

BAB 1

USULAN GAGASAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Smart grid adalah infrastruktur jaringan modern yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, keandalan, keamanan, serta mengintegrasikan sumber energi alternatif dan terbarukan secara lancar, melalui kontrol otomatis dan teknologi transmisi komunikasi modern [1]. *Smart grid* ini diharapkan dapat mengintegrasikan semua aspek yang ada dalam tenaga listrik [2]. Saat ini, jaringan listrik di bidang *smart grid* biasanya dibangun menggunakan jaringan pribadi, tetapi untuk pengendalian biaya menggunakan *bandwidth* khusus dan seringkali tidak terlalu besar. Selain itu, karena jumlah *nobande* pemantauan area luas meningkat, jaringan informasi energi yang ada secara bertahap menjadi tidak dapat memenuhi persyaratan sistem. Pada saat yang sama, tekanan pada *bandwidth* dari sejumlah besar data juga mempengaruhi peningkatan latensi [3]. Meningkatkan *bandwidth*/kapasitas memerlukan biaya tambahan dan bukan merupakan solusi yang baik untuk kemacetan sementara [4]. *Smart grid* memiliki permintaan yang lebih tinggi pada latensi dan stabilitas transmisi data jaringan listrik, yang merupakan tantangan besar bagi teknologi komunikasi jaringan listrik yang ada [3]. Sistem *smart grid* menjadi terbuka dengan operator bahkan pengguna, maka untuk memastikan komunikasi yang efisien untuk berbagi informasi di seluruh sistem *smart grid*, dirancanglah konsep NDN untuk sistem *smart grid*.

NDN adalah implementasi spesifik dari jaringan pusat informasi yang menggantikan alamat IP tradisional dengan nama konten informasi, rute dan transmisi berdasarkan nama, dan menggunakan mekanisme registrasi, mempublikasikan, berkomunikasi dengan mengirimkan paket yang diinginkan, dan menerima paket data tanpa harus mencari alamat *host* [3]. Konsep NDN didasarkan pada identifikasi data dengan nama, bukan alamat sumber dan tujuan seperti yang digunakan dalam jaringan *Internet Protocol* (IP). Apalagi arsitektur jaringan baru ini menggunakan dua jenis paket. *Interest* paket digunakan untuk meminta konten tertentu sedangkan data paket digunakan untuk menyampaikan konten [2]. NDN memiliki kemampuan *caching* jaringan untuk menyimpan paket respon, dengan

cara ini, jika pengguna meminta data berulang, mereka dapat diperoleh dari CS yang sesuai di tempat terdekat, tanpa harus mengakses terminal, sehingga mengurangi lalu lintas jaringan dan mengurangi risiko kemacetan jaringan [3]. Sementara, pada TCP/IP paket data diberi identitas berupa alamat sumber dan tujuan agar komunikasi antara server dan pengguna dapat bekerja. Meskipun fitur *Transmission Control Protocol* (TCP) memungkinkan komunikasi yang andal, deteksi kesalahan, dan melakukan transmisi ulang, kenyataannya ketika terjadi penumpukan paket TCP/IP tidak dapat membuat keputusan penerusan yang andal berdasarkan kondisi jaringan. Protokol perutean IP menggunakan jalur terbaik (sebagai satu-satunya jalur yang diizinkan untuk digunakan), mengakibatkan kemacetan jaringan dan pengiriman data tertunda pada jalur tersebut [4]. Maka dari itu, dibutuhkan protokol jaringan komunikasi seperti TCP/IP atau NDN. Untuk mendukung jaringan dengan komunikasi yang lebih baik, diperlukan topologi yang mendukung. Topologi dapat dikatakan seperti *blueprint* dari sebuah sistem dan mendasari sistem tersebut, pada konsep ini yaitu *smart grid*, agar memungkinkan *smart grid* menjadi *smart* [5]. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan konsep NDN pada sistem *smart grid* dan menganalisis strategi-strategi untuk *forwarding* dan *caching* pada NDN untuk diterapkan pada sistem *smart grid*.

