

ANALISIS KINERJA HMIPV6 PADA HANDOVER JARINGAN BERGERAK MENGGUNAKAN SIMULASI OMNET++

1st Jihan Tamima Fauziah
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University Surabaya
Surabaya, Indonesia

Jihantfzh@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Fannush Shofi Akbar
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University Surabaya
Surabaya, Indonesia

fannushakbar@telkomuniversity.ac.id

3rd Hendy Briantoro
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University Surabaya
Surabaya, Indonesia

hendybr@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Kebutuhan yang semakin meningkat akan koneksi internet yang stabil dalam situasi mobilitas tinggi mendorong penciptaan protokol jaringan yang lebih efisien. Mobile IPv6 (MIPv6) dan Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6) adalah dua protokol yang dirancang untuk mendukung pergerakan perangkat dalam jaringan IP. Penelitian ini bertujuan untuk menilai kinerja kedua protokol tersebut dalam proses handover pada jaringan bergerak dengan skenario 1 dan 10 Mobile Node (MN). Simulasi dilakukan menggunakan OMNeT++ dengan INET Framework, dan parameter yang diamati meliputi kehilangan paket, keterlambatan, serta throughput. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan jumlah MN secara signifikan meningkatkan kehilangan paket pada kedua protokol. Dalam skenario 1 MN, HMIPv6 mencatat kehilangan paket sebesar 5,60% dibandingkan dengan MIPv6 yang mencapai 17,10%. Namun, pada skenario 10 MN, keduanya mengalami penurunan kinerja yang signifikan dengan kehilangan paket lebih dari 81%. Meskipun MIPv6 sedikit lebih baik dalam throughput, HMIPv6 memiliki keuntungan arsitektural dengan kemampuan pengelolaan handover lokal melalui Mobility Anchor Point (MAP). Ini menjadikan HMIPv6 lebih efisien dalam menghadapi skenario mobilitas yang tinggi dan jaringan yang padat.

Kata kunci— hmipv6, mipv6, handover, jaringan bergerak, omnet++

Mobile IPv6 (MIPv6) dibuat oleh IETF untuk memenuhi kebutuhan mobilitas jaringan yang memungkinkan Mobile Node (MN) untuk tetap terhubung meskipun berpindah lokasi. Tetapi, MIPv6 masih memiliki sejumlah batasan, khususnya dalam efisiensi proses handover yang memerlukan pembaruan lokasi ke Home Agent dan Correspondent Node, sehingga menghasilkan latensi yang cukup tinggi.

Untuk mengatasi masalah ini, Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6) diluncurkan dengan metode arsitektur bertingkat melalui elemen Mobility Anchor Point (MAP). MAP berfungsi sebagai pengatur mobilitas lokal yang mempermudah proses pembaruan lokasi ketika Mobile Node (MN) berpindah dalam area jaringan yang sama. Dengan metode ini, HMIPv6 diharapkan mampu menurunkan beban sinyal ke pusat serta mempercepat proses perpindahan lokal.

Sejumlah penelitian telah menilai kinerja MIPv6 dan HMIPv6, tetapi masih sedikit analisis yang secara khusus mengkaji pengaruh meningkatnya jumlah Mobile Node terhadap kinerja jaringan. Dengan demikian, studi ini dilaksanakan untuk secara kuantitatif mengevaluasi performa kedua protokol menggunakan simulasi yang berbasis OMNeT++ dan INET Framework dengan parameter penilaian seperti keterlambatan, kehilangan paket, dan throughput.

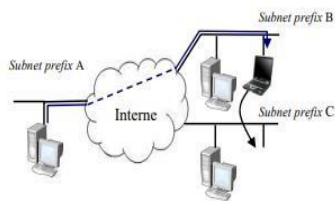
I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan teknologi komunikasi nirkabel serta perangkat bergerak meningkat pesat seiring dengan bertambahnya pemakaian perangkat pintar, Internet of Things (IoT), dan aplikasi yang memerlukan konektivitas yang terus-menerus, seperti streaming video, VoIP, serta layanan berbasis awan. Perkembangan ini mengharuskan adanya sistem jaringan yang tidak hanya cepat dan dapat diandalkan, tetapi juga mampu beradaptasi dengan pergerakan lokasi pengguna yang dinamis. Dalam dunia jaringan IP, tantangan utama yang dihadapi adalah bagaimana memastikan koneksi tetap terjaga tanpa gangguan ketika pengguna berpindah dari satu jaringan ke jaringan yang lain, suatu proses yang dikenal dengan istilah handover.

