

Menentukan Optimasi Routing dengan Pengaturan Route Advertisement pada Jaringan Mobile IPV6

Krisnha Prasetyo Surendro

Magister Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana

ABSTRAK

Tuntutan jaman yang serba modern terkait dengan teknologi adalah user mampu mendapatkan akses dimanapun dan kapanpun secara real time atau terus menerus. Pada penelitian ini ingin memodelkan jaringan WLAN pada akses point yang berbeda-beda menggunakan Mobile IPv6, agar didapatkan proses handover dengan throughput yang tinggi dan delay yang serendah-rendahnya. Diharapkan ketika user berpindah dari satu AP ke AP yang lain, komunikasi data tidak akan terputus, user tetap dapat membuka website, membuka email, bahkan tetap dapat melanjutkan download atau upload walaupun terjadi perpindahan antar AP. Hal tersebut dimungkinkan dengan menggunakan mobile IP. Untuk penelitian kali ini penulis memilih menggunakan mobile Ipv6 yang mempunyai banyak kelebihan dibandingkan dengan mobile Ipv4, beberapa diantaranya adalah proses route optimization dan auto address configuration. Metode penelitian yang digunakan terdiri dari metode analisa dan perancangan. Metode analisa dilakukan dengan cara menganalisa hasil simulasi router advertisement, juga menganalisa throughput, route optimasi, active access point, dan handover. Metode perancangan dilakukan dengan membuat jaringan Mobile IPv6 dengan menggunakan software OPNET Modeler. Dengan menggunakan parameter dari mobile IP maka didapatkan hasil bahwa simulasi dapat berjalan sesuai rencana, dimana user dapat handover dari AP satu ke AP lain, user dapat juga melakukan route optimization, bahkan dengan memodifikasi network modeling mampu didapatkan delay yang lebih kecil. Untuk mendapatkan hasil simulasi yang lebih baik, maka kita hendaknya mempelajari OPNET dengan lebih detil terkait dengan parameter-parameter didalamnya.

Kata kunci : ipv6, mobile ipv6, wlan, 802.11, OPNET

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Di era globalisasi ini perkembangan dunia teknologi semakin maju dimana kebutuhan akan informasi sudah menjadi hal yang utama. Oleh karena itu dunia jaringan komputer melalui internet pun menjadi suatu lahan bisnis yang menguntungkan. Ide dasar teknologi jaringan komputer adalah berbagi-pakai perangkat atau sumber daya lainnya.

Konvergensi digital antara dunia komputer dengan telekomunikasi saat ini sudah tidak dapat dielakkan lagi, kebutuhan akan pertukaran data dan informasi antara satu perangkat dengan perangkat lain tanpa mengenal jenis perangkat merupakan kebutuhan yang saat ini sedang diminati.

Teknologi selama ini seringkali menggunakan media kabel sebagai jembatan untuk menghubungkan *device-device* tersebut, namun dengan kabel berarti mengurangi sifat mobilitas dan fleksibilitas, dan tidak efisien.

Trend *wireless networking* memang tampaknya sedang menjadi topik yang paling hangat. Menghadirkan jaringan yang bebas dari kabel tentu memberikan kepuasan tersendiri. Kita bisa *browsing*, mengecek *e-mail*, sampai memantau jaringan, dimana saja, selama tersedia koneksi WiFi.

Dikarenakan tuntutan perkembangan aplikasi internet yang semakin pesat, IPv4 yang sudah terbukti tangguh menopang internet sekarang mulai bermasalah dengan semakin berkurangnya alokasi ip address yang tersedia. Walaupun IPv4 cukup sukses dalam efisiensi address dengan penggunaan NAT (*Network Address Translation*), tetapi tuntutan aplikasi internet yang bersifat realtime dan aman tidak dapat terpenuhi. Karena NAT menghambat aplikasi yang bersifat end to end user, seperti *Video conference* dll. Penggunaan IPv6 adalah solusi yang tepat untuk menopang internet sekarang. Banyak keuntungan yang diambil dari penggunaan IPv6 yaitu : Alokasi address yang lebih banyak, *Auto configuration address*, Adanya *traffic class* dan *flow label* untuk mendukung aplikasi realtime dan Ipv6 mendukung mobile ip, IPsec dll.

Dalam kondisi *mobile*, dimana semua orang butuh kemudahan, dan fleksibilitas, yaitu tetap bisa koneksi internet dimanapun tanpa terputus maka dikembangkanlah system IPv6 menjadi *Mobile IPv6*.

1.2. WLAN

Jaringan komputer tanpa kabel atau yang lebih sering disebut dengan istilah jaringan *wireless* dewasa ini semakin banyak dimanfaatkan oleh para pengguna komputer. Hal ini disebabkan karena kemudahan dari sistem *wireless* yang semakin mengurangi penggunaan teknologi kabel (*wire*) sebagai media untuk melakukan komunikasi data. Kecepatan akses, jangkauan serta harga peralatan yang digunakan untuk membangun sistem *wireless*-pun sudah relatif dapat dijangkau oleh pengguna komputer dari kalangan perorangan atau individu sekalipun. Dan yang tidak kalah pentingnya ada kemampuan yang bersifat "*mobile*", sehingga dapat dipergunakan dimana saja.

Komponen utama pembentuk jaringan tanpa kabel (*wireless networking*) adalah *Wireless Network Adapther* baik yang berupa *PCI Card*, *USB Card* maupun *PCMCIA*, *Access Point*, *Repeater* dan *Antena (optional)*.

1.3. IPv6

Menurut Charles E Perkins dan David B. Johnso dalam jurnal *Mobility Support in IPv6* :

IPv6 is derived from IPv4 and is in many ways similar to it. s such, the IETF Mobile IP Working Group's current protocol design for mobility of IPv4 nodes could be adapted for use in IPv6, with only the straightforward changes needed to accommodate differences between IPv4 and IPv6 such as the size of addresses. However, the development of IPv6 presents a rare opportunity, in that there is no existing installed base of IPv6 hosts or routers with which we must be compatible, and in that the design of IPv6 may still be adjusted to account for the few special needs of mobile nodes. This paper, therefore, considers how IPv6 can most naturally fulfil the support requirements for mobile nodes.

Alamat IP versi 6 (sering disebut sebagai alamat IPv6) adalah sebuah jenis pengalamatan jaringan yang digunakan di dalam protokol jaringan TCP/IP yang menggunakan protokol IP versi 6. Panjang totalnya adalah 128-bit, dan secara teoritis dapat mengalami hingga $2^{128}=3,4 \times 10^{38}$ *host* komputer di seluruh dunia. Contoh alamat IP versi adalah 21DA:00D3:0000:2F3B:02AA:00FF:FE28:9C5A.

Berbeda dengan IPv4 yang hanya memiliki panjang 32-bit (jumlah total alamat yang dapat dicapainya mencapai 4,294,967,296 alamat), alamat IPv6 memiliki panjang 128-bit. IPv4, meskipun total alamatnya mencapai 4 miliar, pada kenyataannya tidak sampai 4 miliar alamat, karena ada beberapa limitasi, sehingga implementasinya saat ini hanya mencapai beberapa ratus juta saja. IPv6, yang memiliki panjang 128-bit, memiliki total alamat yang mungkin hingga $2^{128}=3,4 \times 10^{38}$ alamat. Total alamat yang sangat besar ini bertujuan untuk menyediakan ruang alamat yang tidak akan habis (hingga beberapa masa ke depan), dan membentuk infrastruktur routing yang disusun secara hierarkis, sehingga mengurangi kompleksitas proses routing dan tabel routing.