1.2 Informasi Pendukung Masalah

Smart grid adalah jaringan listrik yang menggunakan digital dan teknologi canggih lainnya untuk memantau dan mengelola pengangkutan listrik dari semua sumber pembangkit untuk memenuhi berbagai kebutuhan listrik pengguna akhir. *Smart grid* mengoordinasikan kebutuhan dan kemampuan semua generator, operator jaringan, pengguna akhir, dan pemangku kepentingan pasar listrik untuk mengoperasikan semua bagian sistem seefisien mungkin, meminimalkan biaya dan dampak lingkungan sambil memaksimalkan keandalan, ketahanan, fleksibilitas, dan stabilitas sistem [6]. Roda penggerak terbesar dalam upaya *smart grid* adalah arsitektur jaringan dan komunikasi, yang akan memfasilitasi arus informasi yang dibayangkan. Oleh karena itu, arsitektur terukur yang memenuhi persyaratan komunikasi *smart grid* seperti lalu lintas jaringan volume tinggi, pengiriman data

latensi rendah, dan interoperabilitas dalam jaringan heterogen, sangat penting [7]. *Smart grid* diharapkan dapat mengintegrasikan konsumen individu ke dalam pasar energi, memungkinkan mereka untuk membuat keputusan transaksi energi yang cerdas. Aliran informasi dua arah yang mampu merespon permintaan, pemantauan, dan pemeliharaan secara halus dan *real-time* juga diperlukan [7]. Menurut Gelli Ravikumar [4], NDN lebih cocok untuk komunikasi jaringan *smart grid*, karena arsitektur NDN pada router jaringan secara bersamaan meneruskan paket yang sama pada beberapa antarmuka untuk memanfaatkan jalur jaringan yang tersedia, menawarkan keandalan yang lebih tinggi dan latensi yang lebih rendah daripada IP dalam hal pengiriman paket.

1.3 Analisis Umum

1.3.1 Aspek Teknologi

Smart grid adalah infrastruktur jaringan modern yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, keandalan dan keamanan, mengintegrasikan sumber energi alternatif dan terbarukan secara lancar, melalui kontrol otomatis dan teknologi transmisi komunikasi modern.

1.3.2 Aspek Sosial

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi dunia telah mengubah pola pikir manusia untuk terus bergerak maju, inovasi dan menemukan hal-hal baru.

1.3.3 Aspek Keberlanjutan

NDN merupakan arsitektur *Content Centric Networking* (CCN), juga dikenal sebagai NDN, adalah paradigma yang berkembang dalam jaringan. Konsep NDN didasarkan pada pengidentifikasian data berdasarkan nama daripada alamat sumber dan tujuan yang digunakan dalam jaringan *Internet Protocol* [2].

1.4 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

Tabel 1. 1 Kebutuhan Yang Harus Dipenuhi

No	Kebutuhan yang Harus Dipenuhi
1	Produk memiliki fungsi topologi yang dapat diimplementasikan pada <i>smart grid</i>
2	Produk memiliki fungsi <i>forwarding</i> yang dapat diimplementasikan pada <i>smart grid</i>
3	Produk memiliki fungsi <i>caching</i> yang dapat diimplementasikan pada <i>smart grid</i>
4	Produk memiliki kemampuan dalam mengurangi latensi
5	Produk memiliki kemampuan dalam mengurangi kehilangan paket data

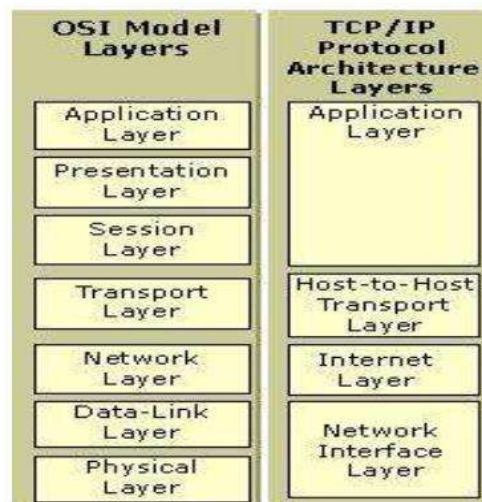
Untuk memenuhi kebutuhan yang disebutkan pada Tabel 1.1, berikut adalah beberapa langkah yang dapat diambil:

- 1) Fungsi topologi yang dapat diimplementasikan pada *smart grid*:
 - a. Produk harus mampu mendukung konfigurasi jaringan yang kompleks dan fleksibel yang umumnya ditemukan dalam *smart grid*.
 - b. Fungsi topologi yang baik akan memungkinkan produk untuk secara efisien mengelola dan mengarahkan aliran daya dan data di seluruh jaringan *smart grid*.
 - c. Produk harus mendukung protokol komunikasi yang sesuai dengan kebutuhan *smart grid*, seperti protokol yang mampu mengatur aliran daya dan data secara efisien.
- 2) Fungsi *forwarding* yang dapat diimplementasikan pada *smart grid*:
 - a. Produk harus memiliki kemampuan untuk meneruskan data secara efisien dari satu titik ke titik lain dalam jaringan *smart grid*.
 - b. Fungsi *forwarding* yang baik akan memungkinkan produk untuk mengoptimalkan penggunaan *bandwidth* dan menghindari tumpang tindih lalu lintas data yang tidak perlu.

- 3) Fungsi *caching* yang dapat diimplementasikan pada *smart grid*:
 - a. Produk harus memiliki kemampuan *caching* yang memungkinkan penyimpanan sementara data yang sering diakses di lokasi yang lebih dekat dengan pengguna.
 - b. Dengan adanya fungsi *caching*, produk dapat mengurangi latensi dan meningkatkan responsivitas sistem *smart grid*.
- 4) Kemampuan dalam mengurangi latensi:
 - a. Produk harus memiliki desain dan teknologi yang dioptimalkan untuk mengurangi latensi dalam pengiriman data.
 - b. Ini dapat mencakup penggunaan teknologi jaringan yang cepat, pengaturan aliran lalu lintas yang efisien, dan penggunaan algoritma pengiriman yang cerdas.
- 5) Kemampuan dalam mengurangi kehilangan paket data:
 - a. Produk harus memiliki fitur pengelolaan kesalahan yang efektif untuk mengurangi kehilangan paket data.
 - b. Dalam konteks *smart grid*, ini sangat penting untuk memastikan keandalan sistem dan keamanan data yang dikirim melalui jaringan.

1.5 Solusi Sistem yang Diusulkan

Dikarenakan sistem *smart grid* yang digunakan saat ini masih menggunakan TCP/IP dimana konsep ini memiliki kelemahan dalam pengiriman dan penerimaan paket data.



Gambar 1. 1 Layer OSI dan Layer TCP/IP
 Sumber: E. Tarik, 2015[8]

Mekanisme pengiriman data pada dua model referensi yang berbeda seperti pada Gambar 1.1, layer OSI dan layer TCP/IP memiliki perbedaan yang signifikan dalam cara mereka mengatur dan mengelola komunikasi jaringan. Berikut adalah gambaran umum tentang masing-masing mekanisme pengiriman data:

1. OSI Layer

Model Referensi OSI (*Open Systems Interconnection*) terdiri dari tujuh lapisan yang mewakili fungsi-fungsi berbeda dalam komunikasi jaringan. Pengiriman data melalui lapisan-lapisan ini dilakukan dalam bentuk pengantrian atau enkapsulasi. Prosesnya adalah sebagai berikut:

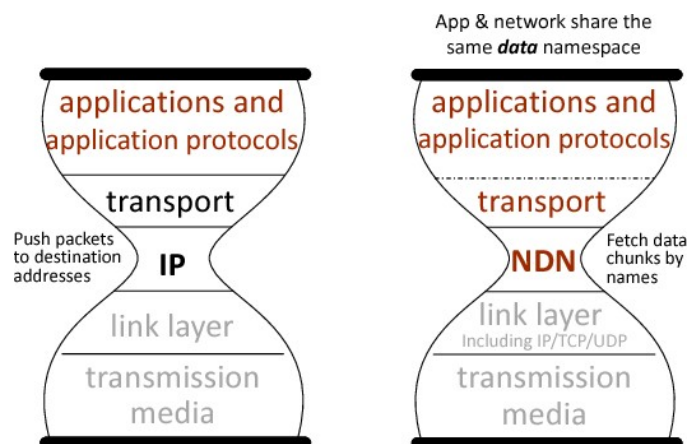
- a. *Application* (Layer 7): Data dari aplikasi pengguna dipecah menjadi segmen atau pesan yang lebih kecil.
- b. *Presentation* (Layer 6): Data yang dikirim dari lapisan aplikasi diubah ke format yang sesuai, seperti enkripsi atau kompresi.
- c. *Session* (Layer 5): Membangun, memelihara, dan mengakhiri sesi antara dua perangkat.
- d. *Transport* (Layer 4): Segmentasi data menjadi potongan yang lebih kecil dan mengatur aliran data antara perangkat sumber dan tujuan. TCP (*Transmission Control Protocol*) dan UDP (*User Datagram Protocol*) adalah protokol di lapisan ini.
- e. *Network* (Layer 3): Menerapkan routing dan pengalamatan logis untuk mengirimkan paket melalui jaringan. IP (*Internet Protocol*) adalah contoh protokol di lapisan ini.
- f. *Data Link* (Layer 2): Mengelompokkan data menjadi bingkai dan mengatur akses ke media fisik. MAC (*Media Access Control*) dan ethernet adalah contoh di lapisan ini.
- g. *Physic* (Layer 1): Mengatur transmisi fisik bit melalui media jaringan, seperti kabel atau gelombang radio.