II. KAJIAN TEORI

A. Mobile IPv6 (MIPv6)

Mobile IPv6 adalah pengembangan dari protokol IPv6 yang telah dirancang oleh Internet Engineering Task Force (IETF) untuk mendukung pergerakan node dalam jaringan IP. Sasaran utama MIPv6 adalah memungkinkan Mobile Node (MN) untuk berpindah dari satu jaringan ke jaringan lainnya tanpa kehilangan koneksi yang sedang aktif.



Gambar 1 Ilustrasi Mobile IPv6

MIPv6 memperkenalkan dua komponen penting, yaitu Home Agent (HA) dan Care-of Address (CoA). Ketika MN berpindah ke jaringan baru, ia akan mendapatkan CoA dan mengirimkan Pembaruan Binding ke HA dan Correspondent Node (CN) agar komunikasi dapat terus berjalan. Namun, proses ini menghadirkan keterlambatan yang cukup signifikan, terutama saat berpindah antar domain karena harus melibatkan komunikasi langsung dengan HA dan CN.

B. Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6)

Hierarchical Mobile IPv6 merupakan versi lanjutan dari MIPv6 yang dirancang untuk mengatasi masalah latensi yang tinggi serta overhead sinyal yang muncul pada MIPv6. HMIPv6 memperkenalkan elemen baru yang disebut Mobility Anchor Point (MAP), yang berfungsi sebagai penghubung lokal antara Mobile Node (MN) dan Home Agent (HA). Dengan adanya MAP, MN hanya perlu memperbarui lokasinya ke MAP ketika bergerak di dalam domain yang sama tanpa harus mengirimkan pembaruan ke HA atau Correspondent Node (CN). Ini memungkinkan proses perpindahan berjalan lebih cepat dan lebih efisien, terutama di jaringan dengan kepadatan tinggi dan tingkat mobilitas yang tinggi. MAP menyimpan dua jenis alamat: Regional CoA (RCoA) untuk komunikasi eksternal dan Local CoA (LCoA) untuk digunakan dalam domain lokal.

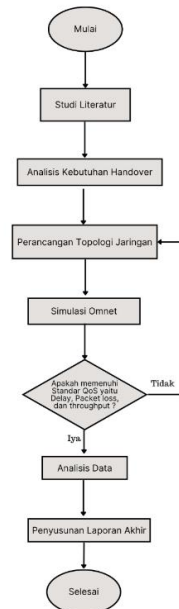
C. Handover

Handover adalah langkah pemindahan koneksi aktif dari satu sumber akses atau jaringan ke sumber akses lainnya tanpa mengganggu komunikasi yang sedang berlangsung. Ini sangat krusial untuk mempertahankan kontinuitas layanan seperti panggilan suara, streaming video, dan peralihan data dalam jaringan seluler. Dari segi mekanismenya, handover dibagi menjadi hard handover (break-before-make) yang mengakhiri koneksi sebelumnya sebelum membuat koneksi yang baru, dan soft handover (make-before-break) yang menciptakan koneksi baru terlebih dahulu sebelum memutuskan yang lama. Selain itu, handover dapat di kategorikan sebagai horizontal (antar sumber akses dalam jenis teknologi yang sama) atau vertikal (antara teknologi yang berbeda, misalnya dari Wi-Fi ke LTE). Kinerja handover umumnya dinilai menggunakan kriteria seperti latensi handover, kehilangan paket, throughput, dan jitter. Dalam Mobile IPv6 (MIPv6), handover membutuhkan pembaruan Alamat Care-of dan Binding Update ke Home Agent (HA) serta Correspondent Node (CN), yang dapat menambah latensi.

III. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan metode simulasi karena metode tersebut memberikan kebebasan untuk menguji

berbagai situasi dalam jaringan tanpa memerlukan penerapan fisik yang rumit. Simulasi dapat meniru kondisi nyata dalam sebuah lingkungan yang terkontrol, sehingga hasil analisis dapat dibandingkan dengan cara yang objektif. Dalam hal ini, perangkat lunak OMNeT++ digunakan, yang mendukung pemodelan jaringan serta komunikasi berdasarkan protokol. Framework INET dipakai karena menawarkan berbagai modul jaringan yang relevan untuk menguji mobilitas IP, termasuk penerapan Mobile IPv6 dan Hierarchical Mobile IPv6. Proses penelitian dibagi menjadi beberapa langkah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2 Flowchart Metode

Seluruh langkah dalam diagram alir menunjukkan proses sistematis yang diadopsi dalam penelitian ini demi memastikan setiap tahap dapat direncanakan dan diukur dengan baik. Dengan mengikuti urutan tersebut, simulasi dapat dilakukan secara konsisten untuk masing-masing protokol, sehingga perbandingan hasil bisa bersifat objektif dan sah.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi dilaksanakan untuk dua variabel jumlah Node Mobile (MN), yaitu 1 dan 10, dengan tujuan untuk mengevaluasi bagaimana peningkatan jumlah pengguna mempengaruhi efisiensi protokol MIPv6 dan HMIPv6. Parameter yang diperhatikan dalam penelitian ini mencakup kehilangan paket, laju transfer data, dan waktu tunda. Pengujian dilakukan dengan durasi simulasi 1800 detik, dengan waktu tunda antar jaringan yang telah dikonfigurasi secara manual antara 100 hingga 1000 ms.

A. Delay

Waktu tunda pada kedua protokol tidak menunjukkan perbedaan yang berarti karena telah diatur secara manual dalam skenario simulasi. Nilai tunda ditetapkan dari 100 ms sampai 1000 ms dan tidak dipengaruhi secara langsung oleh struktur MIPv6 atau HMIPv6. Dengan kata lain, analisis pada parameter ini tidak berfungsi sebagai pembeda utama dalam kinerja kedua protokol.

Tabel 1 Delay MIPv6 vs HMIPv6

Percobaan	MIPv6 Delay (ms)	HMIPv6 Delay (ms)
1	100	100
2	150	150
3	200	200
4	250	250
5	300	300
6	350	350
7	400	400
8	450	450
9	500	500
10	1000	1000

B. Packet Loss

Hasil dari pengukuran kehilangan paket yang diperoleh melalui simulasi MIPv6 dan HMIPv6, di mana simulasi dilakukan sebanyak 10 kali dengan jangka waktu 1800 detik untuk setiap percobaan.

B.1 Packet Loss 1 Pengguna

Hasil dari simulasi mengindikasikan bahwa dalam skenario dengan satu Mobile Node (MN), HMIPv6 secara konsisten menunjukkan kinerja yang lebih baik terkait kehilangan paket bila dibandingkan dengan MIPv6. Penyebabnya adalah keberadaan Mobility Anchor Point (MAP) di HMIPv6 yang memfasilitasi pengelolaan mobilitas secara lokal tanpa perlu terus-menerus berkomunikasi dengan Home Agent (HA). Sebaliknya, MIPv6 yang tidak memiliki komponen lokal seperti MAP harus melakukan pembaruan lokasi kepada HA dan Correspondent Node (CN), yang berakibat pada meningkatnya kemungkinan kehilangan paket.

Tabel 2 Packet Loss 1 Pengguna

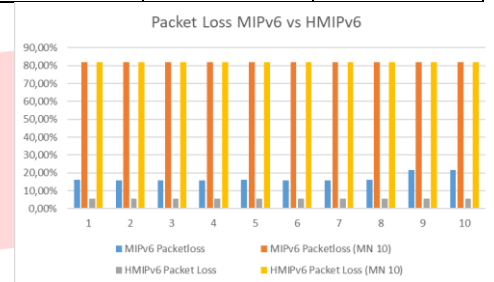
Percobaan	MIPv6	HMIPv6
1	16,04%	5,62%
2	15,96%	5,58%
3	15,97%	5,59%
4	16,00%	5,61%
5	16,01%	5,55%
6	15,99%	5,61%
7	15,97%	5,56%
8	16,02%	5,63%
9	21,47%	5,63%
10	21,55%	5,61%
Rata-rata	17,10%	5,60%

