

# BAB 1

## USULAN GAGASAN

### 1.1 Deskripsi Umum Masalah

Perkembangan teknologi jaringan internet saat ini berlangsung sangat pesat. Pada awal perancangannya, internet dibangun untuk mendukung komunikasi antar *host*, di mana setiap *host* memiliki alamat IP unik sebagai identitas komunikasi. Namun, seiring dengan evolusi penggunaan internet, pola komunikasi telah bergeser secara signifikan dari model *host-to-host* menjadi model *user-to-content*. Pola baru ini menuntut arsitektur jaringan yang lebih adaptif dan efisien dalam mendistribusikan serta mengakses informasi.

*Named Data Network* (NDN) hadir sebagai salah satu solusi arsitektur jaringan masa depan yang sedang dikembangkan untuk menjawab kebutuhan tersebut. Berbeda dengan arsitektur jaringan tradisional yang bersifat *host-centric*, NDN mengadopsi pendekatan *data-centric* [1]. Dalam NDN, fokus utama komunikasi adalah konten itu sendiri, bukan lokasi dari *host* pengirim maupun penerima. NDN menggunakan nama data sebagai identitas utama dalam proses pengiriman paket, menggantikan alamat *Internet Protocol* (IP). Data yang diminta (konten) dapat disimpan di setiap *node* sepanjang jalur transmisi, memungkinkan adanya *caching* secara terdistribusi di seluruh jaringan [2].

Komunikasi dalam NDN dilakukan melalui dua jenis paket utama, yaitu paket *interest* dan paket *data* [1]. Setiap *node* dalam jaringan NDN terdiri dari tiga komponen penting: *Content Store* (CS) yang berfungsi sebagai memori *cache*, *Forwarding Information Base* (FIB) sebagai panduan pengarah jalur, dan *Pending Interest Table* (PIT) untuk mencatat permintaan data yang sedang berlangsung [2].

Salah satu keunggulan utama dari arsitektur NDN adalah kemampuannya dalam melakukan *caching* konten di tingkat jaringan. Fitur ini tidak hanya mengurangi beban lalu lintas menuju server utama, tetapi juga meningkatkan efisiensi transmisi ulang dan mendukung proses *multicast*. Namun demikian, implementasi *caching* pada NDN juga menimbulkan tantangan tersendiri, terutama terkait dengan pengelolaan memori dan konsumsi energi. Karena fungsi *caching* dilakukan pada hampir setiap *node* dalam jaringan, maka penggunaan memori *cache* menjadi komponen utama yang menyumbang terhadap biaya infrastruktur. Di sisi lain, penyimpanan dan pengelolaan konten secara terus-menerus di dalam *node* menyebabkan meningkatnya konsumsi daya. Efisiensi *caching* yang rendah dapat mengakibatkan

pemborosan *bandwidth* dan energi [2], yang pada akhirnya berdampak pada performa dan keberlanjutan sistem jaringan.

Sebagai respon terhadap permasalahan tersebut, dikembangkanlah pendekatan *Green Named Data Network* (GNDN). GNDN bertujuan untuk mengoptimalkan efisiensi dan keberlanjutan NDN dengan memfokuskan pada strategi penempatan dan penggantian *cache* yang lebih hemat energi. GNDN menjadi solusi potensial untuk menjawab kebutuhan akan sistem jaringan informasi yang cerdas, hemat energi, dan ramah lingkungan.

## 1.2 Analisis Masalah

Dalam merancang solusi pada sistem jaringan, sangat penting untuk melakukan analisis menyeluruh terhadap permasalahan yang ada. Pada konteks ini, *Green Named Data Network* (GNDN) diusulkan sebagai pendekatan untuk mengatasi tantangan energi dan efisiensi dalam implementasi *Named Data Network* (NDN). Seiring meningkatnya penggunaan internet dan volume data yang diakses, konsumsi energi jaringan turut meningkat, sehingga memunculkan kebutuhan akan solusi jaringan yang lebih ramah lingkungan dan efisien. Berikut adalah rincian analisis masalah berdasarkan tiga aspek utama:

### 1.2.1 Aspek Teknis

Aspek Teknis GNDN memanfaatkan *caching* pada setiap *router* untuk menyimpan salinan data, yang bertujuan mengurangi lalu lintas jaringan dan menekan risiko kemacetan. Namun, *router* memiliki kapasitas penyimpanan yang terbatas, sehingga tidak semua konten dapat dipertahankan dalam *cache* [3]. Masalah muncul ketika algoritma *caching* yang digunakan tidak mampu mengakomodasi pola akses konten yang memiliki keterbatasan dalam hal *temporal locality*. Sebagai contoh, ketika data berukuran besar diakses, data tersebut dapat menggantikan isi *cache* yang lebih relevan, mengakibatkan penghapusan konten penting yang masih dibutuhkan. Di samping itu, konten dalam *cache* perlu diperbarui secara berkala agar tetap relevan dan valid, yang memerlukan strategi sinkronisasi yang efisien.

### 1.2.2 Aspek Lingkungan

*Content Store* (CS) dalam jaringan berperan sebagai ruang penyimpanan data sementara. Semakin banyak data yang tersimpan, semakin besar pula konsumsi daya yang diperlukan untuk memproses dan mempertahankan data tersebut [4]. Peningkatan konsumsi daya ini berdampak langsung terhadap emisi karbon yang dihasilkan dari proses pembangkitan energi, terutama bila masih bergantung pada sumber energi berbasis fosil. Dengan demikian, sistem

jaringan yang tidak efisien dapat secara tidak langsung memberikan kontribusi terhadap pemanasan global dan perubahan iklim melalui peningkatan gas rumah kaca seperti CO<sub>2</sub> [4].

### 1.2.3 Aspek Ekonomi

Kendala ekonomi juga menjadi pertimbangan penting dalam penerapan GNDN. Infrastruktur jaringan yang tidak efisien dari sisi energi berpotensi menyebabkan pembengkakan biaya operasional, khususnya untuk penyedia layanan jaringan. Konsumsi energi tinggi untuk mengelola *content store* yang tidak optimal akan membebani anggaran perusahaan [4]. Selain itu, penggunaan perangkat jaringan yang tidak dimanfaatkan secara maksimal menyebabkan investasi pada infrastruktur menjadi kurang produktif, yang dapat menghambat keberlanjutan finansial dari sistem jaringan berskala besar.

Dengan memahami ketiga aspek ini, perancangan sistem GNDN dapat lebih terarah dan fokus dalam menyelesaikan masalah utama yang menghambat efisiensi jaringan, baik dari segi teknis, lingkungan, maupun ekonomi.

## 1.3 Analisis Solusi yang Ada

Penerapan *Named Data Network* (NDN) telah membuka paradigma baru dalam distribusi data yang lebih efisien melalui pendekatan *data-centric*. Namun, meskipun NDN menawarkan mekanisme *in-network caching* yang menjanjikan, masih terdapat beberapa keterbatasan, terutama dalam hal efisiensi energi, manajemen *cache*, dan adaptasi terhadap dinamika jaringan. GNDN kemudian dirancang sebagai solusi yang memperbaiki kelemahan NDN dengan mengintegrasikan pendekatan hemat energi dan strategi cerdas dalam pengambilan keputusan distribusi data. Beberapa strategi utama yang diusulkan dalam GNDN mencakup:

### 1.3.1 Forwarding

Jika dalam NDN strategi *forwarding* masih mengandalkan *interest-based routing* tanpa memperhitungkan efisiensi energi, maka GNDN memperkenalkan *adaptive forwarding*. Pendekatan ini memungkinkan pemilihan jalur berdasarkan parameter seperti latensi, ketersediaan *cache*, dan konsumsi daya, yang berkontribusi terhadap pengurangan beban jaringan dan peningkatan performa.

### 1.3.2 Client Control

GNDN memberikan keleluasaan lebih bagi pengguna dalam menentukan *node* pengambilan konten. Dengan mengetahui posisi *node* terdekat yang memiliki *cache*, pengguna dapat mengakses data lebih cepat dan dengan penggunaan energi yang lebih rendah. Hal ini juga memungkinkan pengaturan prioritas konten yang relevan dengan kebutuhan aplikasi.

