

BAB I

USULAN GAGASAN

1.1 Deskripsi Umum Masalah

Perkembangan perangkat seluler dalam beberapa dekade terakhir sangat besar, sebagaimana dibuktikan oleh data yang disajikan dalam Ericsson Mobility Report November 2024 [1]. Menyebutkan bahwa 5G subscriptions telah mencapai 2,1 miliar (diprojeksikan 2,3 miliar di akhir 2024), dan akan mencapai 6,3 miliar pada tahun 2030, yang mencakup 67% dari seluruh pelanggan seluler global. Karena jumlah perangkat seluler yang digunakan terus bertambah dan konektivitas semakin meluas, permintaan konten, khususnya konten video, juga meningkat dengan pesat. Fenomena ini didorong oleh dua faktor utama: pertumbuhan kepemilikan multi-perangkat pada satu pengguna dan pergeseran ke arah pola penggunaan perangkat yang lebih intensif untuk konten berkapasitas tinggi, seperti video 4K.

Peningkatan adopsi perangkat dan layanan video resolusi tinggi, termasuk UHD, telah mendorong lonjakan lalu lintas data global. Laporan Ericsson (2024) menunjukkan bahwa video menyumbang hingga 74% dari seluruh lalu lintas data seluler, menjadikannya kontributor utama terhadap pertumbuhan trafik jaringan yang diproyeksikan mencapai 473 EB/bulan pada tahun 2030 [1]. Tren ini mencerminkan pengaruh perangkat yang semakin besar terhadap evolusi pola lalu lintas jaringan, terutama karena konsumsi video pada perangkat seluler terus berkembang.

Platform seperti YouTube, TikTok, dan Bilibili telah mendorong perkembangan konten berbasis *User-Generated Content* (UGC), yaitu konten yang dihasilkan dan dibagikan langsung oleh pengguna kepada pengguna lainnya. Popularitas UGC terus meningkat seiring waktu, khususnya pada format video pendek (*short video*). Pada tahun 2016, pangsa pasar video pendek tercatat sebesar 19 miliar, dan meningkat secara signifikan menjadi 2.110,3 miliar pada tahun 2021 [2].

Konten digital saat ini cenderung memiliki resolusi tinggi, sejalan dengan munculnya platform berbasis video pendek (*short video*) yang mendukung tren kontemporer. Berdasarkan TikTok Trend Report 2023, salah satu jenis konten dengan pertumbuhan tercepat adalah konten kecantikan, yang mencatat peningkatan sebesar 185% pada periode September 2021 hingga September 2022 [3]. Temuan ini menunjukkan adanya pola permintaan jenis konten tertentu yang sering kali berulang, meskipun dihasilkan dan dikonsumsi oleh pengguna yang berbeda.

Untuk tetap menjaga kualitas layanan dalam konteks peningkatan jumlah perangkat seluler dan permintaan konten yang terus meningkat, maka diperlukan peningkatan bandwidth. Hal ini dapat dicapai dengan meningkatkan kapasitas jaringan secara dramatis [4], seperti server tambahan atau meningkatkan kapasitas infrastruktur jaringan. Namun, pendekatan ini memiliki kelemahan karena memerlukan biaya tinggi dan menimbulkan masalah efisiensi energi, dan oleh karena itu tidak selalu merupakan solusi yang paling efisien, terutama untuk memenuhi permintaan yang meningkat secara signifikan.

Kenaikan signifikan dalam *User-Generated Content* (UGC) dan kebutuhan kecepatan jaringan yang lebih tinggi mengungkapkan keterbatasan 4G, dengan batas kecepatan maksimum sekitar 100 Mbps [5]. Untuk memenuhi kebutuhan kecepatan lebih tinggi dan latensi rendah, 5G menjadi solusi yang tepat. Namun, untuk memaksimalkan potensi 5G, perlu ada strategi distribusi konten yang lebih dekat ke pengguna, seperti melalui base station lokal, yang dapat mengurangi beban pada jaringan inti. Hal ini berpotensi meningkatkan kecepatan akses dan mendukung aplikasi data intensif seperti video 4K, sambil menjaga performa jaringan tetap optimal meskipun terjadi lonjakan trafik data.

1.2 Analisis Masalah

1.2.1 Aspek Sosial

Ketersediaan internet dengan latensi rendah sangat penting untuk teknologi di berbagai bidang seperti pendidikan [6] dan ekonomi digital [7]. Dari aspek sosial, akses yang merata terhadap internet berkualitas tinggi dapat mengurangi kesenjangan sosial dan mempercepat perkembangan masyarakat, terutama di daerah 3T (Terluar, tertinggal, dan terdepan). Tanpa akses yang memadai, kesenjangan dalam peluang pendidikan dan ekonomi digital sehingga memperburuk ketidaksetaraan sosial. Oleh karena itu, upaya untuk meningkatkan akses dan kualitas internet di seluruh wilayah adalah langkah penting dalam menciptakan masyarakat yang lebih adil dan berkembang.