2. TCP/IP

Model referensi TCP/IP lebih sederhana daripada OSI dan terdiri dari empat lapisan utama:

- Application*: Setara dengan lapisan aplikasi dan presentasi dalam model OSI. Berisi protokol-protokol seperti HTTP, FTP, dan SMTP.
- Transport*: Setara dengan lapisan transport dalam model OSI. Menyediakan kendali kesalahan, pengiriman data yang andal (TCP), dan pengiriman data tanpa koneksi (UDP).
- Network*: Setara dengan lapisan jaringan dalam model OSI. Menggunakan protokol IP untuk mengirimkan paket antara jaringan.
- Network Interface*: Merupakan lapisan yang menangani koneksi fisik dan media jaringan.

Oleh karena itu, solusi yang dapat diusulkan adalah mengimplementasikan konsep NDN. Dimana, dalam implementasiannya menerapkan strategi *forwarding* yaitu *best route* dan *client control*, serta strategi *caching* yaitu LRU dan FIFO.



Gambar 1. 2 Layer OSI dan layer NDN

Sumber: A. Alexander, 2018[9]

NDN adalah paradigma komunikasi jaringan yang berbeda dari TCP/IP dan OSI. NDN fokus pada konten atau data sebagai pusat komunikasi, bukan alamat IP seperti pada Gambar 1.2. Pengiriman data dalam NDN melibatkan konsep dasar sebagai berikut:

1. **Konten Ditemukan Berdasarkan Nama:** Data diidentifikasi oleh nama, bukan alamat IP.

2. Caching: Data disimpan diantara dalam router atau perangkat penyimpanan, memungkinkan pengambilan data yang lebih cepat.
3. Sertifikat dan Keamanan: NDN menerapkan model keamanan berbasis sertifikat untuk mengamankan komunikasi.

Penerapan strategi sistem tersebut didukung menggunakan topologi jaringan NDN yang didasarkan pada referensi IEEE-39.

1.5.1 Karakteristik Produk

1.5.1.1 Topologi

- 1) Fitur Utama: Pada dasarnya topologi jaringan *smart grid* pada area luas atau *Wide Area Network* banyak digambarkan menggunakan topologi *tree*, yaitu karena simpul induk biasanya terhubung ke banyak anak [10]. Sehingga dapat dikategorikan dari komponen induk atau yang terbesar terlebih dahulu, seperti pembangkit atau provider dan *substations*. Penelitian penulis menggunakan topologi *IEEE 39-Bus System* sebagai simulasi dan analisis [11]. Topologi ini, berasal dari jaringan *power system* di area *New England, United States*.
- 2) Fitur Dasar: *Blueprint* atau metode untuk menghubungkan beberapa *node* dalam sistem *smart grid*.
- 3) Fitur Tambahan: Rancangan rute terbaik dalam pengiriman data.
- 4) Sifat solusi yang diharapkan: Mengoptimalkan perutean dan kemudahan skalabilitasnya.

1.5.1.2 Caching

- 1) Fitur Utama: NDN memiliki fitur *in-network caching* dengan menggunakan router NDN. Setiap router NDN memiliki tabel rute penerusan, *Forwarding Information Base (FIB)*, *Pending Interest Table (PIT)* digunakan untuk menyimpan *interest* yang belum dipenuhi oleh suatu paket data. Jika permintaan belum dipenuhi setelah nilai batas waktu yang dikonfigurasi, *entry* PIT dihapus untuk mengosongkan ruang. Serta memori untuk menyimpan konten, yang disebut *content store*, sehingga NDN dapat mengurangi lalu lintas dengan mengembalikan konten yang disimpan di CS.
- 2) Fitur Dasar: Sebagai memori untuk menyimpan konten.
- 3) Fitur Tambahan: Dapat mengurangi lalu lintas jaringan dengan mengembalikan konten di *content store*.