B.2 Packet Loss 10 Pengguna

Dalam skenario yang melibatkan 10 MN, kinerja kedua protokol mengalami penurunan yang signifikan. HMIPv6 mencatat peningkatan kehilangan paket hingga 82,00%, sementara MIPv6 mencapai angka 81,97%. Hal ini menggambarkan bahwa intensitas lalu lintas jaringan meningkat secara drastis sejalan dengan bertambahnya jumlah node yang melakukan handover secara bersamaan. Namun, perbedaan kinerja antara kedua protokol menjadi tidak signifikan dalam keadaan tersebut.

Tabel 3 Packet Los 10 Pengguna

Percobaan	MIPv6	HMIPv6
1	81,96%	82,00%
2	81,97%	82,03%
3	81,97%	82,00%
4	81,96%	82,02%
5	81,96%	81,99%
6	81,97%	81,98%
7	81,97%	81,99%
8	81,98%	81,99%
9	81,98%	82,02%
10	81,96%	81,99%
Rata-rata	81,97%	82,00%



Gambar 2 Grafik Packet Loss

C. Throughput

Pada bagian ini, hasil pengukuran throughput yang dihasilkan oleh simulasi HMIPv6 dan MIPv6 akan dijelaskan setelah sepuluh kali percobaan yang dilakukan selama 30 menit.

C.1 Throughput 1 Pengguna

Pada konteks MN tunggal, throughput tidak diperoleh melalui simulasi karena analisis kuantitatif difokuskan pada skenario dengan banyak node. Namun, secara teori, dengan jumlah node yang sedikit, jalur transmisi di MIPv6 dapat memberikan throughput yang lebih tinggi karena komunikasi langsung ke Correspondent Node tanpa adanya perantara. Sebaliknya, HMIPv6 bergantung pada MAP sebagai penghubung lokal, yang bisa menambah titik relay data, tetapi juga meningkatkan efisiensi dalam proses handover.

Tabel 4 Throughput 1 Pengguna

Percobaan	MIPv6 (Mbps)	HMIPv6 (Mbps)
1	90,29	107,42
2	90,29	107,32
3	90,44	107,41
4	90,34	107,30
5	90,26	107,37
6	90,39	107,34
7	90,40	107,31
8	90,39	107,32
9	89,73	107,47
10	89,76	107,38
Rata-rata	90,23	107,35

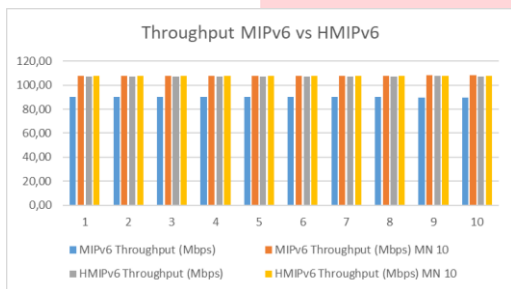
C.2 Throughput 10 Pengguna

Dalam situasi dengan 10 Mobile Node, hasil throughput menunjukkan bahwa MIPv6 mencapai

107,83 Mbps, sedikit lebih tinggi dibanding HMIPv6 yang berada di angka 107,54 Mbps.

Tabel 5 Throughput 10 Pengguna

Percobaan	MIPv6 (Mbps)	HMIPv6(Mbps)
1	107,90	107,51
2	107,78	107,52
3	107,73	107,56
4	107,81	107,54
5	107,72	107,62
6	107,75	107,64
7	107,74	107,50
8	107,77	107,48
9	108,02	107,55
10	108,03	107,49
Rata-rata	107,83	107,54



