

Efisiensi Energi Proses Vertical Handover Pada Mobile IPv6

Supriyanto¹, Arif Izzudin¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten.

Informasi Artikel

Naskah Diterima: 31 Mei 2021

Direvisi: 15 Juni 2021

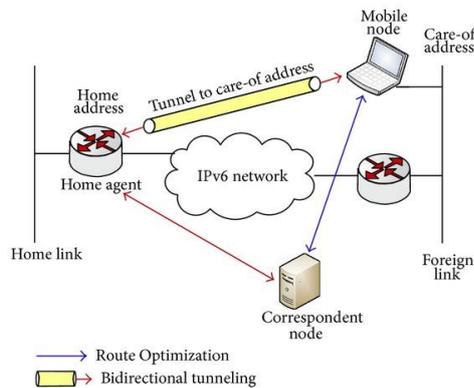
Disetujui: 16 Juni 2021

doi: 10.36055/setrum.v10i1.11438

***Korespondensi Penulis:**

supriyanto@untirta.ac.id

Graphical abstract



Abstract

The growth of internet technology in the last decade is high. Technology IPv6 has developed to solve the scarcity of IP addresses. IPv6 offers a large IP address and supports mobile communication. Mobile IPv6 technology was published with some improvement from the former (Mobile IP). One of the improvements in route optimization usage that allows direct communication between Mobile Node and Correspondent Node. The use of route optimization has been believed to save the mobile device's energy with limited power. However, energy optimization has to be approved. This research was done to analyze the usage of energy when route optimization is used. Experiments have resulted in information that in 30 minutes, the system consumed a total power of 16,48 kWh. This result is lower by 0,6 kWh than the handover process without route optimization.

Keywords: Energy, Network, Mobile IPv6, Vertical Handover

Abstrak

Perkembangan teknologi internet dalam dekade terakhir ini semakin pesat. Untuk mengatasi kekurangan alamat IP, dikembangkanlah IPv6 yang bukan saja menawarkan alamat yang sangat banyak namun juga mendukung komunikasi bergerak. Teknologi Mobile IPv6 telah dipublikasikan dengan berbagai perbaikan dari teknologi Mobile IP yang telah digunakan sebelumnya. Salah satu perbaikan yang ditawarkan adalah metode route optimization yang memungkinkan komunikasi langsung antara Mobile Node dengan Correspondent Node. Penggunaan metode route optimization diyakini dapat mempercepat proses routing yang pada akhirnya akan menghemat penggunaan energi pada perangkat mobile yang memiliki keterbatasan energi. Namun keyakinan ini perlu dibuktikan melalui pengukuran konsumsi energi pada proses handover. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis penggunaan energi pada Mobile IPv6 ketika menggunakan metode route optimization. Eksperimen yang dilakukan menghasilkan informasi bahwa dalam rentang waktu 30 menit, sistem mengkonsumsi daya total 16,48 kWh. Hasil ini lebih rendah 0,6 kWh dibandingkan dengan proses handover tanpa metode route optimization.

Kata kunci: Energi, Jaringan, Mobile IPv6, Vertical Handover

© 2021 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pengguna internet pada dekade terakhir ini mengalami lonjakan besar. Pengguna internet dunia naik hingga 1300 persen sepanjang tahun 2000 hingga 2021 [1]. Lonjakan ini terutama terjadi di kawasan Afrika dan Timur Tengah yang pertumbuhannya mencapai hampir 13000 persen. Pertumbuhan ini telah mengakibatkan kurangnya alamat IP. Untuk menanggulangi kehabisan alamat interne, IETF (Internet Engineering Task Force) telah membangun sebuah protokol baru yang dikenal dengan IPv6 (Inter Protokol versi 6). Teknologi IPv6 menawarkan space alamat yang sangat besar yaitu 128 bit yang merupakan empat kali dari space alamat IP saat ini (IPv4). Selain menawarkan

cadangan alamat IP yang sangat banyak, IPv6 juga dikembangkan untuk mendukung komunikasi bergerak (mobility).

Dukungan IPv6 pada komunikasi bergerak berupa konsep Mobile IPv6 yang terus dikembangkan. Pengembangan bertujuan agar dapat menjaga konektivitas, sehingga user dapat terhubung secara terus-menerus dengan internet. Selain itu Mobile IPv6 diharapkan dapat mendukung perangkat dalam perpindahan dari satu lokasi ke lokasi lainnya tanpa terputus koneksinya. Untuk dapat melakukannya, dibutuhkan suatu mekanisme *handover* yang baik, agar konektivitas layanan data dapat terhubung secara terus-menerus [2]. *Handover* adalah mekanisme pengalihan kanal traffic secara otomatis, ketika jaringan sedang digunakan untuk berkomunikasi, sehingga data yang sedang ditransfer tidak terputus. *Handover* yang dapat terjadi dalam satu sistem jaringan yang sama, yang disebut dengan *horizontal handover*. Sedangkan jika terjadi pada sistem jaringan yang berbeda disebut *Vertical Handover* [3]. Pada saat proses *handover*, sebuah perangkat bergerak dapat kehilangan koneksi, sehingga proses pengiriman data menjadi terputus.

