

BAB 1

USULAN GAGASAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kini setiap orang berupaya untuk dapat mengakses media informasi dengan berbagai cara, salah satunya ialah terkoneksi dengan internet. Perkembangan teknologi mendorong kemudahan akses informasi secara akurat dan aktual. *Cisco Visual Networking Index 2019*[1], telah memprediksi bahwa akan terjadi peningkatan hingga 46 persen penduduk dunia sebagai pengguna telepon genggam pintar yang terkoneksi dengan internet sejak tahun 2017 hingga tahun 2022. Hal tersebut tidak lepas pada peningkatan permintaan konten gambar dan video lebih dari 77 persen data jaringan seluler secara global pada tahun 2021 dengan meninjau data tahun sebelumnya terdapat rata-rata 1 terabyte data diunduh oleh pengguna seluler[1].

Kepadatan lalu lintas pada data seluler masih menjadi hambatan utama dalam kecepatan pengiriman informasi karena adanya peningkatan dari segi jumlah pengguna jaringan komunikasi 4G dan permintaan *bandwidth* untuk konten data. Sedangkan interkoneksi dengan latensi yang rendah dan *bandwidth* yang lebih tinggi merupakan teknologi yang dijanjikan pada jaringan komunikasi 4G ini. *Mobile Edge Caching* (MEC) adalah teknik yang tepat untuk permasalahan ini karena dapat berperan sebagai penyimpanan informasi konten seperti audio, video, dan halaman web di beberapa tepi server didekat *end user* yang berpotensi untuk meningkatkan efisiensi dalam waktu respon kecepatan akses, mendapatkan latensi yang rendah, serta menghemat *bandwidth*[2].

Selama beberapa dekade terakhir, jaringan seluler pun telah berkembang secara signifikan mulai dari generasi pertama 1G ke jaringan generasi keempat 4G LTE-*Advance* yang sudah *all-IP based*. *4th Generation* (4G) merupakan pengembangan dari sistem jaringan seluler sebelumnya yaitu 2G dan 3G dengan rentang frekuensi 5 MHz hingga 20 MHz. LTE memiliki kecepatan *downlink* maksimum sekitar 100

Mbps dan kecepatan *uplink* sekitar 50 Mbps. Dengan data *rate* yang tinggi, 4G dapat mendukung penggunaan pada aplikasi dengan kebutuhan *bandwidth* yang tinggi seperti *game online*, *live streaming* video HD, dan *voice over IP*[3]. Seiring perkembangannya, kapasitas sistem dan kecepatan rata-rata data juga meningkat pesat hingga kini.

Dalam meningkatkan efisiensi dan kinerja pada jaringan khususnya saat transisi ke 4G, perlu adanya pembangunan infrastruktur teknologi untuk mempercepat transformasi digital. Dengan kolaborasi antara vendor perangkat lunak dan perangkat keras telah berhasil menciptakan solusi jaringan dengan nama *Open RAN (Radio Access Network)*. *Open RAN* merupakan teknologi yang mengintegrasikan semua teknologi baik itu 2G, 3G, dan 4G dalam satu sistem server. Tujuan utama dari *Open RAN* adalah untuk membuat antarmuka terbuka sehingga perangkat keras dan perangkat lunak dari vendor yang berbeda dapat beroperasi dan berbicara satu sama lain[4].

1.2 Informasi Pendukung Masalah

Menurut riset yang dilakukan oleh Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII), persentase pengguna internet di Indonesia di tahun 2018 sebesar 64,80% meningkat hingga 77,02% di tahun 2021 yaitu sebanyak 210.026.769 jiwa dari total populasi 272.682.600 jiwa penduduk Indonesia[5]. Peningkatan tersebut tentunya berdampak pada trafik data seluler yang semakin padat oleh permintaan *bandwidth* untuk konten data. Hal ini dibuktikan oleh laporan terbaru yang dipublikasikan oleh Cisco, pada tahun 2022 terjadi peningkatan trafik data seluler sebesar 51% penduduk dunia pada tahun 2022. Berdasarkan laporan tersebut akan terjadi peningkatan trafik data seluler yang diperkirakan hingga mencapai 66 persen penduduk dunia pada tahun 2023[6].