Sama seperti halnya IPv4, IPv6 juga mengizinkan adanya DHCP Server sebagai pengatur alamat otomatis. Jika dalam IPv4 terdapat *dynamic address* dan *static address*, maka dalam IPv6, konfigurasi alamat dengan menggunakan DHCP Server dinamakan dengan *stateful address configuration*, sementara jika konfigurasi alamat IPv6 tanpa DHCP Server dinamakan dengan *stateless address configuration*.

1.4. Mobile IP

Semakin pesat perkembangan teknologi komunikasi dan informasi terutama dalam bidang komunikasi wireless sehingga semakin hari kebutuhan akan mobile semakin tinggi. Sedangkan untuk setiap perpindahan jaringan terjadi perubahan nomor IP(internet protocol). Dengan demikian diperlukan sebuah teknologi yang bisa melakukan fungsi untuk tidak merubah alamat IP meskipun berpindah dari suatu jaringan dengan jaringan lainnya. Teknologi yang bisa melakukan fungsi itu adalah Mobile IP. Dimana dalam teknologi ini ketika sebuah host berpindah dari

jaringan satu ke lainnya maka tidak mengalami perubahan IP. Dengan kata lain sebuah host akan mempunyai alamat yang tetap meskipun selalu berpindah jaringan. Semakin bertambahnya host yang berada pada suatu jaringan computer mengakibatkan kebutuhan akan IP semakin meningkat sehingga untuk memenuhi kebutuhan itu diperlukan adanya alokasi IP yang lebih banyak. Untuk itu dalam teknologi Mobile IP ini terdapat ada dua model, yaitu untuk mobile IP versi 4 dan mobile IP versi 6. Mobile IP versi 6 ini mendukung adanya koneksi yang lebih cepat karena didukung dengan adanya teknologi tunneling. Yaitu bidirectional tunnel dan route optimization. Dengan adanya Mobile IP ini diharapkan akan lebih memudahkan dalam pengaturan IP.

Dalam jaringan internet yang menggunakan kabel, ditetapkan bahwa alamat IP mengidentifikasi secara unik titik node yang terhubung pada internet. Karena itu sebuah node harus ditempatkan pada jaringan yang diidentifikasi oleh alamat IP nya dalam rangka untuk menerima datagram yang ditujukan kepadanya jika tidak, datagram yang ditujukan kepada node tidak akan terkirim. Untuk sebuah node yang merubah point of attachmentnya tanpa kehilangan kemampuan untuk berkomunikasi, maka salah satu dari dua mekanisme berikut harus dilakukan:

1. Node harus merubah alamat IP nya ketika node merubah titik hubungannya ke internet.
2. Rute tertentu host harus disebarakan ke seluruh perusahaan penyedia internet.

Kedua alternatif ini sering tidak dapat diterima. Alternative pertama membuat ini menjadi tidak mungkin bagi sebuah node untuk menjaga sambungan layer transport dan layer yang lebih tinggi ketika node merubah lokasinya. Alternatif kedua secara jelas akan menjadi masalah. Karena ini diperlukan sebuah mekanisme baru untuk mengakomodasi mobilitas node dalam internet yang memungkinkan node merubah attachmentnya dengan internet tanpa merubah alamat IP nya.

Fitur dari mobile IP ini diantaranya yaitu :

1. Support Host yang berpindah-pindah.
2. Tidak ada batasan geografis
3. Tidak ada modifikasi terhadap nomor IP
4. Keamanan jaringan terjamin

1.5. Alasan Menggunakan Mobile IP

Alamat IP dari sebuah host terdiri dari dua bagian yaitu bit alamat yang lebih tinggi menentukan jaringan dimana host tersebut terletak dan bit yang lebih rendah menentukan nomer dari host tersebut.

IP memilih hop selanjutnya dengan menentukan informasi jaringan dari alamat IP tujuan paket tersebut. Sebaliknya, level layer yang lebih tinggi seperti TCP mengatur informasi tentang sambungan yang disusun oleh quadruplet yang berisi alamat IP endpoint dan port number-nya. Jadi, ketika mencoba untuk melakukan mobilitas pada internet dibawah protocol suite yang ada, kita menghadapi dua masalah yang saling berhubungan yaitu : mobile node harus merubah alamat IP ketika berpindah ke jaringan lain, sehingga paket data dapat dikirimkan ke tujuan dengan benar. Untuk dapat tetap tersambung dengan

jaringan internet, mobile node harus memiliki alamat IP yang tetap. Perubahan alamat IP akan menyebabkan sambungan terganggu dan akhirnya putus. Mobile IP yang dirancang untuk mengatasi masalah tersebut dengan mengizinkan setiap mobile node untuk memiliki dua alamat IP dan mengatur dengan baik proses binding antara dua alamat tersebut. Salah satu dari alamat IP adalah alamat permanen home address yang berada pada home network dan digunakan untuk komunikasi endpoint, dan yang lainnya merupakan *temporary care - of address* yang menunjukkan lokasi sekarang dimana host tersebut berada. Tujuan utama dari mobile IP adalah untuk membuat mobilitas dapat semakin mudah untuk dikenali ke level protokol yang lebih tinggi seperti TCP dan untuk meminimalisasikan perubahan infrastruktur internet yang ada.

1.6. Mobile IPv6

Mobile IPv6 memungkinkan user dengan peralatan mobile dapat berpindah dari satu jaringan ke jaringan lainnya tanpa merusak aplikasi yang sedang berjalan. Hal ini dapat terjadi karena MN dengan home address-nya selalu terjangkau oleh HA. Inefisiensi yang terjadi akibat *triangular routing* pada Mobile IPv4 dapat dieliminasi oleh Mobile IPv6 dengan menggunakan *route optimization*. Pada *route optimization*, MN mengirimkan BU kepada Correspondent Node (CN) untuk menginformasikan dimana lokasi MN berada dengan memberitahu *Care of Address* (CoA). Setelah BU diterima oleh CN komunikasi dapat dilanjutkan melalui jalur langsung antara MN dengan CN tanpa melalui *triangular routing*.

1.7. Komponen Mobile IPv6

1. Home link atau *home network*

Home link merupakan sub-network dari HA. Home link mempunyai subnet prefiks *network* yang dikirimkan oleh HA melalui *router advertising*. MN menggunakan home subnet prefiks untuk menentukan *home address*.

2. *Home address*

Home address merupakan alamat tetap pada MN ketika berada pada home link atau *foreign link*. Dengan *home address*, proses koneksi antara MN dapat berlangsung tanpa bergantung pada lokasi MN tersebut. Paket yang dialamatkan ke alamat yang sesuai dengan *home* subnet prefiks akan dikirimkan ke *home link* menggunakan proses IPv6 routing. Jika MN berada pada home link, metode Mobile IPv6 tidak digunakan. Jika MN tidak berada pada home link proses metode Mobile Ipv6 digunakan untuk mengirim atau tunnel paket yang dialamatkan ke home address MN ke alamat MN yang sekarang.

3. HA

HA merupakan router pada home link yang memelihara informasi MN pada home link yang berpindah dari home link dan memelihara informasi alamat MN yang sekarang. Jika MN berada pada *home link*, HA akan berfungsi sebagai Ipv6 router yang bertugas untuk meneruskan paket yang dialamatkan ke MN. Jika MN berpindah dari *home link*, HA akan

melakukan proses tunnel paket yang dialamatkan ke *home address* MN ke alamat MN yang sekarang.