Banyak penelitian terdahulu yang membahas tentang proses *handover* ini. Di antaranya adalah penelitian [4] yang merupakan sebuah survey dari 100 lebih publikasi terkait. Pada paper tersebut dinyatakan bahwa terdapat ketidakefisienan pada proses mekanisme *handover* pada Mobile IP, yang merupakan teknologi saat ini. Penyebab tidak efisiennya proses pengalihan ini dikenal sebagai masalah segitiga. Dalam hal ini, sebuah perangkat bergerak sangat tergantung pada home agent yang merupakan rumah asal perangkat sebelum berpindah. Semua paket data baik dari perangkat bergerak maupun dari perangkat pasangan, selalu menuju ke home agent.

Untuk menyelesaikan masalah ini, maka diusulkanlah sebuah metode baru yang dikenal dengan *route optimization* [5]. Pada metode *route optimization*, setelah proses pensinyalan selesai, maka sebuah perangkat bergerak yang sedang berada di foreign agent dapat terus berkomunikasi dengan node koresponden tanpa melalui home agent lagi. Secara teknis, metode ini dapat mengurangi pergerakan pesan dari dan ke home agent. Namun timbul pertanyaan, apakah dari sisi penggunaan energi metode ini juga dapat memberikan manfaat dalam efisiensi energi.

Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, efisiensi penggunaan energi pada perangkat bergerak masih terdapat kendala, diantaranya pada penelitian [6]. Penelitian tersebut membahas tentang efisiensi penggunaan energi pada perangkat bergerak dengan mengoptimalkan pengiriman pesan. Secara logika jika jumlah pesan yang ditransmisikan pada sebuah komunikasi, maka penggunaan energi akan berkurang. Penelitian ini mengusulkan untuk meminimalkan jumlah paket *multicast* IPv6 di jaringan internet. Ketergantungan pada durasi *multicast session* dan jumlah energi dari pemancar yang digunakan oleh semua *Node* dalam *multicast session* menjadi perhatian penulis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ini dapat menambah efisiensi energi. Namun penelitian ini belum membahas tentang efisiensi energi pada mobile IPv6.

Para peneliti di University Moulay Ismail melakukan penelitian tentang penggunaan RPL (Protokol Routing IPv6 untuk Low Power dan Lossy Network) pada Internet of Things [7]. Menurut para peneliti perangkat yang tergolong RPL memiliki keterbatasan energi sehingga perlu dievaluasi efisiensi energinya jika RPL digunakan pada IoT. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa penggunaan sink jamak dapat menurunkan konsumsi energi dibandingkan dengan penggunaan sink tunggal. Penurunan energi dapat mencapai 55,86 persen. Walaupun protokol routing yang digunakan adalah IPv6, namun bukan Mobile IPv6.

Dari dua penelitian tersebut, dapat diketahui bahwa pengurangan pesan pada *multicast* dan penambahan sink dapat mengurangi penggunaan energi pada perangkat bergerak. Namun penggunaan Mobile IPv6 khususnya pada saat proses *vertical handover* belum diketahui sejauhmana pengurangan penggunaan energinya. Untuk itu penelitian ini akan mengevaluasi penggunaan energi pada proses *vertical handover* pada Mobile IPv6.

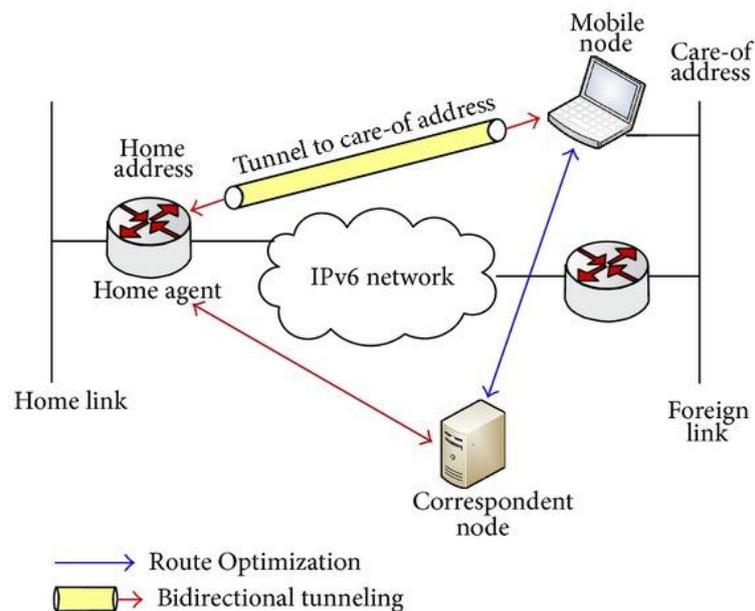
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mobile IPv6