1.3 Analisis Umum

1.3.1 Aspek Sosial

Dengan perkembangan teknologi komunikasi yang semakin maju, tentunya berdampak pada pesatnya pertumbuhan lalu lintas data. Salah satu konten dengan permintaan yang tinggi dari *client* yaitu konten berupa teks, gambar, ataupun video yang merupakan gabungan dari gambar, suara, dan teks. Melalui teknik *caching*, konten dapat disediakan lebih dekat dengan pengguna sehingga permintaan konten tidak perlu melalui *web server* secara terus-menerus.

1.3.2 Aspek Keberlanjutan (*Sustainability*)

Mobile Edge Caching merupakan metode pendekatan penyimpanan konten yang lebih dekat ke pengguna sehingga pengguna tidak perlu lagi untuk meminta konten ke *web server* secara terus menerus. Sehingga *caching* ini akan memberikan layanan dengan keandalan dan stabilitas yang lebih baik yaitu percepatan penyaluran konten kepada pengguna lebih cepat dan latensi yang lebih rendah, sehingga kualitas kepada pengguna akan lebih baik.

1.4 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

1.4.1 Spesifikasi Hardware

Dalam mengembangkan sistem *mobile edge caching* diperlukan perangkat keras berupa USRP B210 dengan dua antena VERT 2450 untuk menganalisis jaringan 4G, modem Quectel RM510Q-GL, dan SIM (*Subscriber Identity Module*) *card* sysmocom. Selain itu, diperlukan laptop untuk membangun dan menjalankan sistem dengan spesifikasi seperti pada Tabel 1. 1 dan Tabel 1. 2.

Tabel 1. 1 Spesifikasi laptop untuk sistem core dan RAN 4G

Spesifikasi	Detail
Type	Lenovo V14 G2 ITL
Processor	11th Gen Intel(R) Core(TM) i3-1115G4
RAM	8 GB
VGA	Nvidia GeForce MX350 2 GB
Memory SSD	256 GB

Tabel 1. 2 Spesifikasi laptop untuk sistem cache

Spesifikasi	Detail
Type	HP Pavilion 14
Processor	AMD Ryzen 5 5500U
RAM	16 GB
VGA	AMD Radeon
Memory SSD	512 GB

1.4.2 Spesifikasi Software

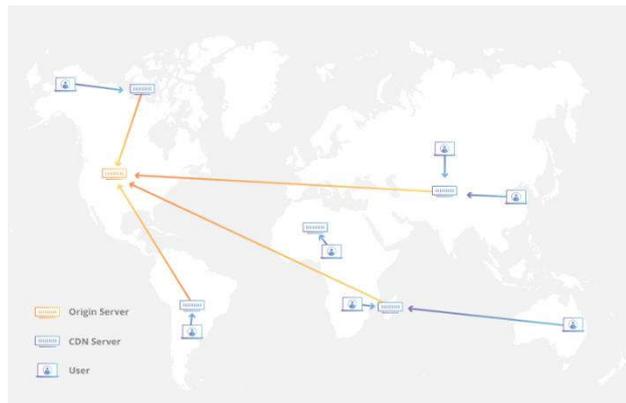
Dalam mengembangkan *mobile edge caching* diperlukan instalasi operasi sistem berupa Linux Ubuntu versi 20.04 dan beberapa aplikasi pendukung lainnya seperti Wireshark untuk menganalisis lalu lintas jaringan, WinSCP untuk transfer file dari windows ke linux, dan PuTTY untuk mengakses server dari jarak jauh. Adapun emulator yang digunakan dalam membangun sistem yaitu srsRAN sebagai emulator radio 4G (eNodeB), Open5GS sebagai implementor *core network* 4G, serta Varnish dan Apache Traffic Server sebagai server *cache*.

1.5 Solusi Sistem yang Diusulkan

Mobile edge caching pada jaringan seluler 4G LTE yang terintegrasi dengan RAN dapat dilakukan dengan beberapa metode berikut:

- *Content Delivery Network (CDN)*

Salah satu metode untuk mengatasi masalah terkait *network congestion* dan keterlambatan respon saat meminta data ataupun konten. Metode ini bekerja dengan melakukan penyalinan konten dari server utama ke server *cache*. Server *cache* atau *edge server* inilah yang akan berada paling dekat dengan *user*, ketika efisiensi daya caching terlalu besar, beberapa konten yang tidak populer mungkin perlu dihapus untuk menghemat energi dan sebagai gantinya pengguna mengambil konten dari server CDN[7]. Ilustrasi Kerja CDN seperti pada Gambar 1. 1.