4. MN
MN merupakan IPv6 node yang dapat berpindah koneksi, mengubah alamat IPv6 dan memelihara reachability menggunakan home address. MN mempunyai informasi *home address* dan alamat global pada lokasi sekarang yang mengidentifikasi informasi pemetaan *home address* atau alamat lokasi sekarang HA dan IPv6 node lain yang sedang berkomunikasi dengan MN.
5. *Foreign link* atau *foreign network*
Foreign link merupakan *link* yang bukan merupakan *home link* MN. *Foreign link* ditandai dengan *foreign subnet prefiks*.
6. CoA
CoA merupakan alamat yang digunakan Mobile ketika MN terhubung ke *foreign link*. CoA merupakan kombinasi antara *foreign subnet prefiks* dan *interface ID* yang dimiliki oleh MN. MN dapat memiliki lebih dari satu CoA, tapi hanya satu CoA yang terdaftar sebagai *primary CoA* pada HA. Asosiasi CoA dengan *home address* untuk MN dinamakan binding. *Correspondent node* dan HA mengetahui informasi lokasi MN pada binding yang dinamakan *binding cache*.
7. Correspondent node
Correspondent node berupa computer yang merupakan IPv6 node yang dapat berkomunikasi dengan MN ketika berada pada home link atau ketika berpindah dari home link. Correspondent node dapat juga sebagai MN.

1.8. Mobile IP Agent Discovery

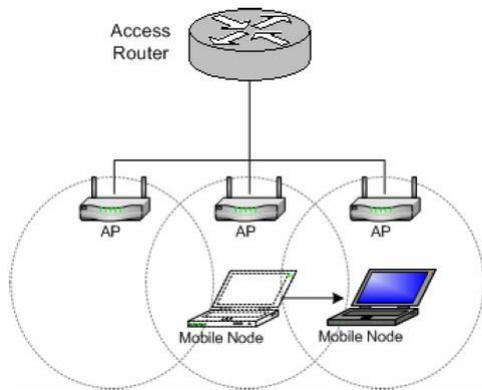
Movement detection dan *location discovery*, dua hal yang merupakan kebutuhan paling penting pada mobility protocol, dialamatkan pada Mobile IP melalui penggunaan *agent advertisements*. Mobile IP *agent advertisements* dibuat di atas Internet Control Message Protocol (ICMP) Router Discovery Protocol (IRDP), yang pertama kali diusulkan pada RFC 1256. IRDP terdiri dari dua macam pesan yang digunakan untuk mensupport Mobile IP, sebagai berikut:

- *Router Advertisement*
Yaitu sebuah pesan yang dikirimkan oleh router pada FA sebagai cara untuk menyampaikan pesan kepada MN bahwa router tersebut dapat mensupport service yang spesifik pada Mobile IP, misalnya *reverse tunneling*. Pesan-pesan ini disebut Mobile IP *agent advertisements*, dan dikirimkan baik dengan cara multicast atau broadcast IP.
- *Router Solicitation*
Yaitu pesan yang dikirimkan oleh MN untuk meminta router yang ada untuk mengirimkan *router advertisement*. Mobile IP *agent solicitation* diset menjadi 1. Dengan mengirimkan Mobile IP *agent solicitation* MN akan mengetahui apakah ada *mobile agent* yang dapat dihubungi, dan mengijinkan *location discovery* dapat dilakukan dengan lebih cepat dibandingkan jika MN harus menunggu *agent advertisement* yang dikirimkan secara periodik. MN dapat mengirimkan *solicitation*.

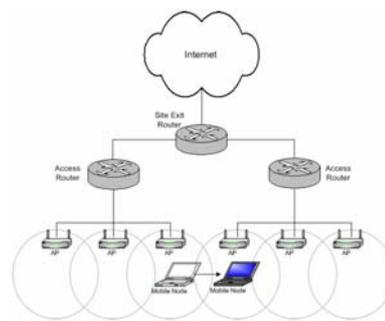
Penggunaan pesan-pesan ini mengijinkan MN untuk mempelajari Mobile Agent apa saja yang terdapat dalam jangkauannya, dan service apa saja yang tersedia pada *mobile agent*.

1.9. Mobile IPv6 Handover

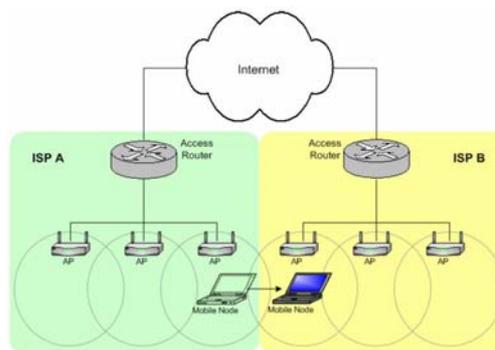
Handover adalah proses dimana MN berpindah dari satu jaringan access point (home network) ke jaringan access point yang lain (foreign network). Secara umum handover yang hanya mengalami perubahan pada link layer (layer 2 OSI) tanpa mengubah alamat IP dinamakan *horizontal handover*. Contohnya adalah ketika MN berpindah pada access point wireless LAN yang dilayani oleh IP access router yang sama. Pada terminology 802.11 kedua access point berada pada Extend Service Set (ESS) yang sama. Sedangkan *handover* yang terjadi ketika MN berpindah diantara access point yang berbeda ESS dan dilayani oleh access router yang berbeda dinamakan *Vertical Handover*. *Vertical handover* dapat terjadi diantara provider yang sama maupun provider yang berbeda.



Gambar 1. Horizontal *Handover*



Gambar 2. Vertical *Handover* pada ISP yang sama



Gambar 3. Vertical *Handover* pada ISP yang Berbeda

1.10. Proses Handover

Menurut K. Daniel wong (2005). *Wireless Internet Telecommunications*. Page 91:

Wireless is about freedom of movement. Managing the mobility of users is therefore one of the key technical challenges of wireless IP research. It would seem that a user should be able obtain some IP services no matter where the user is located. For example, you would like to be able to take your laptop with you to places other than where you normally use it, and still be able to obtain some IP services, even if not as rich a set of services as you might be used to.

Karakteristik MIPv6 pada wireless LAN mengidentifikasi bahwa latency mempengaruhi handover delay selama proses handover. Proses handover delay meliputi:

- Waktu deteksi perpindahan
Waktu yang diperlukan MN untuk mendeteksi dan memproses perpindahan ke titik akses yang baru.
- Waktu konfigurasi CoA
Waktu antara proses perpindahan dan waktu untuk mendapatkan alamat IPv6 global
- Waktu registrasi binding
Waktu selama pengiriman BU ke HA sampai menerima binding acknowledgement.
- Waktu route optimization
Selang waktu dari registrasi CoA baru dengan HA dan CN sehingga metode *route optimization* dapat digunakan.

1.11. Prosedur Proses Handover Mobile IPv6

Ketika MN berpindah jaringan (point of attachment), MN akan melakukan prosedur handover. Prosedur handover pada MIPv6 hampir sama dengan prosedur autoconfiguration pada saat IPv6 node *booting up* ke sebuah jaringan, tetapi terdapat beberapa perbedaan penting :

1. MN harus mengetahui bahwa dirinya telah berpindah ke jaringan baru.
2. Setelah terkonfigurasi MN harus menginformasikan HA dan CN mengenai lokasi barunya.
3. Selama prosedur handover berlangsung, layer 4 sampai dengan 7 masih aktif sehingga prosedur handover harus dilakukan secepat mungkin untuk meminimalisasi packet loss dan packet delay.