Jaringan komputer adalah sistem terdistribusi yang terdiri dari dua atau lebih komputer/perangkat untuk berkomunikasi dan berbagi informasi antara satu dengan yang lainnya. Salah satu jaringan komputer yang saat menghubungkan milyaran manusia di muka bumi ini adalah internet. Internet telah mengubah pola kehidupan manusia modern. Banyak aktivitas manusia yang menggunakan

teknologi ini, khususnya dalam dunia komunikasi dan industri. Banyak aktifitas manusia yang menggunakan internet telah memunculkan istilah internet of things (IoT) [8].

Pertumbuhan internet semakin besar setelah keluarnya teknologi komunikasi bergerak yang kemudin didukung dengan tersedianya smartphone yang dapat digunakan untuk berbagai kegiatan manusia. *Mobile IP* merupakan protokol komunikasi internet yang dirancang untuk mendukung mobilitas host. Tujuannya adalah untuk memberikan kemampuan host dapat tetap terhubung, dan berkomunikasi di internet dengan baik, meski berpindah lokasi. *Mobile IPv6* menyediakan mekanisme bagi host untuk menjelajahi berbagai jaringan, tanpa kehilangan komunikasi dan alamat internet protokolnya. Sambungan ke *Mobile Node* (MN) terbentuk dengan menggunakan alamat yang tetap untuk MN tersebut, dimana MN selalu dapat terhubung melalui alamat tersebut. Konsep ini lah yang menjadi dasar dari *home address* (HoA) dan *care of address* (CoA). Gambar 1 adalah mekanisme handover pada *Mobile IPv6* yang terdiri atas dua mode yaitu *Bi-directional Tunnelling* dan *Route Optimization*.



Gambar 1. Alur *Bidirectional Tunnelling* dan *Route Optimization*

Dalam Gambar 1 terdapat tiga node utama yaitu home agent (HA) yang merupakan asal perangkat bergerak. MN adalah perangkat bergerak yang sedang berpindah koneksi. *Correspondent Node* (CN) adalah node yang sedang berkomunikasi dengan mobile node. Mekanisme komunikasi pada saat MN berada di jaringan luar pada Gambar 1 terdiri atas dua mode yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

a) *Bi-directional Tunnelling*

Pada saat MN berada di jaringan luar, maka ia akan mengkonfigurasi satu atau lebih CoA. Untuk dapat berkomunikasi dengan MN, CN mengirim sebuah paket ke HA, yang kemudian HA mengenkapsulasi paket tersebut dalam paket IPv6, serta mengirimkan ke CoA dari MN. Paket dari MN dikirim melalui tunnel dengan arah sebaliknya dan kemudian HA mengirimkan ke CN dengan mekanisme biasa. Pada mode ini, CN tidak harus mendukung IPv6 karena pendaftaran *binding update* (BU) dilakukan oleh HA. Koneksi antara HA dan CN juga mungkin saja berlangsung antara jaringan IPv6 dengan IPv4 melalui tunnel.