- 4) Sifat solusi yang diharapkan: Meminimalkan latensi pengunduhan konten dan akan meningkatkan keragaman *cache* seluruh jaringan.

1.5.1.3 Forwarding

- 1) Fitur Utama: *Forwarding* merupakan proses serah terima paket (*interest*, data, maupun *Nack*) antar interface. Strategi *forwarding* merupakan pengambilan keputusan untuk melakukan *forwarding* paket, mencakup sistematika tujuan pengiriman paket dan waktu pengiriman. FIB berguna untuk menyediakan strategi *forwarding*, serta menentukan hop selanjutnya pada *routing* [12]. FIB terdiri dari nama prefiks dan tujuan interface paket yang keluar. Pada NDN, FIB dapat dimodifikasi oleh protokol *routing* dan juga oleh strategi *forwarding*.
- 2) Fitur Dasar: Meneruskan serah terima paket.
- 3) Fitur Tambahan: FIB mirip dengan FIB pada router IP kecuali FIB berisi prefiks nama dan bukan prefiks alamat IP, dan FIB dapat menampilkan banyak antarmuka untuk awalan nama yang diberikan.
- 4) Sifat solusi yang diharapkan: FIB dapat berisikan beberapa daftar *interface* tujuan yang diurutkan berdasarkan rangking tertentu, sedangkan pada IP hanya 1 tujuan *single best-hop*.

1.5.2 Skenario Penggunaan

1.5.2.1 Topologi

Berdasarkan klasifikasi kecepatan data dan jarak jangkauannya arsitektur pada jaringan *smart grid* terdiri dari tiga area, yaitu area pelanggan (*Home Area Network* (HAN)/*Building Area Network* (BAN)/*Industrial Area Network* (IAN)), *Neighborhood Area Network* (NAN)/*Field Area Network* (FAN) dan *Wide Area Network* (WAN). Penelitian yang dilakukan penulis berfokus pada *wide area network*, jaringan pada area ini dapat menjangkau area $\pm 10-100$ km dengan kecepatan data mencapai $10 \text{ Mbps} - 1 \text{ Gbps}$ [13]. Untuk penggambaran topologi jaringan yang penulis gunakan yaitu topologi pada IEEE-39 atau lebih dikenal "*10-machine New-England Power System*". Topologi IEEE-39 ini banyak menjadi standar *power system* dalam berbagai analisa penelitian yang berkaitan dengan sistem tenaga listrik. Berdasarkan *IEEE-39 Bus System*, dirancang sebuah topologi jaringan NDN dengan memberikan *node* atau router NDN pada beberapa area untuk

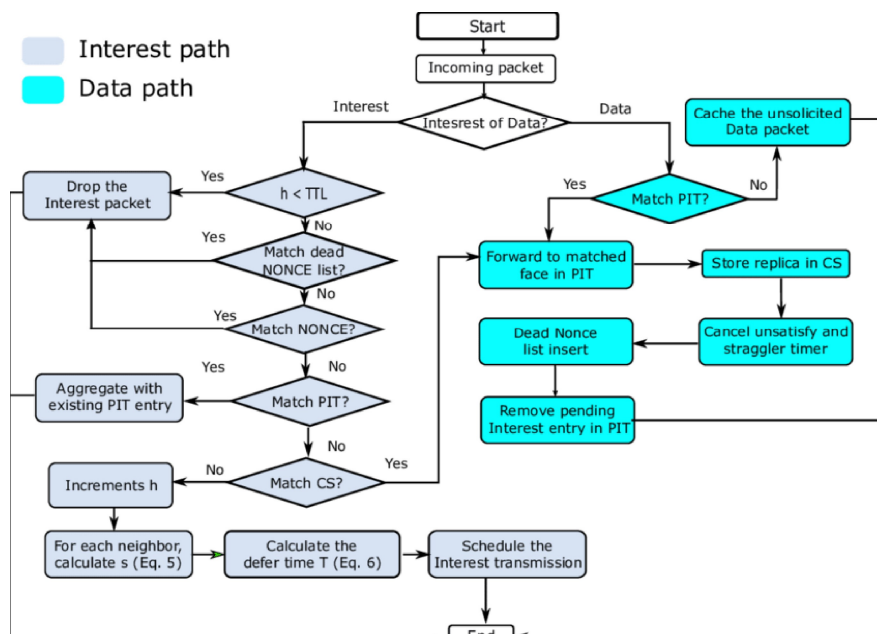
proses komunikasi data. Selain itu, untuk pengukuran parameter kelistrikan yang selanjutnya diolah dan ditransmisikan oleh router, maka diberikan perangkat PMU dan WAC.