Gambar 3 Grafik Throughput

Secara keseluruhan, dalam kondisi MN tunggal, MIPv6 memiliki jalur transmisi yang lebih langsung sehingga throughput dapat lebih mendukung. Namun, seiring dengan meningkatnya jumlah MN, meskipun throughput MIPv6 masih sedikit lebih unggul, HMIPv6 tetap mampu bersaing dengan performa yang hampir setara sambil memberikan stabilitas koneksi dan efisiensi dalam signaling. Ini menunjukkan bahwa HMIPv6 lebih dapat diandalkan dalam skenario jaringan yang bersifat dinamis dan memiliki trafik padat. Delay pada kedua protokol tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan karena telah dikonfigurasi secara manual dalam skenario simulasi, sehingga tidak mencerminkan dampak langsung dari struktur protokol. Namun, dari perspektif efisiensi transmisi data, MIPv6 mencatat throughput yang sedikit lebih baik dibandingkan HMIPv6 pada kondisi 10 MN. Meskipun selisihnya kecil, hal ini menunjukkan bahwa arsitektur MIPv6 lebih optimal dalam hal jalur transmisi data langsung antara MN dan CN, tanpa melibatkan entitas perantara seperti MAP.

Walaupun begitu, penting untuk diingat bahwa pemanfaatan MAP pada HMIPv6 memberikan keuntungan dalam mengurangi beban sinyal yang dikirim ke jaringan inti, yang sangat berguna dalam jaringan dengan tingkat mobilitas yang tinggi. Dalam konteks implementasi dunia nyata, efisiensi signaling dan kecepatan handover yang lebih baik

pada HMIPv6 menjadi keunggulan signifikan yang sulit dicapai oleh MIPv6. Secara umum, keunggulan arsitektur HMIPv6 terletak pada pengelolaan mobilitas secara lokal melalui MAP, yang dapat mengurangi sinyal ke Home Agent dan menjaga kestabilan koneksi saat terjadi handover lokal. Ini membuatnya sangat cocok untuk diterapkan dalam jaringan dengan mobilitas tinggi dan padat.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis simulasi, HMIPv6 memperlihatkan kinerja yang lebih unggul bila dibandingkan dengan MIPv6, terutama dalam situasi dengan jumlah Node Bergerak yang terbatas. Keunggulan utama dari HMIPv6 terletak pada pengelolaan mobilitas secara lokal melalui titik jangkar mobilitas (MAP), yang bisa menurunkan waktu tunda, mempercepat proses peralihan, dan mengurangi kehilangan paket. Hal ini menjadikannya sangat efisien dalam lingkungan jaringan yang dinamis dengan tingkat mobilitas yang tinggi dan frekuensi perubahan node yang sering.

Dalam kondisi jaringan yang lebih ramai, seperti pada skenario yang melibatkan 10 Node Bergerak, kinerja kedua protokol mengalami penurunan, terutama dalam hal kehilangan paket. Namun, throughput dari kedua protokol tetap tinggi dengan perbedaan yang cukup kecil. MIPv6 sedikit lebih unggul dalam hal throughput karena jalur komunikasi yang langsung tanpa perantara, sedangkan HMIPv6 tetap menunjukkan stabilitas berkat efisiensi sinyal. Secara keseluruhan, HMIPv6 memberikan solusi yang lebih handal dan efisien untuk penerapan jaringan modern yang memerlukan kontinuitas layanan dalam keadaan mobilitas yang tinggi.

REFERENSI

- [1] R. Koodli, "Mobile IPv6 Fast Handovers," *IETF RFC* 5568, Jul. 2019.
- [2] W. Ma, Q. Liu, and L. Wang, "A new MAP selection solution for inter-domain mobility in HMIPv6," in *Proc. IEEE Int. Conf. on Communications (ICC)*, Dublin, Ireland, Jun. 2020, pp. 1–6.
- [3] S. Wiranandi, H. Prasetya, and L. Firmansyah, "Analisis perbandingan performansi FPMIPv6 dan FHMIPv6," *J. Telekomunikasi*, vol. 14, no. 2, pp. 89–95, 2023.
- [4] R. Wahyuant, D. Raharja, and A. Nugroho, "Mekanisme fast handover untuk proses mobility management di MIPv6," *J. Ilmu Komputer*, vol. 11, no. 1, pp. 23–31, 2020.
- [5] M. Alfafa, "Analisis vertical handover untuk UAV pada jaringan 6G," *J. Teknol. dan Jaringan*, vol. 8, no. 1, pp. 67–72, 2023.