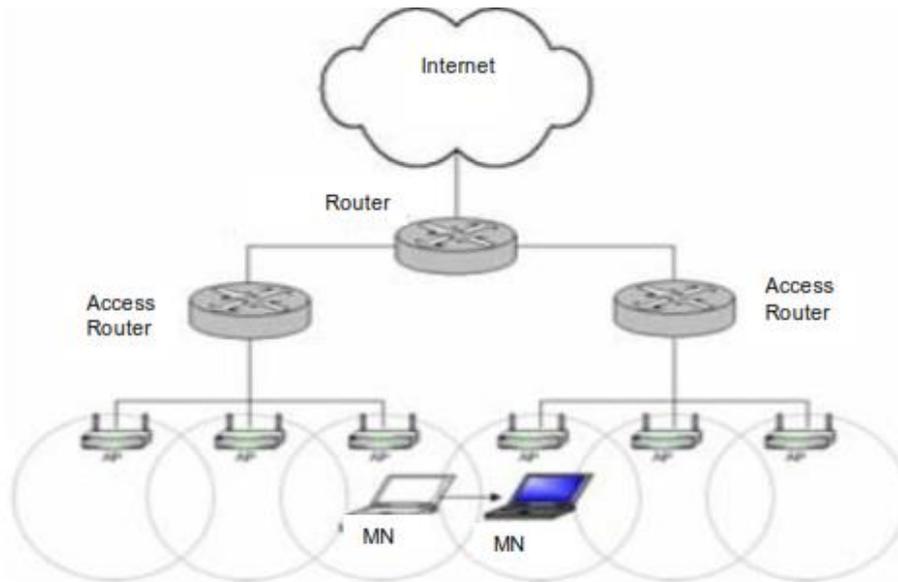
b) *Route Optimization*

Pada mode ini, komunikasi antara CN dan MN, dapat terjadi secara langsung tanpa melalui HA. Inilah salah satu keunggulan *Mobile IPv6* dibanding *Mobile IPv4*. Pada mode ini

sebuah MN harus melakukan registrasi CoA kepada HA dan CN. Selain itu, *binding* harus disetujui melalui prosedur return *routability*. Sedangkan CN menggunakan *routing header* khusus, ketika mengirimkan paket ke MN secara langsung. Di pihak lain, MN menggunakan opsi HoA, ketika mengirimkan paket ke CN.

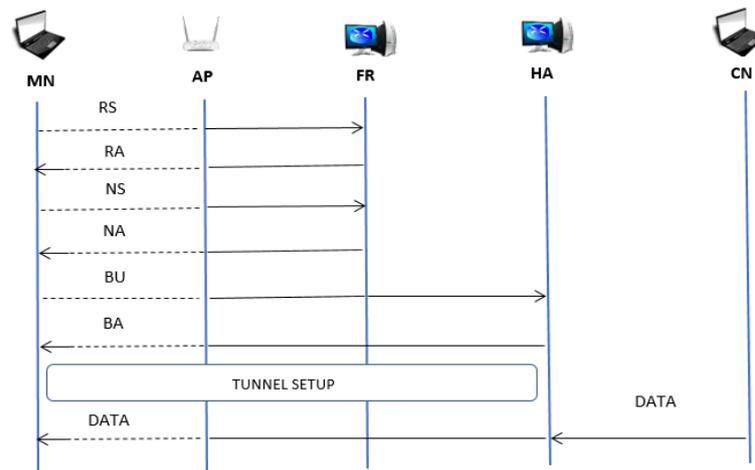
2.2 Handover Vertikal pada Mobile IPv6

Handover secara umum merupakan suatu proses perpindahan perangkat bergerak (MN) dari koneksi dengan HA ke koneksi dengan jaringan lain di luar *home link*. Jika jaringan luar masih dalam satu jaringan dengan HA, maka perpindahan ini disebut dengan *Horizontal Handover*. Sebaliknya jika perpindahan koneksi masuk ke jaringan lain yang berbeda atau di luar jaringan HA, maka disebut *Vertical Handover*. Gambar 2 merupakan ilustrasi *Vertical Handover* pada komunikasi bergerak.



Gambar 2. *Vertical Handover*

Pada Gambar 2 terdapat dua access router yang masing-masing memiliki tiga access point. MN pada awalnya berada di jaringan access router kiri (HA) dan kemudian bergerak ke jaringan access router kanan (*foreign link*). Pada saat MN berada di jaringan luar (*foreign link*), maka ia akan mengkonfigurasi sebuah alamat baru yang disebut dengan CoA. CoA yang telah berhasil dikonfigurasi kemudian diikat (*binding*) dengan HoA yang telah dimiliki sebelumnya. Proses mengkonfigurasi CoA dapat menggunakan prinsip neighbor discovery protocol (NDP) sebagaimana dijelaskan pada [9]. Jika *binding* alamat HoA dan CoA sudah terbentuk, MN akan mendaftarkan *binding* tersebut dengan mengirim pesan *binding update* (BU) kepada HA, dan HA akan membalasnya dengan mengirim pesan *binding acknowledgement* (BA). Pertukaran pesan diilustrasikan pada Gambar 3 [10].