Prosedur handover pada Mobile IPv6 adalah sebagai berikut :

1. Deteksi perpindahan (*Movement detection*)
MN memiliki kemampuan untuk mendeteksi apakah dirinya masih berada di *home network* atau sudah berpindah ke *foreign network*. Untuk mengetahui apakah CAR (Current Access Router) masih terjangkau secara dua arah, MN melakukan *Neighbour Unreachability Detection* (NUD) secara berkala. Apabila CAR tidak terjangkau maka MN akan mengirimkan *router solicitation* untuk mencari router yang baru.
2. Router discovery
Proses *router discovery* terjadi ketika MN menerima Router advertisement dari Access router yang baru (NAR). Hal ini bisa terjadi karena router advertisement yang dikirimkan secara periodic oleh NAR ke semua Node secara multicast, atau bisa karena router solicitation yang dikirimkan oleh

MN. MN akan mengirimkan router solicitation ke CAR tidak dapat dijangkau dan akan mengirimkan *solicited router advertisement*, atau bisa pula menerima *unsolicited router advertisement* dari NAR yang dikirim secara periodic.

3. Konfigurasi CoA

MN mengkonfigurasi dirinya dengan alamat IPv6 pada jaringan yang baru. Ini yang dinamakan CoA. Konfigurasi alamat IPv6 dapat dilakukan dengan dua cara, yakni stateful atau stateless autoconfiguration.

a) Stateless Autoconfiguration Address

MN secara otomatis mengkonfigurasi alamat IP dengan menggabungkan prefiks NAR dengan MAC address NIC

b) Stateful Configuration

Mekanisme ini menggunakan DHCPv6. kebanyakan operator jaringan yang berbasis 6Net lebih menyukai penggunaan DHCPv6 agar dapat mengontrol dan mendokumentasi penggunaan alamat IPv6.

4. Duplicate Address Detection

MN yang berpindah ke jaringan yang baru melakukan proses DAD untuk CoA yang didapatkan dari hasil konfigurasi stateless atau statefull. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi duplikasi alamat IPv6 yang sama di dalam jaringan. Apabila terdapat *node* lain yang menggunakan alamat yang sama seperti CoA, akan terjadi dua hal:

- Node duplikat tersebut akan mendapatkan pesan *neighbour solicitation* dan akan membalas dengan *neighbour advertisement* (dikirimkan ke semua node secara multicast) dan memberitahukan alamatnya kepada MN.
- MN akan menerima *neighbour solicitation* (dengan CoA-nya sebagai alamat pentargetan) dari node duplikat yang juga sedang melakukan proses DAD

Menurut Hsiao-Hwa Chen & Muhsen Guizani. (2006). *Next Generation Wireless System and Network*, hal 240 :

A mobile node discovers its foreign and HAs via a process called agent discovery. During the agent discovery phase, the home agent and foreign agent advertise their services on the network by using the ICMP Router Discovery Protocol (IRDP). The mobile node listens to these advertisements to determine if it is connected to its home network or a foreign network. The mobile node then registers its current location with the foreign agent and HA during the registration process. The mobile node is configured with the IP address and mobility security association (which includes the shared key) of its HA. Thereafter, the mobile node sends packets using its home IP address, effectively maintaining the appearance that it is always on its home network. Even while the mobile node is roaming on foreign networks, its movements are transparent to correspondent nodes – this is sometimes called tunneling.

Mobile node selalu diharapkan untuk dialamatkan pada home addressnya, meskipun ia berada pada home linknya atau jauh dari home. Home address adalah alamat IP diberikan pada mobile node dengan home subnet prefiknya pada home link.

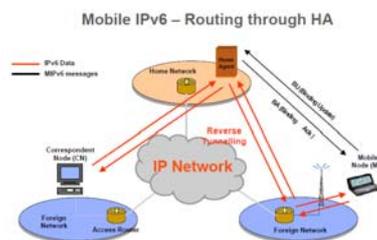
Sementara mobile node berada pada home, paket dialamatkan pada home

adresnya kemudian dirutekan ke sambungan mobile node link menggunakan mekanisme routing. Sementara mobile node menempel pada beberapa foreign link yang jauh dari home, ia juga dapat dialamatkan pada satu atau lebih care-of address merupakan sebuah alamat IP yang dihubungkan dengan mobile node yang mempunyai subnet prefix dari sebuah foreign link tertentu. Mobile node dapat memperoleh care-of addressnya melalui mekanisme IPv6 konvensional seperti stateless atau statefull autoconfiguration. Selama mobile node tinggal pada lokasi ini, paket dialamatkan pada care-of address ini untuk kemudian dirutekan ke mobile node. Mobile node dapat juga menerima paket-paket dari beberapa care-of address, seperti ketika ia sedang bergerak tetapi masih dapat dicapai pada link sebelumnya.

Hubungan antara mobile node home address dan care-of address dikenal sebagai "Correspondent node" untuk mobile node. Sementara ketika jauh dari home, sebuah mobile node mendaftarkan care-of address secara utama dengan router pada home linknya, permintaan kepada router ini untuk berfungsi sebagai "home agent" untuk mobile node. Mobile node ini membuat registrasi binding dengan mengirimkan pesan "Binding Update" ke home agent. Home agent membalas ke mobile node dengan mengembalikan pesan "Binding Acknowledgement".

Ada dua mode komunikasi yang mungkin antara mobile node dan correspondent node yaitu :

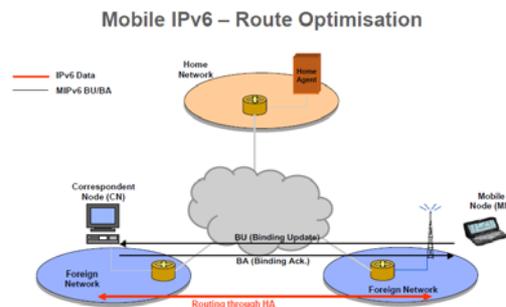
1. Mode yang pertama adalah bidirectional tunneling. Pada mode ini tidak memerlukan dukungan dari correspondent node dan bahkan tersedia jika mobile node tidak mendaftarkan bindingnya yang terbaru dengan correspondent node. Paket-paket dari correspondent node dirutekan ke home agent dan kemudian disalurkan ke mobile node. Paket-paket ke correspondent node disalurkan dari mobile node ke home agent ("reverse tunneled") dan kemudian secara normal dari home network ke correspondent node. Pada mode ini, home agent menggunakan proxy Neighbor Discovery untuk menahan beberapa paket IPv6 yang dialamatkan ke mobile node home address pada home link. Setiap paket yang ditahan disalurkan ke mobile node's primary care-of address. Penyaluran ini menggunakan enkapsulasi IPv6.



