecommunication Union* (ITU) mengindikasikan bahwa lebih dari 5,4 miliar populasi dunia kini terhubung ke internet, dengan pertumbuhan pelanggan broadband tetap rata-rata mencapai 6,7% selama satu dekade terakhir [1]. Fenomena ini tidak hanya meningkatkan permintaan akan bandwidth yang lebih besar, tetapi juga menegaskan kembali keterbatasan spektrum frekuensi nirkabel, sebuah kondisi kritis yang dikenal sebagai *spectrum crunch* [2].

Tren ini juga tercermin dengan jelas di Indonesia, negara dengan populasi lebih dari 270 juta jiwa yang mengalami transformasi digital yang cepat. Menurut data terbaru dari Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII), per Januari 2024, jumlah pengguna internet di Indonesia telah mencapai 215,63 juta jiwa, dengan tingkat penetrasi sebesar 78,19% dari total populasi. Pertumbuhan ini didorong oleh ekspansi infrastruktur jaringan secara masif, di mana PT Telkom Indonesia sebagai penyedia layanan telekomunikasi terbesar memainkan peran krusial dalam pemerataan akses broadband, terutama melalui jaringan serat optik. Di tingkat regional, provinsi Aceh menunjukkan perkembangan yang signifikan. APJII mencatat bahwa jumlah pengguna internet di Aceh telah menembus angka 3,4 juta jiwa, dengan tingkat penetrasi mencapai sekitar 73,5%. Angka ini, meskipun terus meningkat, menunjukkan bahwa masih terdapat segmen populasi yang belum terlayani secara optimal, yang menegaskan kebutuhan akan

perencanaan dan implementasi infrastruktur jaringan yang tepat sasaran, efisien, dan andal di wilayah tersebut.

Dalam menghadapi tantangan ini, teknologi serat optik muncul sebagai solusi utama dan telah menjadi tulang punggung infrastruktur komunikasi broadband modern. Dibandingkan dengan media transmisi tembaga konvensional, serat optik menawarkan keunggulan superior yang signifikan, termasuk kapasitas bandwidth yang hampir tak terbatas, tingkat interferensi yang sangat rendah, jarak jangkauan yang jauh lebih panjang, serta stabilitas transmisi sinyal yang jauh lebih baik terhadap gangguan elektromagnetik [3]. Sifat-sifat unggul ini menjadikan serat optik sebagai media pilihan utama untuk berbagai implementasi, mulai dari jaringan *Backbone* global yang menghubungkan benua, infrastruktur akses internet skala masif, hingga jaringan institusi dan perkantoran yang menuntut keandalan tinggi.

Dalam ranah implementasi jaringan serat optik, terdapat dua arsitektur fundamental yang secara signifikan membedakan pendekatan dalam menyediakan konektivitas: *Point-to-Point* (P2P) dan *Point-to-Multipoint* (P2MP). Arsitektur *Point-to-Point* (P2P) merupakan model konektivitas yang paling sederhana, di mana satu perangkat pengirim (seperti Optical Line Terminal atau OLT) terhubung langsung ke satu perangkat penerima (seperti Optical Network Unit atau ONU) melalui jalur serat optik dedikasi. Model ini secara inheren menawarkan kualitas koneksi yang sangat stabil dan andal, karena seluruh kapasitas jalur transmisi digunakan secara eksklusif oleh satu pengguna tanpa adanya perebutan sumber daya (contention). Hal ini secara langsung menghasilkan performa *Quality of Service* (QoS) yang dapat diprediksi dan mudah dijamin[4]. Namun demikian, keunggulan kinerja ini datang dengan konsekuensi logis: kebutuhan akan perangkat dan infrastruktur seperti kabel serat, transceiver, dan port di perangkat jaringan yang jauh lebih besar, yang seringkali berdampak langsung pada biaya implementasi dan operasional yang secara signifikan lebih tinggi.

Sebaliknya, arsitektur *Point-to-Multipoint* (P2MP) dirancang untuk mengatasi keterbatasan biaya dan skala dari model P2P. Arsitektur ini memungkinkan satu perangkat pusat (OLT) untuk terhubung ke beberapa pengguna (ONU) secara bersamaan melalui sebuah jaringan percabangan yang menggunakan

komponen pasif seperti *splitter* atau *coupler*. Model ini menjadi dasar dari teknologi Passive Optical Network (PON) yang secara luas diadopsi, seperti *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) dan *Ethernet Passive Optical Network* (EPON), untuk layanan Fiber to the Home (FTTH) [3]. Efisiensi biaya instalasi dan pemanfaatan bandwidth yang tinggi menjadikan arsitektur P2MP sebagai pilihan dominan untuk jaringan akses massal. Namun, secara teknis, arsitektur ini menghadirkan tantangan kompleks dalam manajemen sumber daya. Karena bandwidth bersama harus dialokasikan secara dinamis di antara banyak pengguna, terdapat potensi penurunan kualitas layanan ketika lalu lintas trafik meningkat, atau ketika mekanisme alokasi bandwidth tidak berjalan optimal, yang dapat menyebabkan pembagian bandwidth yang tidak merata dan peningkatan *packet delay* [1].