1.5.2.2 Caching

Caching dalam jaringan adalah elemen mendasar dalam NDN yang bertujuan untuk meng-*cache* konten di berbagai tempat di jaringan tanpa melibatkan keputusan lapisan aplikasi apa pun [14]. Mekanisme pemrosesan *caching* bekerja dapat dibagi menjadi dua proses, proses pemilihan data yang akan disimpan dalam *cache* (*decision strategy*), dan proses pemilihan data yang akan dihapus dari *cache* ketika memori terisi penuh (*replacement strategy*). Saat memulai sistem *cache* untuk pertama kali, memori *cache* masih kosong. Semua data yang dikirim ke *node cache* melewati proses awal yang menentukan apakah data tersebut di-*cache* atau tidak. Saat memori yang digunakan untuk menyimpan data di *cache* sudah penuh, *cache* tidak dapat menyimpan data baru. Metode *replacement* digunakan untuk menghapus data yang ada di *cache* penuh dan menggantinya dengan data baru.

1.5.2.3 Forwarding

Ada dua jenis peran pengguna di NDN, produsen dan konsumen. Produsen pertama-tama merilis data ke jaringan, dan *node* di sepanjang rute menerima data dan membentuk tabel FIB. Gambar 1.3 menunjukkan proses *forwarding* pada NDN.



Gambar 1.3 Alur Mekanisme Forwarding

Sumber: B. Azzedine, 2017[15]

Saat router menerima paket *interest*, pertama-tama ia menanyakan apakah ada data di *cache content store*, jika ada data, paket diteruskan sesuai input paket yang diinginkan; jika tidak, tabel PIT ditanyakan, jika nama paket *interest* ada di tabel, ini menunjukkan bahwa paket data yang meminta indeks yang sama telah disimpan dan diteruskan, kemudian router menambahkan antarmuka input baru ke tabel PIT. Jika *record* tidak ada di tabel PIT, informasi paket *interest* ditambahkan ke tabel dan diteruskan ke tabel FIB untuk langkah selanjutnya, jika tidak ada informasi paket *interest* di tabel FIB, ditolak. Ketika sebuah *node* menerima paket data, *node* tersebut menanyakan tabel PIT. Jika tabel berisi catatan paket yang cocok, paket data di *cache* dan diteruskan sesuai, jika tidak maka akan dibuang.

1.6 Kesimpulan dan Ringkasan CD-1

Smart grid adalah infrastruktur jaringan modern yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, keandalan, keamanan, serta mengintegrasikan sumber energi alternatif dan terbarukan secara lancar, melalui kontrol otomatis dan teknologi transmisi komunikasi modern. Sistem *smart grid* menjadi terbuka dengan operator bahkan pengguna, maka untuk memastikan komunikasi yang efisien untuk berbagi informasi di seluruh sistem *smart grid*, dirancanglah konsep NDN untuk sistem *smart grid*.

NDN adalah implementasi spesifik dari jaringan pusat informasi yang menggantikan alamat IP tradisional dengan nama konten informasi, rute dan transmisi berdasarkan nama, dan menggunakan mekanisme registrasi, mempublikasikan, berkomunikasi dengan mengirimkan paket yang diinginkan, dan menerima paket data tanpa harus mencari alamat *host*. NDN memiliki kemampuan *caching* jaringan untuk menyimpan paket respon, dengan cara ini, jika pengguna meminta data berulang, mereka dapat diperoleh dari CS yang sesuai di tempat terdekat, tanpa harus mengakses terminal, sehingga mengurangi lalu lintas jaringan dan mengurangi risiko kemacetan jaringan.