Gambar 4. Bidirectional Tunneling

2. Mode kedua adalah route optimization. Mode ini memerlukan dukungan mobile node untuk mendaftarkan bindingnya pada correspondent node. Paket-paket dari correspondent node dapat dirutekan secara langsung ke care-of address dari mobile node. Ketika mengirimkan sebuah paket ke beberapa tujuan correspondent node mengecek binding yang tertahan untuk masukan untuk paket destination address. Jika binding yang tertahan untuk alamat

tujuan ditemukan, node menggunakan sebuah dari tipe dari IPv6 routing header yang baru untuk meroutekan paket mobile ke mobile node dengan cara care-of address menandai pada binding ini. Peroutingan paket secara langsung ke mobile node care of address membolehkan penggunaan jalur komunikasi terpendek. Ini juga menghilangkan congestion pada mobile node home agent dan home link. Sebagai tambahan, dampak dari kemungkinan kegagalan dari home agent atau network pada jalur dapat dikurangi. Ketika peroutingan paket secara langsung ke mobile node, correspondent node menyesuaikan destination address pada IPv6 header ke node care-of address dari mobile node. Sebuah tipe IPv6 routing header yang baru juga ditambahkan ke paket untuk dibawa ke home address yang ditentukan. Sama miripnya, mobile node menyesuaikan source address dalam IPv6 paket header ke care-of address nya yang baru. Mobile node menambahkan pilihan tujuan IPv6 "home address" yang baru untuk membawanya ke home address. Pencantuman home address pada paket-paket ini membuat penggunaan care of address transparan diatas network layer



Gambar 5. Route Optimisation

Roaming

Jika ada beberapa area dalam sebuah ruangan di cakupi oleh lebih dari satu Access Point maka cakupan sel telah melakukan overlaccess point. Setiap wireless station secara otomatis akan menentukan koneksi terbaik yang akan ditangkapnya dari sebuah Access Point. Area Cakupan yang Overlapping merupakan attribut penting dalam melakukan setting Wireless LAN karena hal inilah yang menyebabkan terjadinya roaming antar overlapping sells.

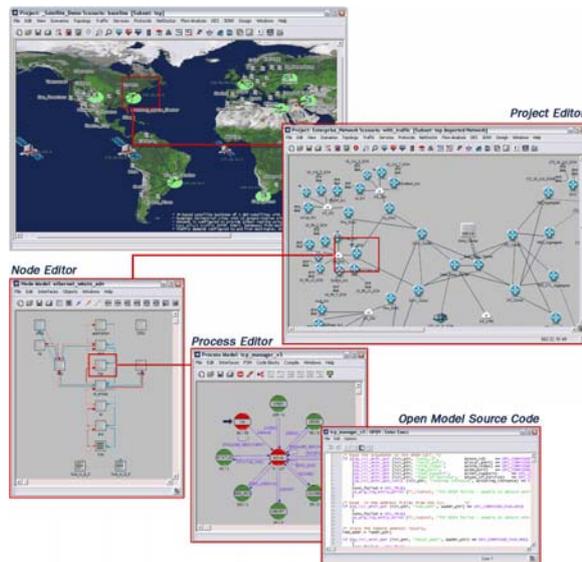
Roaming memungkinkan para pengguna mobile dengan portable station untuk bergerak dengan mudah pada overlapping sells. Roaming merupakan work session yang terjadi ketika bergerak dari satu cell ke cell yang lainnya. Sebuah gedung dapat dicakupi oleh beberapa Access Point. Ketika areal cakupan dari dua atau lebih access point mengalami overlapping maka station yang berada dalam areal overlapping tersebut bisa menentukan koneksi terbaik yang dapat dilakukan, dan seterusnya mencari Access Point yang terbaik untuk melakukan koneksi. Untuk meminimalisasi packet loss selama perpindahan, Access Point yang lama dan Access Point yang baru saling berkomunikasi untuk mengkoordinasikan proses.

1.12. OPNET

Menurut Xinjie Chang dalam jurnalnya yang berjudul NETWORK SIMULATIONS WITH OPNET, Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference P. A. Farrington, H. B. Nembhard, D. T. Sturrock, and G. W. Evans, eds. Disebutkan bahwa :

OPNET (Optimized Network Engineering Tool) provides a comprehensive development environment for the specification, simulation and performance analysis of communication networks. A large range of communication systems from a single LAN to global satellite networks can be supported. Discrete event simulations are used as the means of analyzing system performance and their behavior.

OPNET Modeler adalah sebuah *network simulator* yang dirancang oleh OPNET Technologies Inc. OPNET Modeler mengakselerasikan R&D *network*, mengurangi *time-to-market*, dan meningkatkan kualitas produk. Dengan menggunakan simulasi, *network designers* dapat mengurangi biaya penelitian dan memastikan kualitas produk yang optimal. Teknologi terbaru OPNET Modeler menyediakan sebuah lingkungan untuk mendesain protokol dan teknologi juga menguji dan mendemonstrasikan dengan skenario yang realistis sebelum diproduksi. OPNET Modeller digunakan perusahaan perlengkapan jaringan terbesar di dunia untuk meningkatkan desain dari *network devices*, teknologi seperti VoIP, TCP, OSPFv3, MPLS, IPv6 dan lain-lainnya.



Gambar 6. Sistem OPNET Modeler

Di dalam simulasi jaringan berbasis IP khususnya IPv6 dengan mempergunakan simulator OPNET, hal-hal yang perlu dilakukan antara lain:

a. Konfigurasi Jaringan

Di dalam software OPNET harus dilakukan penggambaran model jaringan yang akan disimulasikan. Konfigurasi yang digambarkan disesuaikan dengan model jaringan yang akan disimulasikan. Secara umum untuk menggambarkan suatu jaringan berbasis IP antara lain terdapat: Router, bridge/switch, hub,

LAN, link baik yang dipergunakan untuk menghubungkan antar router ataupun hubungan ke user, workstation, application server, dll. Kelengkapan suatu model akan tergantung kepada kebutuhan dan kerumitan jaringan yang diinginkan.

b. Profile User

Dipergunakan untuk menggambarkan profile dari user yang disimulasikan di dalam model tersebut. Sebagai contoh, profile karyawan akan memiliki profile sesuai dengan kondisi karyawan di dalam suatu perusahaan apakah dia memiliki aksesibilitas untuk menjalankan semua aplikasi di dalam jaringan perusahaan tersebut atau terbatas.

c. Layanan

Dipergunakan untuk menggambarkan aplikasi/layanan apa saja yang dijalankan di dalam jaringan tersebut. Di dalam simulator OPNET, aplikasi yang dapat dijalankan antara lain Email, TELNET, Database, FTP, Print, VoIP, remote login, video conference ataupun aplikasi lain yang disesuaikan dengan kebutuhan pelanggan. Aplikasi tersebut merupakan aplikasi yang default telah disediakan oleh OPNET, dan masing-masing terdiri atas aplikasi yang dijalankan secara umum, rendah, berat ataupun dapat disetting sesuai kebutuhan.

d. Parameter-parameter lain yang biasanya dipergunakan secara khusus seperti QoS, routing protocol, dll.

Dari penjelasan tersebut disimpulkan bahwa OPNET Modeler mampu melakukan modeling, analisa dan memprediksi performansi dari sebuah infrastruktur IT. OPNET juga dapat melakukan simulasi terhadap suatu titik tertentu saja ataupun untuk semua titik di dalam suatu jaringan. Di dalam OPNET hasil simulasi dapat menghasilkan suatu simulasi yang menggambarkan suatu kondisi jaringan dari waktu ke waktu. Bila fungsi ini dijalankan maka akan muncul jaringan yang digambarkan serta gerakan trafik yang berjalan dari awal ke akhir secara real. Gambaran ini memudahkan kita untuk belajar bagaimana cara kerja suatu jaringan berbasis paket dari awal hingga akhir.

Dalam simulasi ini pula dicatat berbagai pesan error atau sekedar pesan peringatan baik dari sudut pandang konfigurasi, setting protokol dan aplikasi, overload transmisi, maupun kesalahan-kesalahan lain yang dapat mengakibatkan turunnya performansi jaringan. Simulasi yang baik adalah jika dapat mempresentasikan jaringan mendekati keadaan sebenarnya, sehingga munculnya berbagai kesalahan dapat menjadi koreksi terhadap jaringan yang dimodelkan tersebut.

Simulasi ini digunakan untuk riset, dimaksudkan agar perubahan perangkat keras dan perangkat lunak dapat dilakukan relatif secara cepat dan dengan biaya murah, tentunya juga bisa langsung merubah kondisi jaringan yang ada tanpa harus repot.