Perbedaan karakteristik intrinsik antara arsitektur P2P dan P2MP ini berdampak langsung pada kinerja jaringan yang dapat diukur secara objektif melalui serangkaian parameter *Quality of Service* (QoS). QoS menjadi kerangka kerja standar untuk mengevaluasi sejauh mana sebuah jaringan mampu memberikan layanan yang optimal sesuai dengan kebutuhan pengguna atau aplikasi. Parameter QoS krusial yang umum digunakan sebagai indikator meliputi *Throughput* (laju data yang berhasil dikirim), delay atau *latency* (waktu yang diperlukan paket data untuk menempuh perjalanan dari sumber ke tujuan), jitter (variasi dalam delay), dan packet loss (persentase paket data yang hilang selama transmisi) [5]. Pengukuran dan analisis parameter-parameter ini menjadi sangat penting untuk mengetahui sejauh mana setiap arsitektur mampu memenuhi persyaratan layanan yang beragam, mulai dari komunikasi data biasa hingga aplikasi sensitif waktu seperti video konferensi atau kendali mesin industri.

Proses evaluasi dan perbandingan kinerja antara arsitektur P2P dan P2MP menjadi semakin kompleks karena tidak ada satu arsitektur pun yang unggul secara mutlak di semua aspek. P2P unggul dalam performa murni, sementara P2MP unggul dalam efisiensi biaya dan skala. Oleh karena itu, diperlukan sebuah metode yang dapat mengakomodasi penilaian multi-kriteria secara sistematis dan objektif. Untuk tujuan ini, penelitian ini mengadopsi metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). AHP adalah sebuah metode pengambilan keputusan yang terstruktur untuk

mengatur dan menganalisis keputusan yang kompleks, berdasarkan matematika dan psikologi [6]. Metode ini memungkinkan penentuan prioritas relatif dari setiap parameter QoS (misalnya, seberapa penting *delay* dibandingkan *Throughput* untuk aplikasi tertentu) melalui proses perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*), sehingga dapat diperoleh sebuah bobot kuantitatif yang mencerminkan tingkat kepentingannya. Dengan menggunakan bobot ini, hasil evaluasi kinerja jaringan menjadi lebih terstruktur dan dapat dipertanggungjawabkan, alih-alih hanya didasarkan pada intuisi semata.

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, terdapat sebuah kebutuhan kritis untuk melakukan suatu penelitian yang komprehensif. Meskipun masing-masing arsitektur P2P dan P2MP telah banyak dipelajari, dan metode AHP telah terbukti efektif di berbagai domain, namun kajian yang secara eksplisit membandingkan kinerja kedua arsitektur jaringan serat optik ini secara kuantitatif dengan menggunakan parameter QoS sebagai kriteria utama dan AHP sebagai kerangka kerja analisis masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan melakukan analisis perbandingan kinerja jaringan fiber optic berbasis arsitektur *Point-to-Point* dan *Point-to-Multipoint* secara mendalam berdasarkan parameter QoS menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), untuk menghasilkan rekomendasi yang sistematis dan berbasis data mengenai arsitektur yang paling optimal untuk berbagai skenario implementasi, yang relevan dengan konteks kebutuhan konektivitas di Indonesia dan khususnya di wilayah Aceh.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja jaringan fiber optic *Point-to-Point* berdasarkan parameter QoS?
2. Bagaimana kinerja jaringan fiber optic *Point-to-Multipoint* berdasarkan parameter QoS?

3. Bagaimana perbandingan performa kedua arsitektur jaringan tersebut berdasarkan parameter QoS?
4. Bagaimana penerapan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)* dalam menentukan prioritas parameter QoS pada kedua arsitektur jaringan?
5. Arsitektur jaringan manakah yang lebih optimal berdasarkan hasil perhitungan AHP?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis performa jaringan fiber optic *Point-to-Point* berdasarkan parameter QoS.
2. Menganalisis performa jaringan fiber optic *Point-to-Multipoint* berdasarkan parameter QoS.
3. Membandingkan kinerja jaringan *Point-to-Point* dan *Point-to-Multipoint* secara kuantitatif.
4. Menerapkan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)* dalam pembobotan parameter QoS.
5. Menentukan arsitektur jaringan yang paling optimal berdasarkan hasil analisis AHP.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah, maka batasan masalah ditetapkan sebagai berikut:

1. Jaringan yang dianalisis terbatas pada arsitektur fiber optic *Point-to-Point* dan *Point-to-Multipoint*.
2. Parameter QoS yang digunakan meliputi: throughput, delay, jitter, packet loss
3. Analisis pembobotan parameter dilakukan menggunakan metode AHP.
4. Pengujian dilakukan pada lingkungan jaringan yang ditentukan peneliti (simulasi/lapangan dapat disesuaikan).
5. Fokus penelitian pada kinerja jaringan data/internet.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Akademis

Sebagai referensi ilmiah dalam bidang jaringan telekomunikasi, khususnya mengenai analisis performa jaringan fiber optic berbasis QoS dan metode AHP.

2. Manfaat Praktis

Memberikan informasi teknis bagi penyedia layanan internet, instansi, dan pihak terkait dalam menentukan arsitektur jaringan yang sesuai kebutuhan.

3. Manfaat Pengembangan Ilmu

Menjadi landasan bagi penelitian lanjutan dalam bidang optimasi kinerja jaringan fiber optic.

4. Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Ruang lingkup penelitian secara umum meliputi:

- a) Studi literatur
- b) Perancangan skema pengujian jaringan
- c) Pengambilan data parameter QoS
- d) Analisis data QoS
- e) Pembobotan AHP
- f) Penarikan Kesimpulan