Gambar 1. 1 Ilustrasi CDN

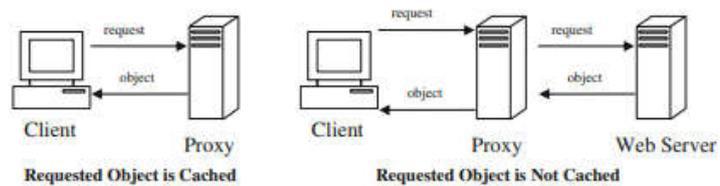
Berdasarkan sistem MEC dari *European Telecommunications Standards Institute (ETSI)* yang digunakan untuk pengiriman konten data yang andal dan efisien secara *real-time*, CDN diperlukan sebagai pelindung dari degradasi servis dan pemadaman layanan[8]. Cache lokal pada CDN digunakan untuk memperkecil trafik pada *Core Network (CN)* dan *backhaul*. MEC akan terus menyediakan sumber daya di tepi jaringan yang cukup agar penerapan distribusi konten *node* CDN efektif mengurangi *cost backhaul* jaringan dan tekanan pada *node* pusat. Secara proaktif MEC

menjalankan *cache* lokal ditepi jaringan, dipicu atau dimulai dari permintaan konten pertama, MEC akan mengunduh semua segmen berikutnya dari CDN. Kemudian semua permintaan konten sudah diunduh pada *cache* lokal. Sehingga semakin besar jumlah *client* yang menggunakan *live content*, maka akan semakin tinggi efisiensi penggunaan metode ini.

Terakhir, pengguna akan memilih resolusi pada kontennya, memilih preferensi sesuai dengan keinginan pengguna, dan kapasitas koneksi atau dapat disebut *client* meminta file segmen tertentu yang sesuai. MEC akan melihat *cache* dan merespon dengan segmen yang meningkatkan *Round Trip Time* (RTT) dan meningkatkan QoS. Proses akan dijalankan saat *streaming* video dimulai dan setiap kali *client* meminta segmen baru.

- *Proxy Server*

Dengan adanya fungsi *caching* pada *proxy* server, solusi ini ditawarkan dengan mekanisme server *proxy* sebagai perantara untuk menyimpan permintaan objek-objek dari sumber atau pengguna berupa halaman web dan konten data yang diminta lebih dari satu pengguna. Semua data yang pernah diakses tersebut nantinya akan disimpan oleh server *proxy* dalam bentuk *cache*. Dengan demikian, jika terdapat pengguna yang ingin mengakses data yang pernah diakses oleh pengguna lain sebelumnya, server *proxy* akan dapat memberikan langsung data yang telah disimpan secara lokal pada *cache proxy* ke pengguna tersebut, tanpa harus meminta ulang ke server aslinya di internet. Namun, jika permintaan tersebut tidak dapat ditemukan dalam *cache* di *proxy* server, maka *proxy* server akan meneruskan permintaan pengguna ke server asli. Ilustrasi *Proxy* seperti pada Gambar 1. 2.

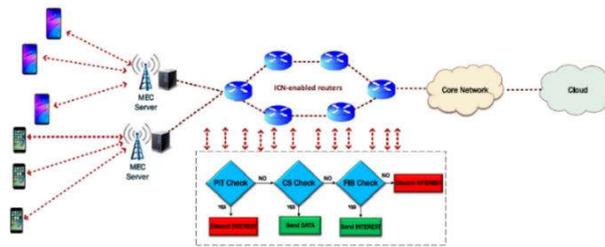


Gambar 1. 2 Ilustrasi *proxy*

Edge caching pada mobile dengan *proxy* server, ditempatkan pada *access point* untuk memanfaatkan jaringan *backbone* berkecepatan tinggi dengan lebih baik dan mengurangi dampak fluktuasi saluran radio[9], dimana pada *proxy* server memerlukan tambahan *open source* lain seperti *squid* agar dapat langsung dihubungkan dengan router dalam sebuah jaringan sehingga jika terjadi permintaan dari sisi *client* maka permintaan tersebut akan melewati router yang sedang terhubung, namun dalam proses ini juga membutuhkan protokol yang berguna dalam menunjang jalannya proses *caching*. Dari sudut pandang pengguna, mekanisme *caching* tersebut secara efektif mengurangi waktu pengiriman segmen dan dengan demikian menghasilkan kualitas rata-rata yang lebih baik.