Sudah banyak Universitas yang menggunakan program ini untuk melakukan proyek penelitian dan pengembangan, data dari situs reminya www.opnet.com

total ada 750 buah Universitas yang melakukan riset menggunakan software tersebut, diantaranya :

- a. University of California Berkeley, USA : IEEE 802.11e
- b. University of Cambridge, UK: Simulating channel allocation performance
- c. Munich University of Technology, Germany: Research in Next-Generation Networks
- d. Yale University, USA : Self Adaptive Routing in Dynamic Environments

Kondisi jaringan secara nyata bila diubah membutuhkan biaya yang sangat mahal. Kemungkinan yang terjadi ketika jaringan berubah adalah :

1. Bisa saja router ketika diganti akan membuat performansi jaringan menjadi menurun.
2. Bisa saja ketika akan melakukan streaming atau video conference, maka web server akan menjadi down.
3. Banyak perusahaan yang akan jatuh pailit jika kondisi jaringannya bermasalah.

Simulasi adalah jawabannya, sebab kita bisa membuat pemodelan jaringan dari kondisi jaringan yang sudah ada. Keandalan simulasi ditentukan oleh tingkat kualitas software dan tingkat keakurasian model/perangkat.

Tahap simulasi merupakan tahap yang paling panjang dari seluruh waktu simulasi ini. Hal ini dikarenakan simulasi harus dilakukan secara bertahap dari komposisi jaringan yang paling sederhana hingga sampai pada komposisi yang sesungguhnya.

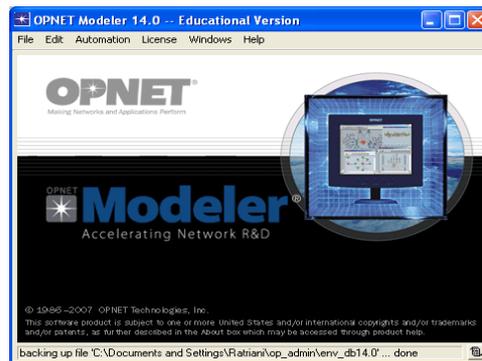
2. METODOLOGI

Supaya tujuan tercapai, penulis menggunakan software OPNET. OPNET adalah aplikasi teknologi perencanaan jaringan dan administrator, perencanaan kualitas jaringan kearah yang lebih baik yang dapat membantu kita membuat percobaan terkait dengan skenario. Program ini menyediakan cakupan luas dalam mendesain dan menganalisis proses menjadi lebih cepat dan mudah. OPNET juga dilengkapi modul-modul standar untuk pemodelan obyek jaringan, termasuk protokol standar dan vendor, sebaik kemampuan membuat obyek baru yang nyata.

2.1. Skenario Simulasi

Untuk membuktikan bahwa teori Mobile IPv6 dapat berjalan dengan baik, maka diperlukan praktek untuk mengimplementasikan teori-teori yang ada. Dalam pengimplementasian Mobile IPv6 ini akan mensimulasi dengan menggunakan OPNET Modeller, sebagai miniature jaringan yang mencerminkan keadaan sebenarnya apabila teori ini diterapkan pada kondisi yang sesungguhnya. Jaringan ini harus dapat menggambarkan scenario MN yang bergerak keluar dari jaringan asalnya dan masuk ke dalam jaringan lain.

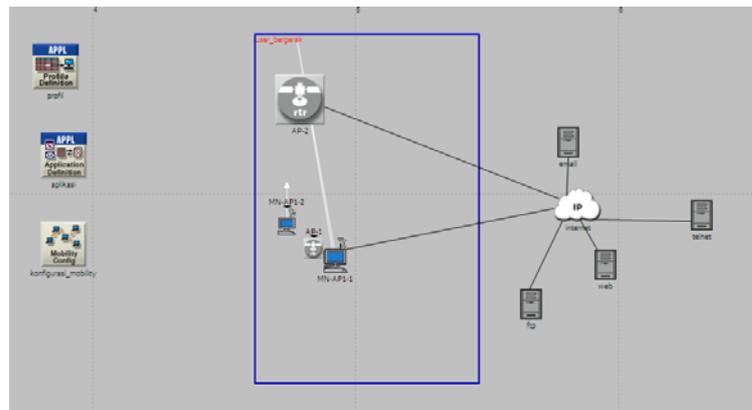
Tampilan pada software OPNET 14 ditunjukkan di gambar 7.



Gambar 7. tampilan awal Opnet modeler

Untuk mewujudkan hal di atas, penulis dalam hal ini menggunakan simulasi dengan bantuan software OPNET 14 Education, adapun data-data yang terkait sebagai berikut :

Simulasi 2 Access Point dengan 2 Mobile Node



Gambar 8. Topologi Skenario

Tabel 1. Konfigurasi IPv6

NAMA	No IP IF1	No IP IF2
AP1	2009:10::1	2009:20::1
AP2	2009:50::1	2009:60::1

Tabel 2. Konfigurasi Cloud

Internet	IF0	2009:20::10
	IF1	2009:40::10
	IF2	2009:60::10
	IF3	2009:80::10
	IF4	2009:100::10
	IF5	2009:120::10
	IF6	2009:140::10
	IF7	2009:160::10
	IF8	2009:180::10

Sedangkan untuk konfigurasi IP pada Mobile Node menggunakan Stateless address Configuration.

MN akan berpindah diantara 2 BSSID yang berbeda. Masing-masing BSSID memiliki *network* prefix yang berbeda dan terhubung pada router yang berbeda pula. Skenario ini dibuat agar menyerupai keadaan yang sebenarnya jika MN terhubung dengan Internet. Berikut adalah penjelasan bagi masing-masing node dalam scenario implementasi yang digunakan:

1. HA

HA yang digunakan pada skenario ini akan terletak pada *home network* (AP1). Dengan begitu HA harus memiliki Dua buah alamat IPv6 statis untuk menghubungkan dengan Internet dan *home network*. Alamat pertama 2009:20::1/64 untuk menghubungkan dengan Internet, alamat kedua 2009:10::1/64 untuk menghubungkan dengan *home network*.

2. MN

MN akan berada pada *home network*, lalu MN akan bergerak memutar *foreign networks* dan kembali lagi ke *home network*. MN ini memiliki diset menggunakan stateless address configuration sehingga mendapatkan IP dari AP didekatnya.

3. Foreign Router

Foreign Router dalam scenario ini adalah perwujudan dari jaringan-jaringan lain (*foreign networks*) yang terdapat pada internet. Dalam skenario ini terdapat 1 buah Foreign Router. Sama seperti HA, Foreign Router memiliki dua buah alamat IPv6 statis untuk koneksi dengan Internet dan untuk koneksi dengan *foreign network* masing-masing. Alamat pertama 2009:60::1/64 untuk menghubungkan dengan Internet, alamat kedua 2009:50::1/64 untuk menghubungkan dengan *foreign network*.

4. CN

CN merupakan node yang berupa komputer yang akan melakukan pertukaran data dengan MN mulai pada saat MN berada pada *home network* ke *foreign network* maupun sebaliknya. CN akan berada terus menerus dalam networknya. CN dalam scenario ini adalah sebuah Komputer server yang terdapat pada jaringan publik dengan IP address diset stateless auto configuration. CN ini memberikan layanan berupa mail server, http server, remote server, dan ftp server.

5. Cloud (Internet)

Cloud / internet digunakan juga pada skenario ini. Untuk melayani 2 AP dan 4 CN maka perlu diset routing pada cloud seperti digambarkan pada tabel 2.