Gambar 3. Pergerakan Pesan pada Vertical Handover

2.3 Energi pada Mobile IPv6

Perangkat bergerak termasuk perangkat low power yang memiliki cadangan energi terbatas. Perangkat ini tidak selalu tersambung dengan power supply, sehingga ia memerlukan charge energi setelah digunakan dalam jangka waktu tertentu. Dengan mempertimbangkan bahwa perangkat bergerak (MN) memiliki energi yang terbatas, maka agar energi yang tersimpan dapat digunakan dalam waktu yang lebih lama, maka perlu diperhitungkan jenis aplikasi yang digunakan oleh perangkat tersebut. Sebagai contoh, jika kita sering memutar video, maka cadangan energi yang tersimpan dalam baterai akan cepat habis. Selain aplikasi, energi juga terpakai pada saat perangkat bergerak melakukan operasinya.

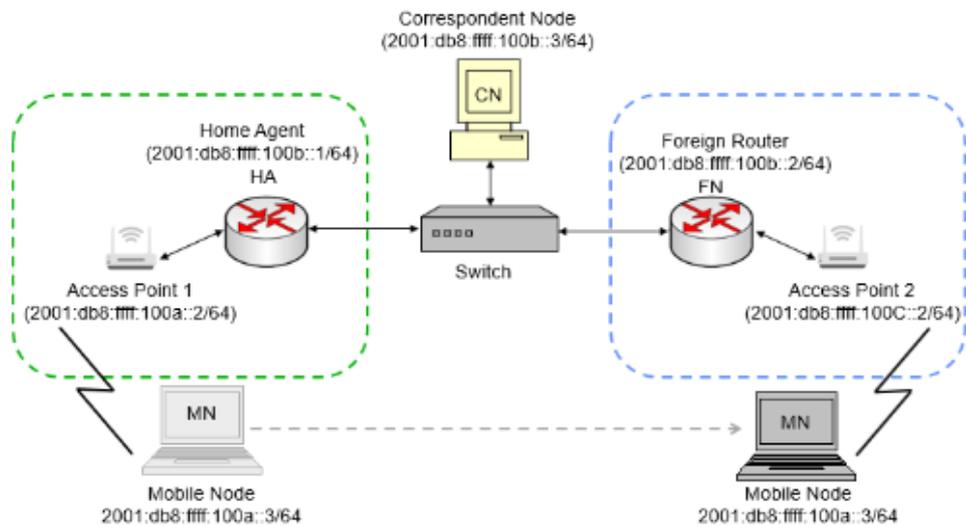
Salah satu operasi yang dijalankan pada perangkat adalah konfigurasi IP dan pensinyalan pada saat sebuah perangkat melakukan proses handover. Proses transmisi pesan pada Gambar 3 adalah di antara proses yang menyerap daya pada perangkat. Untuk mengetahui sejauhmana efisiensi penggunaan energi pada perangkat yang melakukan proses vertical handover dengan mode route optimization, diperlukan perhitungan energi sebelum melakukan RO dan setelah melakukan RO. Perhitungan efisiensi dapat diformulasikan seperti pada persamaan (1) berikut:

$$Efisiensi = \frac{Hasil\ Sebelum\ RO - Sesudah\ RO}{Sebelum\ RO} \times 100\% \quad (1)$$

Sedangkan pengukuran energi dapat dilakukan dengan alat ukur energi. Alat ukur energi listrik pada umumnya menggunakan kWh meter yang dipasang pada rumah-rumah pelanggan. Namun karena proses handover pada Mobile IPv6 melibatkan energi yang tidak terlalu besar, maka diperlukan alat ukur khusus yang dapat mengukur energi pada operasi Mobile IPv6. Alat ukur akan dibahas pada sub bab 3 tentang metode penelitian.