1.2.2 Aspek Keberlanjutan Teknologi

Latensi yang tidak cukup rendah dapat secara signifikan menghambat perkembangan teknologi yang sangat bergantung pada waktu respons cepat, seperti teknologi telekomunikasi, *Internet of Things* (IoT), serta aplikasi berbasis *cloud* dan *real-time* seperti *telemedicine*, kendaraan otonom, dan *augmented reality* (AR) [8].

Latensi yang tinggi menyebabkan transfer data menjadi lambat, yang pada gilirannya mengakibatkan keterlambatan dalam pengambilan keputusan dan pelaksanaan sistem secara keseluruhan.

1.2.3 Aspek Keberlanjutan Ekonomi

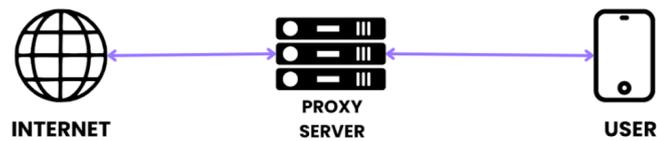
Persaingan antar operator *Internet Service Provider* (ISP) sangat ketat, ditandai dengan berbagai faktor penting yang mempengaruhi keputusan konsumen. Kecepatan dan kualitas layanan menjadi aspek utama, di mana ISP yang mampu menawarkan kualitas koneksi tinggi dan *delay* rendah akan lebih diminati [9]. Dengan semakin meningkatnya konten UGC di berbagai platform digital, kebutuhan akan koneksi internet yang stabil dan responsif menjadi semakin krusial. Delay yang rendah menjadi salah satu faktor utama dalam pemilihan ISP, karena konsumen tidak hanya memperhatikan kecepatan unduh dan unggah, tetapi juga seberapa cepat respons yang mereka terima saat menggunakan layanan *online*.

1.3 Analisis Solusi yang Ada



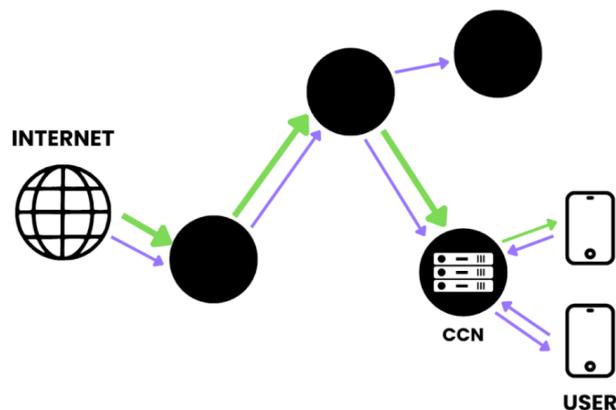
Gambar 1.1 *Content Delivery Network*

Salah satu pendekatan untuk mengatasi masalah kemacetan jaringan dan keterlambatan respons saat mengakses data atau konten adalah dengan menyalin konten dari *server* utama ke *server cache* [10]. *Server cache*, atau sering disebut *edge server*, ditempatkan dekat dengan pengguna. Namun, jika konsumsi daya *caching* menjadi terlalu tinggi, konten yang kurang populer mungkin perlu dihapus untuk menghemat sumber daya. Dalam situasi tersebut, pengguna akan mengambil konten langsung dari *server* CDN sebagai pengganti. Namun, penggunaan CDN memerlukan biaya dan sumber daya yang tidak sedikit. Meskipun CDN dapat mengurangi latensi dengan mendistribusikan konten ke server regional yang lebih dekat dengan pengguna, akses konten dari pengguna ke server tetap bisa menghadapi tantangan terutama jika jarak geografis masih cukup jauh.



Gambar 1.2 *Proxy Server*

Proxy server digunakan untuk menyimpan objek - objek web secara sementara untuk mengurangi beban pada *web server* asli dan mengurangi kemacetan jaringan di Internet [11]. Dengan memanfaatkan fungsi *caching* pada *proxy server*, solusi ini bekerja dengan mekanisme *proxy server* sebagai perantara yang menyimpan permintaan objek-objek dari sumber atau pengguna, seperti halaman web dan konten yang diakses oleh lebih dari satu pengguna. Semua data yang pernah diakses akan disimpan oleh *proxy server* dalam bentuk *cache*. Dengan demikian, jika ada pengguna lain yang ingin mengakses data yang sebelumnya telah diminta, *proxy server* dapat langsung menyediakan data yang telah tersimpan di *cache* lokal tanpa perlu mengirim permintaan ulang ke server asli di internet. Namun, jika data yang diminta tidak ditemukan di *cache* pada *proxy server*, maka *proxy server* akan meneruskan permintaan tersebut ke server asli. Namun, *proxy server* terkadang memiliki *latency* lebih tinggi karena data harus melewati satu atau beberapa *server* yang mungkin tidak berada di lokasi optimal bagi pengguna, sehingga dibutuhkan jaringan yang lebih dekat dengan pengguna.