2.2 Skenario Analisa Implementasi Mobile IPv6

Setting pada Simulasi :

1. *Application config*

Set pada mail light, mail heavy, web light, web heavy, ftp light, ftp heavy, remote light, remote heavy.

2. *Profile config*

Set dengan nama dosen_mhs, parameter disesuaikan dengan application.

3. *Mobility Domain*

Set range domain dengan nama user_bergerak untuk menyatakan perpindahan mobile node menggunakan trajectory vector.

4. *Konfigurasi Mobility*

Set menunjuk pada nama user_bergerak yang sebelumnya telah dinyatakan pada mobility domain

5. *Mobile Node*

Pada IP set IPv6 global, pada mobile set mobile node dan route optimation enable, pada profile set disesuaikan dengan profile config, pada wireless set untuk protokol 802.11G kecepatan 54 Mbps, SSID dengan nama 1 (di sesuaikan dengan Access Point terkait), power 0.009, roaming enable.

6. *Access Point*

Pada IP set IPv6, untuk IF1 dan IF2 sesuaikan dengan tabel, IF1 sebagai home agent ke user, IF2 sebagai router jalur ke internet sehingga ada 2 IP yang berbeda.

Misalnya : IF1 2001:10::1 dan IF2 2001:20::1.

Set wireless pada SSID 1 dan SSID 2 untuk masing-masing AP, power 0.005, protokol 802.11G kecepatan 54Mbps.

7. *Trajectory*

Menggunakan dua sistem yaitu trajectory vector (user berpindah-pindah sendiri sesuai dengan range domain yang sebelumnya telah ditetapkan menunjuk pada user_bergerak) dan trajectory manual (user berpindah-pindah sesuai dengan trajectory yang penulis tetapkan melalui define trajectory, menggunakan nama trajecory wifi, wifi2, dan wifi3 dengan kecepatan 0.5 km/jam).

8. Jalur koneksi ke internet menggunakan E1 (PPPE1).

9. Internet

Pilih cloud 32, set konfigurasi pada cloud sebanyak 6 Ipv6, masing-masing mewakili AP1, AP2, mail server, web server, ftp server, dan remote server.

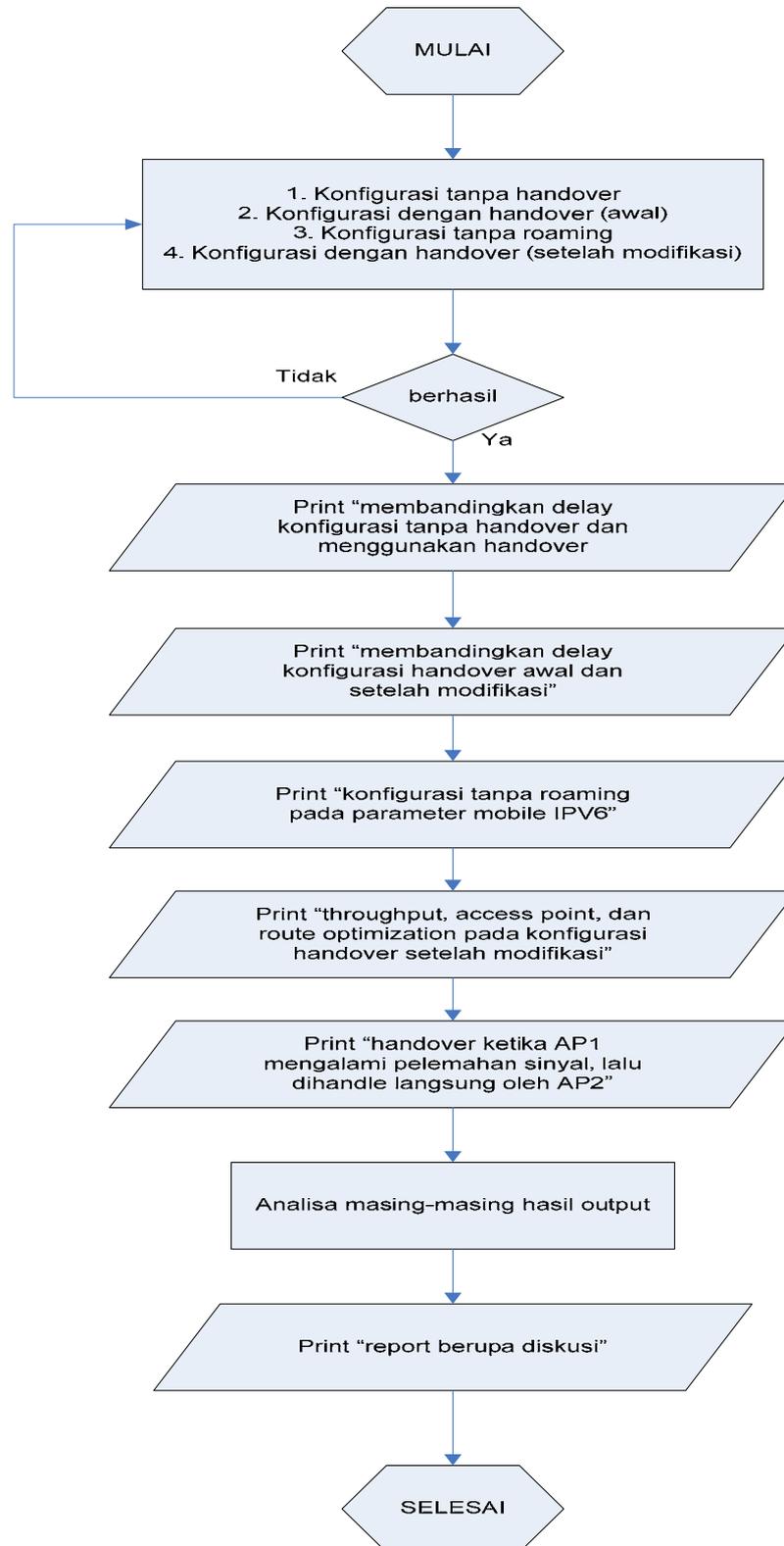
10. Server PPPMIPV

Set pada global, set support service sesuaikan dengan application config, set port masing-masing access point dan layanan service sesuaikan jalur pada cloud/internet.

11. Statistik yang diseting

- Global set MIPv6, WLAN, email, http, ftp, dan remote login
- Node set MIPv6, WLAN, client email, client http, client ftp, dan client remote login.
- Link statistik set point to point

Untuk penelitian ini menggunakan area CCIR dimana area terdiri dari kota kecil atau medium dengan 15.8% terdiri dari gedung, adapun kompilasi data menggunakan program visual C++.



3. HASIL DAN ANALISIS

3.1. Pengujian Skenario

Untuk menganalisa kinerja Mobile IPv6 dalam karya ilmiah ini kami akan membangun beberapa skenario dengan perincian sebagai berikut:

1. Skenario 1

Dalam skenario ini akan menganalisa perbandingan antara jaringan yang telah kita bangun sebelumnya sudah konvergen dan dapat berkomunikasi sebelum MN mulai bergerak (belum terjadi proses handover) dengan jaringan ketika sudah terjadi proses handover.