Dengan hal tersebut, *proxy* server di tepi jaringan dapat mengambil titik akses informasi antara pengguna dengan server, mengevaluasi kinerja pengiriman jaringan sekali saja dan manfaatkannya untuk setiap pengguna. Hal ini sesuai dengan MEC sebagai arsitektur fungsional yang diintegrasikan pada jaringan seluler dengan memungkinkan penyedia layanan internet untuk menyediakan teknologi informasi dan komputasi awan layanan, lebih dekat ke pengguna[10]. Hal tersebut karena MEC terbuka bagi penyedia konten untuk mengembangkan konten dan aplikasi yang dihosting di MEC server. Oleh karena itu, penyedia konten akan menyesuaikan perilaku konten pengiriman ke pengguna akhir dalam jaringan 4G dan melakukan penyebaran *cache* lokal terdistribusi di tepi jaringan secara efisien meminimalkan volume lalu lintas yang melewatinya inti jaringan dan *backhaul*.

- *Content Centric Networking (CCN)*



Gambar 1. 3 Ilustrasi CCN

Metode ini merupakan salah satu solusi mengatasi masalah pendistribusian data. CCN ini sudah berbasis *content centric*, berarti bahwa pencarian data tersebut dilakukan menggunakan nama dari konten, bukan dari lokasi konten (*host centric*). Mekanisme dari metode ini, ketika pengguna meminta sebuah konten, CCN memberikan nama konten untuk pengguna dari *cache* terdekat, melintasi *hop* jaringan lebih sedikit, menghilangkan permintaan berlebihan, dan mengurangi konsumsi sumber daya secara keseluruhan. CCN merupakan salah satu metode konsep yang dikembangkan dari *Information Centric Network (ICN)*[11]. CCN memiliki 3 struktur mekanisme fungsi utama yaitu *Content Store (CS)*, *Pending Interest Table (PIT)*, dan *Forwarding Information Base (FIB)* yang akan bekerja dalam sistem *Mobile Edge Computing* seperti pada Gambar 1. 3 [12].

1.5.1 Karakteristik Produk

Dengan mengacu pada solusi sistem yang diusulkan, terdapat beberapa fitur yang diharapkan dapat mengatasi masalah kepadatan lalu lintas pada data seluler. Untuk mencapai solusi yang diharapkan dan memenuhi kebutuhan serta tujuan yang telah ditetapkan, beberapa karakteristik produk perlu dipertimbangkan. Ini meliputi fitur inti produk yang akan dihasilkan untuk memecahkan masalah, fitur dasar, fitur tambahan, dan sifat solusi yang diharapkan.

1.5.1.1 Fitur Utama

Mampu mempersingkat *request time* serta mengurangi *delay* yang akan diterima oleh UE. Hal ini akan menghasilkan peningkatan kecepatan akses yang memungkinkan waktu permintaan dari pengguna (UE) menjadi lebih singkat. Selain itu, dapat mengurangi latensi bagi pengguna saat meminta konten. Sebagai akibatnya, pengalaman pengguna akan meningkat karena akses yang cepat dan responsif.

1.5.1.2 Fitur Dasar

Sistem dapat digunakan pada dua protokol yaitu HTTP dan HTTPS. Selain itu, diharapkan sistem ini dapat diterapkan pada layanan *Video on Demand* (VoD) baik menggunakan protokol HTTP maupun HTTPS. Dalam hal ini sistem dirancang untuk diimplementasikan secara *in-network* 4G LTE. Dengan menerapkan skema *in-network*, efektivitas kapasitas penyimpanan pengguna dapat ditingkatkan karena sistem *cache* sudah terintegrasi dalam jaringan.