Gambar 1.3 *Content Centric Networking*

Metode ini merupakan salah satu pendekatan untuk mengatasi tantangan dalam pendistribusian data. *Content-Centric Networking* (CCN) beroperasi dengan pendekatan berbasis konten, di mana pencarian data dilakukan berdasarkan nama konten, bukan berdasarkan lokasi konten (*host-centric*) [12]. Dalam mekanismenya, ketika pengguna meminta suatu konten, CCN akan menyediakan konten tersebut

dari *cache* terdekat. Namun, CCN tidak direkomendasikan untuk digunakan dalam sistem komunikasi seluler karena pendekatannya yang berbeda dalam pengalaman dan pengiriman data. Dimana sistem komunikasi seluler konvensional menggunakan IP (*Internet Protocol*) untuk mengidentifikasi dan mengarahkan paket data berdasarkan alamat IP, sedangkan CCN menggunakan nama konten sebagai dasar utama untuk pengiriman data. Hal ini dapat menyebabkan ketidakcocokan dan tantangan dalam integrasi CCN ke dalam infrastruktur seluler secara luas yang telah menggunakan protokol IP.

1.4 Solusi Terpilih

Salah satu tantangan utama dalam mengoptimalkan kinerja jaringan 5G adalah jarak antara pengguna dan server yang menyediakan konten, yang seringkali jauh. Hal ini menyebabkan peningkatan latensi dan penurunan kualitas layanan. Untuk mengatasi permasalahan ini, solusi yang diusulkan adalah penambahan komponen tambahan berupa server pada infrastruktur jaringan di edge. Server ini akan digunakan untuk sistem *edge caching network*, yang bertujuan untuk menyimpan konten lebih dekat dengan end user. Dengan demikian, waktu pengambilan data dapat dikurangi dan kinerja jaringan secara keseluruhan dapat ditingkatkan.

Apache Traffic Server (ATS) adalah *cache proxy* berkinerja tinggi yang meningkatkan efisiensi jaringan dengan menyimpan data sering diakses di tepi jaringan. Hal ini mempercepat pengiriman konten, mengurangi penggunaan *bandwidth*, dan mendukung perusahaan, ISP, serta internet besar dengan memaksimalkan pemanfaatan *bandwidth*. Dengan mendukung protokol HTTP dan HTTPS, ATS mempercepat waktu respons, dan mengurangi beban server utama. Dirancang untuk menangani lalu lintas besar, ATS menawarkan fleksibilitas tinggi dalam pengembangan, termasuk dukungan aplikasi berskala besar melalui pembagian beban kerja pada beberapa server backend. Dengan tingkat *cache hit ratio* yang tinggi, ATS efektif mengurangi trafik ke *server*, menjadikannya solusi ideal untuk perusahaan, ISP, dan intranet besar.

1.5 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan mengimplementasikan Jaringan 5G menggunakan *Core Network* Open5GS dan GnodeB dari OpenAirInterface.

2. Membandingkan hasil parameter performansi *No Cache* dengan *CLFUS algorithm* dan *LRU Algorithm*.
3. Mendapatkan nilai *RTT* dan *Throughput* terbaik berdasarkan hasil skenario dengan perubahan *Cache Storage*, *Jumlah UE* *Perubahan RPS* dan *Resolusi* pada *Video on Demand*.

1.6 Batasan Tugas Akhir

Untuk membatasi cakupan pengerjaan dan memfokuskan area kerja, dalam penelitian tugas akhir ini dibentuk batasan masalah sebagai berikut:

1. *Edge Caching Technology* yang digunakan adalah *Apache Traffic Server*.
2. Parameter performansi yang digunakan adalah *Throughput*, *RTT*, *Cache Hit Ratio*, *Cache Storage Usage*.
3. Algoritma yang digunakan pada *Apache Traffic Server* adalah *CLFUS* dan *LRU*.
4. Pembuatan solusi dilakukan pada server berbasis *Proxmox*.
5. Teknologi *Core Network* yang digunakan adalah *Open5GS* dan teknologi *Gn-odeB* yang digunakan dari *OpenAirInterface* dengan *User Equipment* menggunakan *OpenAirInterface*.