### 1.3.3 Strategi *Caching*

Berbeda dengan NDN yang menggunakan metode *Least Recently Used* (LRU) standar, GNDN menggunakan berbagai pendekatan *caching* seperti *probabilistic caching*, *popularity-based caching*, dan *energi-aware caching*. Strategi ini memperhatikan frekuensi permintaan dan prediksi pola trafik untuk menyimpan konten yang relevan di *node* dengan konsumsi daya rendah.

## 1.4 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk merancang dan mengimplementasikan solusi *Green Named Data Network* (GNDN) berbasis arsitektur *Named Data Network* (NDN) guna menjawab permasalahan konsumsi daya yang tinggi dan efisiensi jaringan yang rendah dalam sistem distribusi data modern.

Secara khusus, tugas akhir ini bertujuan untuk:

- 1) Mengembangkan strategi *caching* adaptif dan probabilistik yang mampu mengelola penyimpanan konten secara efisien berdasarkan popularitas data dan kondisi konsumsi energi pada setiap *node* jaringan.
- 2) Mengimplementasikan mekanisme *caching* hemat energi melalui modifikasi terhadap algoritma *caching* yang sudah ada, sehingga dapat mengurangi redundansi data dan meminimalkan beban pada server utama.
- 3) Membangun *framework* simulasi jaringan yang dapat digunakan untuk menguji performa strategi *caching* dalam berbagai skenario lalu lintas data.
- 4) Mengintegrasikan komponen perangkat lunak, model jaringan, dan parameter pengujian dalam lingkungan virtual untuk menghasilkan sistem simulasi GNDN yang dapat digunakan untuk pengujian berulang secara konsisten.
- 5) Mengevaluasi performa strategi *caching* yang dikembangkan dari aspek efisiensi energi.

Dengan tercapainya tujuan-tujuan tersebut, diharapkan sistem yang dibangun dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan solusi jaringan yang efisien, tangguh, dan ramah lingkungan, serta dapat menjadi dasar bagi penelitian lebih lanjut dalam bidang jaringan data masa depan berbasis NDN.

## 1.5 Batasan Tugas Akhir

Tugas akhir ini memiliki beberapa batasan yang ditetapkan untuk memastikan fokus dan keterukuran dalam proses perancangan serta implementasi solusi *Green Named Data Network* (GNDN). Batasan ini ditentukan berdasarkan ruang lingkup pengujian, ketersediaan sumber daya, dan relevansi dengan tujuan utama, yaitu efisiensi energi dalam pengelolaan *cache* pada arsitektur jaringan *Named Data Network* (NDN).

Berikut adalah batasan-batasan yang diterapkan dalam tugas akhir ini:

- 1) Sistem hanya difokuskan pada perancangan dan simulasi strategi *caching* adaptif dan probabilistik dalam lingkungan jaringan virtual menggunakan *Virtual Machine* (VM).
- 2) Pengujian dilakukan dalam skenario jaringan yang telah ditentukan dengan jumlah *node* terbatas, yaitu tidak mewakili kondisi skala besar seperti jaringan internet global.
- 3) Simulasi berfokus pada pengukuran performa dari aspek konsumsi energi, waktu transmisi, *goodput*, *timeout*, retransmisi, dan *Round-Trip Time* (RTT).
- 4) Sistem tidak mencakup implementasi fisik atau *deployment* langsung ke perangkat jaringan nyata, melainkan terbatas pada level simulasi.
- 5) Aspek keamanan jaringan seperti enkripsi, autentikasi, dan kontrol akses tidak menjadi fokus utama dalam tugas akhir ini.
- 6) Evaluasi efisiensi energi hanya mencakup aktivitas *caching* dan pengambilan data, tanpa memperhitungkan konsumsi energi dari aspek non-operasional seperti pendinginan perangkat atau konsumsi energi *idle node*.

Dengan adanya batasan ini, diharapkan proses pengembangan dan pengujian GNDN dapat dilakukan secara terfokus dan menghasilkan data yang relevan sesuai dengan tujuan utama tugas akhir.