1.5.1.3 Fitur Tambahan

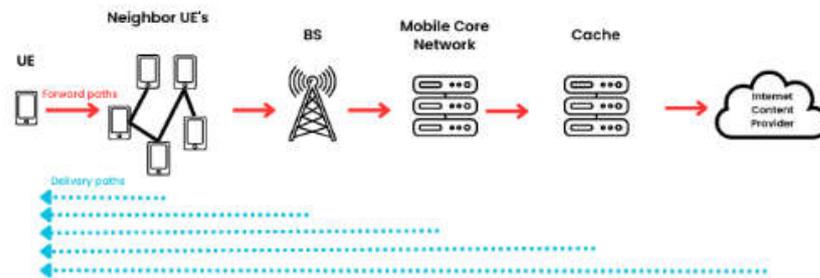
Sistem yang dikembangkan memiliki kemampuan untuk secara otomatis mengatur waktu yang diinginkan untuk melakukan penyimpanan *cache* menggunakan algoritma *Caching Least Recently Used (LRU)*.

1.5.1.4 Sifat Solusi yang diharapkan

Sifat solusi yang diharapkan agar dapat menyelesaikan permasalahan yang ada yaitu dapat mengurangi jarak yang ditempuh data, mengurangi lalu lintas jaringan, serta mengurangi beban penyimpanan pada pengguna.

1.5.2 Skenario Penggunaan

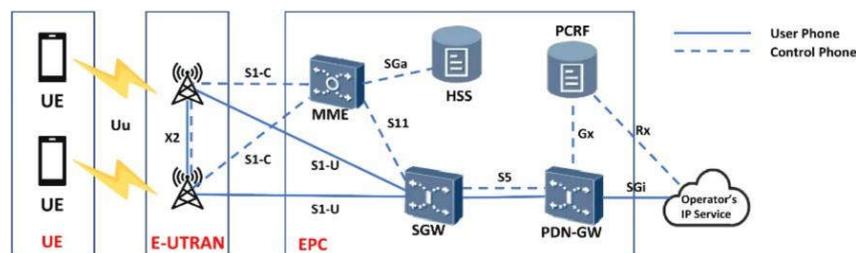
1.5.2.1 Skema Model *Mobile Edge Caching* pada sistem jaringan



Gambar 1. 4 Skema model Mobile Edge Caching

Gambar 1. 4 merupakan *forward path* dan *delivery path* tentang bagaimana konten diminta oleh pengguna ke *base station*, *mobile core network* hingga internet *content provider*. Konten yang sebelumnya diminta oleh pengguna dikirimkan kembali dari internet *content provider* hingga akhirnya sampai kepada pengguna. Oleh karena itu pada topik ini akan berupaya untuk membangun *caching* yang diintegrasikan dengan jaringan 4G LTE sehingga dapat mengurangi trafik di *backhaul*[13].

1.5.2.2 Skema Arsitektur Jaringan 4G



Gambar 1. 5 Arsitektur jaringan 4G LTE

Arsitektur jaringan 4G LTE pada Gambar 1. 5 prinsipnya terbagi menjadi tiga bagian utama yaitu *User Equipment (UE)*, *Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN)*, dan *Evolved Packet Core (EPC)*. eNodeB adalah komponen dalam arsitektur E-UTRAN yang telah menggabungkan fungsi Node B dan RNC. EPC adalah arsitektur jaringan 4G yang terbaru karena telah mengoptimalkan fungsionalitas dari core 4G terbarukan yaitu dengan

menggabungkan *Circuit Switch* (CS) dan *Voice dan Packet Switch* (PS) sehingga dapat menunjang pengiriman data dengan efisien. Arsitektur jaringan 4G EPC terdiri dari *Mobility Management Entity* (MME), *Serving Gateway* (SGW), *Home Subscription Service* (HSS), *Policy and Charging Rules Function* (PCRF), *Packet Data Network Gateway* (PDN-GW)[14].

1.6 Kesimpulan dan Ringkasan CD-1

Peningkatan lalu lintas permintaan konten yang diminta oleh pengguna dari server hingga kembali ke pengguna mengakibatkan durasi waktu yang diperlu lebih lama. Disamping itu, peningkatan durasi waktu mengakibatkan penurunan nilai *throughput* selama proses pengiriman data. Pada masalah ini, memiliki solusi untuk menghadirkan konten lebih dekat dengan pengguna menggunakan teknik *edge caching* dengan beberapa metode yaitu CDN, *Proxy Server*, dan CCN. Pilihan sistem tersebut dibangun dan diintegrasikan dengan jaringan 4G LTE.