3. METODE PENELITIAN

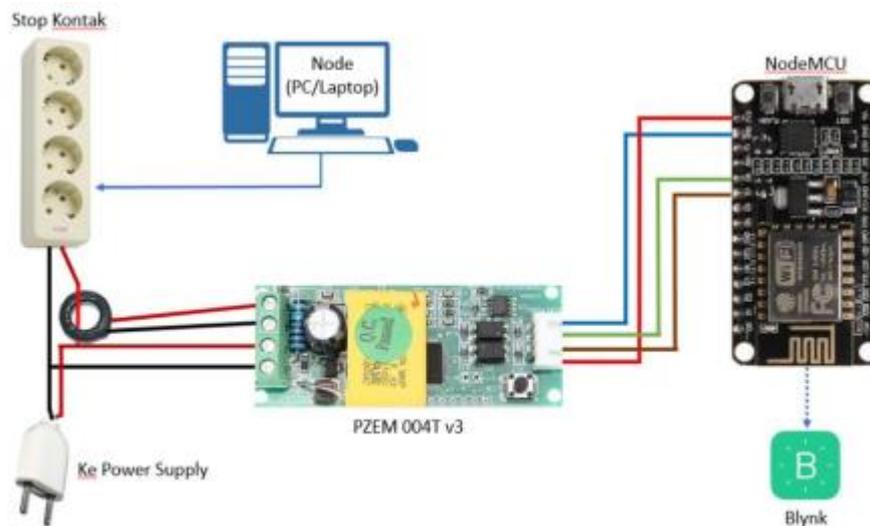
Pada penelitian ini dirancang sebuah topologi jaringan Mobile IPv6 yang terdiri atas dua buah access router dan sebuah switch yang berfungsi sebagai cloud. Topologi yang digunakan dalam eksperimen dapat dilihat pada Gambar 4. Alamat IPv6 semua node yang terlibat dituliskan pada masing-masing node. Setiap node menggunakan sistem operasi Ubuntu 16.04 LTS yang dapat mendukung pengoperasian jaringan *Vertical Handover* pada *Mobile IPv6*. Jaringan terbatas ini yang kemudian diukur penggunaan dayanya. Terdapat dua skenario yang dilakukan yaitu operasi Mobile IPv6 tanpa menggunakan mode RO dan operasi Mobile IPv6 setelah menggunakan RO pada saat melakukan vertical handover.



Gambar 4. Topologi Jaringan Mobile IPv6

Gambar 5 merupakan rancangan alat ukur yang digunakan untuk mengukur energi pada topologi jaringan pada Gambar 4. Stop kontak merupakan power supply kepada semua node yang digunakan. Ketika semua node sudah dihubungkan pada stop kontak, maka alat ukur ini akan membaca berapa arus, tegangan, dan daya yang digunakan oleh node pada mengoperasikan *Vertical Handover* pada *Mobile IPv6*.

Alat ukur yang berupa modul PZEM-004T v3.0 tersebut mengirimkan data, hasil dari pembacaan arus, tegangan, dan daya yang digunakan pada *microcontroller NodeMCU*. *Microcontroller* tersebut menyimpan data-data, yang telah dibaca oleh alat ukur tersebut. Kemudian untuk menampilkan data-data dari *microcontroller*, digunakan platform *Blynk* yang berkomunikasi secara nirkabel.



Gambar 5. Rancangan Alat Pengukur Energi pada Mobile IPv6

Platform *Blynk* dapat memonitor serta dapat menampilkan data secara *real time*, baik secara visual menggunakan angka, warna ataupun grafis. Komunikasi antara *NodeMCU* dengan aplikasi aplikasi *Blynk*, melalui *Blynk server*, yang merupakan fasilitas *backend service* berbasis *cloud*. Server ini bertanggung jawab untuk mengontrol komunikasi, antara aplikasi *Blynk* pada *smartphone* dengan *NodeMCU*.

4. PEMBAHASAN

Percobaan menggunakan topologi pada Gambar 4 telah dilakukan. Percobaan pertama adalah pengujian koneksi antar node yang telah dikonfigurasi dengan sistem Mobile IPv6. Tes koneksi dilakukan dengan cara *ping* dari dan ke semua node. Semua koneksi menunjukkan hasil yang baik, dalam arti semua node dapat mengirim pesan ping dan menerima pesan reply. Contoh hasil tes koneksi ditunjukkan pada Gambar 6 yang menunjukkan bahwa CN, terhubung dengan *Foreign Node*, dengan alamat IPv6 2001:db8:ffff:100c::2.

```

Terminal
root@pcelektro3-desktop:~/home/pcelektro3
pcelektro3@pcelektro3-desktop:~$ sudo su
[sudo] password for pcelektro3:
root@pcelektro3-desktop:~/home/pcelektro3# open wireshark
root@pcelektro3-desktop:~/home/pcelektro3# ping 2001:db8:ffff:100c::2
PING 2001:db8:ffff:100c::2 (2001:db8:ffff:100c::2) 56 data bytes
64 bytes from 2001:db8:ffff:100c::2: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.476 ms
64 bytes from 2001:db8:ffff:100c::2: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.395 ms
64 bytes from 2001:db8:ffff:100c::2: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.394 ms
64 bytes from 2001:db8:ffff:100c::2: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.394 ms
64 bytes from 2001:db8:ffff:100c::2: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.397 ms
64 bytes from 2001:db8:ffff:100c::2: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.394 ms
64 bytes from 2001:db8:ffff:100c::2: icmp_seq=7 ttl=64 time=0.309 ms
64 bytes from 2001:db8:ffff:100c::2: icmp_seq=8 ttl=64 time=0.402 ms
64 bytes from 2001:db8:ffff:100c::2: icmp_seq=9 ttl=64 time=0.160 ms
64 bytes from 2001:db8:ffff:100c::2: icmp_seq=10 ttl=64 time=0.155 ms
64 bytes from 2001:db8:ffff:100c::2: icmp_seq=11 ttl=64 time=0.166 ms
64 bytes from 2001:db8:ffff:100c::2: icmp_seq=12 ttl=64 time=0.159 ms
64 bytes from 2001:db8:ffff:100c::2: icmp_seq=13 ttl=64 time=0.160 ms
64 bytes from 2001:db8:ffff:100c::2: icmp_seq=14 ttl=64 time=0.107 ms
64 bytes from 2001:db8:ffff:100c::2: icmp_seq=15 ttl=64 time=0.183 ms
64 bytes from 2001:db8:ffff:100c::2: icmp_seq=16 ttl=64 time=0.176 ms
64 bytes from 2001:db8:ffff:100c::2: icmp_seq=17 ttl=64 time=0.188 ms
64 bytes from 2001:db8:ffff:100c::2: icmp_seq=18 ttl=64 time=0.374 ms
64 bytes from 2001:db8:ffff:100c::2: icmp_seq=19 ttl=64 time=0.322 ms
  
