

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi internet dan perangkat bergerak telah mengubah cara manusia berkomunikasi, bekerja, dan mengakses informasi. Kebutuhan untuk tetap terhubung secara terus menerus (*always on connectivity*) saat berpindah dari satu lokasi ke lokasi lain menjadi sebuah tuntutan standar. Fenomena ini terutama sangat terasa di lingkungan yang dinamis seperti universitas, di mana kegiatan akademik dan sosial sangat bergantung pada konektivitas nirkabel, di mana ribuan mahasiswa, dosen, dan staff bergerak dinamis di antara ruang kelas, perpustakaan, dan area umum lainnya, sambil tetap mengandalkan koneksi jaringan nirkabel (*Wi-Fi*) untuk berbagai aktivitas digital (mulai dari perkuliahan daring melalui Zoom, kolaborasi pada proyek riset, mengakses materi e-learning, hingga komunikasi sehari-hari melalui *Voice over IP* (VoIP) [1].

Penggunaan internet di Indonesia menunjukkan tren peningkatan dalam beberapa tahun terakhir. Berdasarkan data dari Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII), jumlah pengguna internet di Indonesia pada tahun 2024 telah mencapai 221 juta orang dari total populasi 278 juta penduduk pada tahun 2023. Berdasarkan survei penetrasi internet Indonesia 2024 yang dirilis oleh APJII, tingkat penetrasi internet nasional kini mencapai 79,5%. Angka ini mengalami kenaikan sebesar 1,4% dibandingkan dengan periode sebelumnya [2].



Gambar 1.1 Pertumbuhan Tingkat Penetrasi Indonesia

Pada gambar 1.1 menunjukkan diagram lingkaran yang menggambarkan pertumbuhan penetrasi di Indonesia dari tahun 2018-2024. Pada tahun 2018, tingkat penetrasi tercatat sebesar 64,80%, kemudian meningkat menjadi 73,70% pada tahun 2020. Tren kenaikan ini berlanjut pada tahun 2022 dengan angka 77,01%, lalu menjadi 78,19% pada tahun 2023, dan akhirnya mencapai 79,50% pada tahun 2024. Secara keseluruhan, data tersebut menunjukkan adanya tren peningkatan yang konsisten dan signifikan dalam tingkat penetrasi di Indonesia selama lima tahun terakhir. Untuk mendukung mobilitas pengguna di jaringan internet, protokol Internet Protocol version 6 (IPv6) menyediakan sebuah mekanisme standar yang disebut Mobile IPv6 (MIPv6). MIPv6 memungkinkan sebuah perangkat untuk menjaga koneksi dan alamat IP-nya tetap sama meskipun berpindah dari satu jaringan ke jaringan lain. Namun, MIPv6 memiliki kelemahan fundamental pada proses perpindahan jaringan atau handover [3]. Pengguna saat ini mengharapkan transisi yang tidak terputus saat mereka bergerak antar titik akses nirkabel atau yang dikenal sebagai handover [4]. Proses handover pada MIPv6 bersifat reaktif, yang berarti perangkat harus terlebih dahulu kehilangan koneksi dengan jaringan lama sebelum memulai proses koneksi ke jaringan baru. Hal ini menyebabkan jeda waktu (*latency*) yang signifikan, yang dapat mengganggu aplikasi yang sensitif terhadap waktu seperti streaming video, panggilan VoIP, dan online gaming [5].

Sebagai solusi untuk mengatasi tingginya *handover latency* pada MIPv6, dikembangkanlah protokol *Fast Handover for MIPv6* (FMIPv6). FMIPv6 bekerja dengan cara mengantisipasi pergerakan pengguna dan mempersiapkan koneksi ke titik akses baru bahkan sebelum pengguna benar-benar terhubung, sehingga transisi dapat berjalan dengan jauh lebih mulus. Dengan demikian, FMIPv6 mampu mengurangi *latency* secara drastis dan meminimalisir kehilangan paket, sehingga sangat ideal untuk menjaga Kualitas Layanan (*Quality of Service* - QoS). Aplikasi *real-time* sangat sensitif terhadap parameter kinerja jaringan seperti penundaan (*latency*), variasi penundaan (*jitter*), dan kehilangan paket (*packet loss*) yang berlebihan selama proses handover dapat secara signifikan menurunkan Kualitas Layanan (QoS) dan kualitas pengalaman (QoE) pengguna akhir [3].

Namun, muncul tantangan penelitian baru ketika protokol FMIPv6 diterapkan pada skenario ekstrem, seperti di lingkungan kampus dengan tingkat kepadatan dan mobilliltas pengguna yang sangat tinggi. Sebagai contoh mobilitas pengguna tinggi yaitu di mana mahasiswa secara aktif berpindah dari satu gedung ke gedung lainnya, baik dengan berjalan kaki maupun menggunakan kendaraan. Kondisi ini menyebabkan frekuensi handover yang cukup tinggi dalam jaringan. Pergerakan yang cenderung tidak dapat diprediksi ini paling baik disimulasikan menggunakan model mobilitas acak (*random mobility*). Dalam kondisi ini, sifat proaktif dari FMIPv6 yang biasanya menjadi keunggulan justru dapat menjadi kelemahan [6]. Hal ini disebabkan oleh tingginya volume permintaan prediksi handover yang terjadi secara bersamaan, sehingga menimbulkan beban sinyal (*signaling overhead*) yang besar pada *access router*. Akibatnya kinerja jaringan secara keseluruhan dapat menurun.

Penelitian ini bertujuan untuk tidak hanya membuktikan FMIPv6 lebih unggul dari MIPv6, melainkan untuk menganalisis titik kritis (*tipping point*) dari kedua protokol tersebut. Penelitian akan mengidentifikasi pada kondisi spesifik seperti apa FMIPv6 memberikan performa terbaik, dan pada titik ekstrem seperti apa kesederhanaan MIPv6 yang reaktif justru mampu menawarkan stabilitas jaringan yang lebih baik. Kajian ini akan difokuskan pada seberapa besar pengaruh kedua protokol tersebut terhadap kualitas layanan (QoS), yang menjadi salah satu kebutuhan utama di lingkungan akademik modern.

1.2. Rumusan Masalah

Desain topologi FMIPv6 dan implementasinya memerlukan perencanaan arsitektur jaringan yang efisien dan konfigurasi parameter yang tepat, sehingga kemampuan mobile untuk selalu tetap terhubung dengan jaringan dengan tingkat mobilitas yang tinggi harus dapat dilayani oleh suatu teknologi. Maka rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini, yaitu:

1. Mengkaji perbandingan kinerja Kualitas Layanan (QoS) antara protokol FMIPv6 dan MIPv6 pada skenario kepadatan pengguna tinggi dengan pola mobilitas acak.

2. Menganalisis perubahan kinerja kedua protokol pada skenario mobilitas acak di mana sejumlah besar pengguna melakukan perpindahan jaringan secara acak.
3. Mengevaluasi kinerja FMIPv6 dalam simulasi handover jaringan bergerak akan dilakukan untuk menilai efektivitasnya dalam mengelola mobilitas pengguna.

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Sesuai dengan rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengkaji perbandingan kinerja *Quality of Service* (QoS) antara protokol FMIPv6 dan MIPv6 pada skenario mobilitas pengguna yang tinggi dengan pola pergerakan acak, guna mengetahui protokol mana yang lebih unggul dalam menjaga kualitas layanan untuk aplikasi *real-time*.
2. Menganalisis perubahan performa FMIPv6 dan MIPv6 yang merepresentasikan kondisi perpindahan jaringan secara acak oleh banyak pengguna, guna mengukur ketahanan dan adaptivitas protokol terhadap variasi mobilitas.
3. Mengevaluasi efektivitas FMIPv6 dalam proses handover pada jaringan bergerak melalui simulasi, untuk menilai sejauh mana protokol ini mampu meminimalkan *delay*, *packet loss*, dan gangguan layanan selama proses perpindahan jaringan.

1.4. Batasan dan Asumsi Penelitian

Adapun Hal yang akan dilakukan dalam penelitian ini yaitu:

1. Protokol mobilitas yang dianalisis hanya terbatas pada *Mobile IPv6* (MIPv6) dan *Fast Handover for MIPv6* (FMIPv6).
2. Penelitian dilakukan dalam lingkungan simulasi jaringan menggunakan perangkat lunak OMNeT++ versi 6.0.3 dengan *framework* INET versi 4.5.4.
3. Parameter QoS yang diukur secara spesifik adalah *delay*, *packet loss*, dan *throughput*.

1.5. Sistematika Penulisan

Pada bagian ini, sistematika penelitian dipaparkan dengan jelas dan sesuai dengan isi penulisan buku tugas akhir ini.

1. BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan penelitian, dimulai dari latar belakang masalah, perumusan masalah yang akan dijawab, batasan masalah untuk menjaga fokus penelitian, tujuan yang ingin dicapai, serta manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini.

2. BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini membahas landasan teori yang menjadi dasar penelitian. Topik yang dibahas meliputi metrik-metrik Kualitas Layanan (QoS), mekanisme kerja Mobile IPv6 (MIPv6) serta studi dan penelitian terkait sebelumnya.

3. BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan langkah-langkah teknis penelitian secara rinci. Pembahasan diawali dengan diagram alir penelitian, pemilihan tools simulasi (OMNeT++ dan INET Framework) , desain topologi jaringan kampus, perancangan dua skenario simulasi, hingga parameter yang akan dihitung dan prosedur pengumpulan data.

4. BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan seluruh data hasil simulasi dalam bentuk grafik dan tabel, yang disertai dengan pembahasan dan analisis mendalam untuk menjawab setiap rumusan masalah, serta membandingkan hasilnya dengan standar QoS dari TIPHON.

5. BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bagian ini, membahas kesimpulan dari penelitian yang sudah dijelaskan, apakah telah menjawab rumusan masalah yang dirumuskan dan saran untuk penelitian selanjutnya.