```

Gambar 6: Tes koneksi *Mobile IPv6* pada CN sedang berjalan

Tes koneksi diperlukan untuk memastikan bahwa sistem jaringan Mobile IPv6 dapat beroperasi sebagaimana diinginkan. Hasil tes koneksi menunjukkan bahwa semua node yang terlibat dalam operasi Mobile IPv6 dapat terhubung dengan baik. Percobaan kedua adalah menghitung penggunaan energi pada setiap node yang menjalankan operasi selama 30 menit. Tabel 1 merupakan rangkuman hasil pengukuran energi pada setiap node, sehingga dapat diketahui total energi yang terpakai selama operasi Vertical Handover dilakukan baik sebelum menggunakan mode RO ataupun setelah menggunakan mode RO.

Tabel 1. Efisiensi Energi pada Mobile IPv6 Vertical Handover

Node	Energi Rata-Rata		Efisiensi (%)
	Sebelum RO	Setelah RO	
MN	8,997253	8,400882	7
Router (FA)	17,385323	16,825169	3
Router (HA)	18,989229	18,305287	4
CN	23,197653	22,385126	4
Total	68,56946	65,91646	4

Pengujian dan pengambilan data dilakukan rentang waktu 30 menit. Selama waktu tersebut, terjadi proses perpindahan MN, dari *Home Network* (HA) ke *Foreign Network*. MN akan terus melakukan melakukan PING, kepada CN, hingga ia berada di *Foreign Network* hingga waktu ukur habis. Dengan melakukan PING secara kontinu dapat diketahui bahwa apakah koneksi terputus atau tidak, ketika melakukan perpindahan.

Dari Tabel 1 terlihat bahwa konsumsi energi yang terjadi pada masing-masing node berbeda. Energi yang dikonsumsi oleh MN ketika menjalankan RO sebesar 8,400882 kWh. Energi ini lebih kecil dibandingkan dengan energi pada saat belum mengoperasikan RO. Selisih energi antara dua keadaan tersebut adalah 0,596371 kWh. Dengan demikian efisiensi energi sebesar 7 % pada MN. Sedangkan energi yang dikonsumsi oleh router foreign yang menjadi foreign link bagi MN ketika menjalankan RO adalah 16,825169 kWh. Nilai ini lebih kecil 0,560153 atau 3% dibandingkan dengan energi pada saat menggunakan sistem Mobile IPv6 tanpa RO.

Energi yang dikonsumsi oleh Home Agent router ketika menjalankan RO adalah sebesar 18,305287 kWh. Nilai ini juga lebih kecil daripada saat belum dioperasikan RO pada jaringan. Selisih energi dua keadaan tersebut adalah 0,683941 kWh, yang berarti mode RO telah mampu mengefisien energi sebesar 4 % pada router foreign. Sementara itu Energi yang dikonsumsi oleh CN ketika menjalankan RO sebesar 22,385126 kWh. Pada saat belum menjalankan RO, energi yang terpakai

lebih besar yaitu 23,197653 kWh. Dengan kata lain, pada CN terjadi penghematan energi sebesar 0,812527 kWh, atau pada CN terjadi efisiensi energi sebesar 4 %.

Secara keseluruhan sistem Mobile IPv6 yang mengimplementasikan mode RO dapat menghemat energi. Dalam waktu 30 menit energi dapat dihemat sebesar 4 %. Penghematan ini dapat bertambah seiring dengan pertambahan durasi waktu penggunaan. Hasil pengukuran ini sesuai dengan logika bahwa semakin sedikit pesan yang dikirim dan atau semakin berkurang jalur komunikasi yang harus ditempuh, maka energi yang digunakan juga akan berkurang. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1, bahwa pada mode RO perangkat bergerak (MN) dapat langsung berkomunikasi dengan CN setelah proses registrasi CoA milik MN selesai. Dengan demikian pesan tidak perlu mengunjungi HA setiap kali terjadi komunikasi antara MN dan CN sebagaimana yang terjadi jika RO belum digunakan.

Hasil percobaan pada penelitian ini membuktikan bahwa, mode RO selain dapat mempercepat proses transmisi paket data dari MN ke CN dan sebaliknya, juga dapat berkontribusi pada efisiensi energi pada perangkat bergerak dan node lainnya. Selanjutnya, energi pada perangkat bergerak dapat bertahan dalam waktu yang lebih lama jika mode RO digunakan.

5. Kesimpulan

Komunikasi bergerak pada dekade terakhir ini telah menambah dorongan manusia untuk menggunakan internet. Namun isu energi menjadi pertimbangan dalam penggunaan perangkat bergerak, karena keterbatasan perangkat ini, yang tidak selalu terhubung dengan sumber daya. Mobile IPv6 yang merupakan teknologi pendukung IPv6 yang menjadi solusi kekurangan alamat internet menjadi penting kedudukannya. Agar penggunaan komunikasi bergerak dapat berjalan tanpa terputus diperlukan proses handover yang cepat. Mekanisme handover diperlukan pada saat MN berada di luar jangkauan HA. Setelah MN tersambung dengan sebuah FA, maka MN dapat meneruskan komunikasi dengan CN baik menggunakan mode bi-directional tunneling atau mode route optimization. Mode RO diyakini menjadi pilihan mode komunikasi karena proses transmisi pesan berkurang dari sisi jalur dan jumlah pesan. Namun pada perangkat bergerak yang memiliki keterbatasan energi perlu adanya evaluasi penggunaan energinya pada saat menjalankan RO. Eksperimen yang telah dilakukan menunjukkan bahwa mode RO dapat menghemat energi perangkat hingga 4%. Namun tentunya RO bukan satu-satunya faktor yang dapat menghemat energi. Untuk itu diperlukan penelitian lebih lanjut agar dapat diketahui kontribusi faktor-faktor lain yang dapat menghemat energi pada perangkat bergerak.

REFERENSI

- [1] Statistik Internet Dunia, 2021, <http://www.internetworldstats.com/>.
- [2] Marcelino, Valdo. "Pengukuran Dan Analisis Parameter Qos Pada Jaringan Mobile IPv6 Untuk Aplikasi Game Online." Universitas Indonesia, Jakarta (2012).
- [3] Alhofiki Abdurachman "Analisis Handover Pada Heterogeneous Network Menggunakan Objek Bergerak Dengan Parameter Handover Trigger", Bandar Lampung, 2017
- [4] Praptodiyono, Supriyanto, Teguh Firmansyah, Mudrik Alaydrus, M. Iman Santoso, Azlan Osman, and Rosni Abdullah. "Mobile IPv6 Vertical Handover Specifications, Threats, and Mitigation Methods: A Survey." Security and Communication Networks 2020 (2020).
- [5] Perkins, Charles E., and David B. Johnson. "Route optimization for mobile IP." cluster computing 1, no. 2 (1998): 161-176.
- [6] El Ksimi, Ali, and Cherkaoui Leghris. "Minimising the impact of IPv6 neighbour discovery messages on energy consumption in small objects networks." IET Networks 7, no. 4 (2018): 226-232.
- [7] Lamaazi, Hanane, Nabil Benamar, and Antonio J. Jara. "RPL-based networks in static and mobile environment: A performance assessment analysis." Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences 30, no. 3 (2018): 320-333.
- [8] Lee, In, and Kyoochun Lee. "The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises." Business Horizons 58, no. 4 (2015): 431-440.
- [9] Ahmed, Amjed Sid Ahmed Mohamed Sid, Rosilah Hassan, and Nor Effendy Othman. "IPv6 neighbor discovery protocol specifications, threats and countermeasures: a survey." IEEE Access 5 (2017): 18187-18210.

- [10] Praptodiyono, S., A. S. Pramudyo, A. Irfan, M. I. Santoso, and A. Osman. "Experimental evaluation of real-time packets transmission during vertical handover process on mobile ipv6." In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 673, no. 1, p. 012051. IOP Publishing, 2019.