2. Skenario 2

Dalam skenario ini mulai menganalisa kinerja Mobile IPv6 yang ada. Dimana dalam skenario ini mau dibandingkan perubahan delay yang ada, jika *Router Advertisement Parameters* menjadi acuan, akan diubah nilai *Router Advertise Interval* yang ada, karena *Router Advertise Interval* mempengaruhi cepat lambatnya Router akan mengirim Advertisinya baik sukses atau gagalnya koneksi. Adapun hal yang dibandingkan adalah :

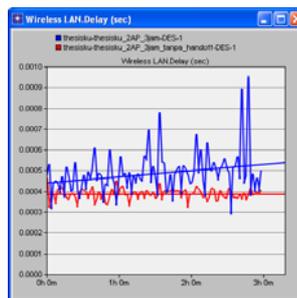
- Simulasi pada kondisi awal
- Simulasi pada kondisi ketika nilai route advertisement diperkecil 50%
- Simulasi pada kondisi ketika nilai route advertisement diperkecil 75%
- Simulasi pada kondisi ketika nilai route advertisement diperbesar 75%
- Simulasi pada kondisi ketika nilai route advertisement diperbesar 100%

3. Skenario 3

Akan dianalisa route optimation, active access point, throughput, jaringan tanpa menggunakan roaming serta ingin melihat proses handover lebih detil (ketika terjadi pelemahan sinyal pada AP1 bersamaan dengan itu terjadi penguatan sinyal pada AP2)

Dari data-data yang kami dapat dari skenario 1 sampai dengan 3 akan menjadi bahan acuan untuk analisa .

Maka didapatkan hasil sebagai berikut :

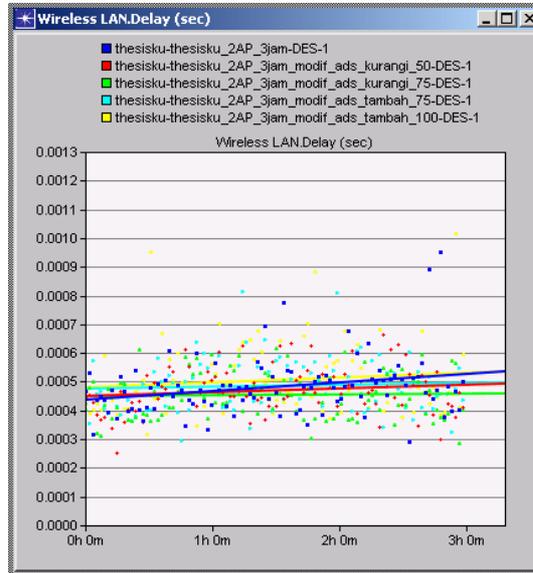


Gambar 9. Perbandingan simulasi dengan handoff dan tanpa handoff

Garis yang berwarna biru menunjukkan delay pada saat MN bergerak sedangkan garis yang berwarna merah menunjukkan delay pada saat MN tidak bergerak atau berpindah ke jaringan lain. Pada saat MN bergerak, MN tetap menjaga koneksi yang berlangsung. Maksudnya MN tetap dapat berkomunikasi dengan CN walaupun berpindah jaringan.

Dengan tingkatan delay seperti itu bisa menyebabkan performance dari konektivitas jaringan semakin menurun. Untuk meminimalisasi delay tersebut kami melakukan uji coba sebagai berikut

- Percobaan dengan memperkecil nilai *Router Advertise Interval* sebanyak 50% dan 75%, serta memperbesar sebanyak 50% dan 100%



Gambar 10. Perbandingan sebelum dan sesudah modifikasi menggunakan grafik diskret

Rata-rata delay sebelum modifikasi = 0.000484 (garis yang berwarna biru)

Rata-rata delay sesudah modifikasi dikurangi 50% = 0.000470 (garis yang berwarna merah)

Rata-rata delay sesudah modifikasi dikurangi 75% = 0.000454 (garis yang berwarna hijau)

Rata-rata delay sesudah modifikasi ditambah 75% = 0.000487 (garis yang berwarna biru muda)

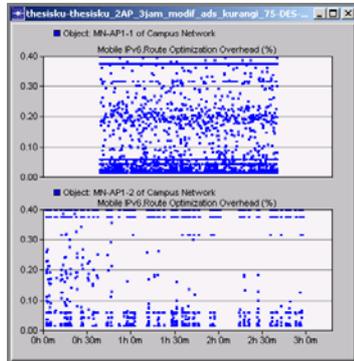
Rata-rata delay sesudah modifikasi ditambah 100% = 0.000505 (garis yang berwarna kuning)

Tabel 3. Perbandingan delay terkait route advertisement

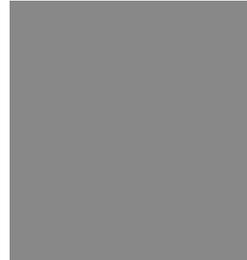
No	Kondisi Route Advertisement	Rata-rata delay (ms)	Selisi h	Delay bertambah (%)	Delay berkurang (%)
1	Awal	0.484			
2	Dikurangi 50%	0.470	0.014		2.8926
3	Dikurangi 75%	0.454	0.030		6.1983
4	Ditambah 75%	0.487	0.003	0.6198	
5	Ditambah 100%	0.505	0.021	4.3388	

Semakin diperbesar nilai route advertisement maka delay semakin besar, sebaliknya jika nilai route advertisement semakin diperkecil maka delay pun semakin kecil.

Dari simulasi didapatkan juga hasil terkait *route optimization*, *throughput*, *AP connectivity* dan *handover* sebagai berikut:

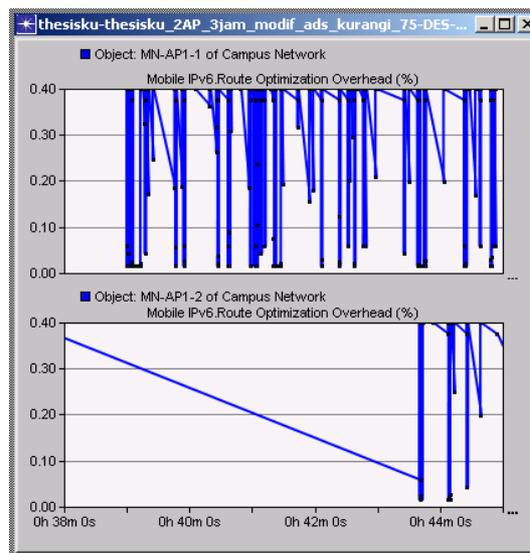


Gambar 11. Route Optimasi



Gambar 12. Tanpa Roaming

Setelah dilakukan pengamatan lebih detil pada route optimasi pada menit ke 38 sd 45 maka didapat grafik sebagai berikut :

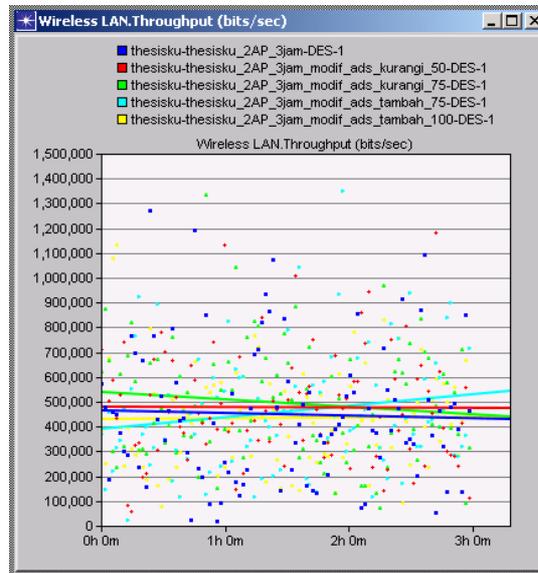


Gambar 13. Route Optimasi setelah di zoom

Untuk trajectory, route optimization terjadi pada menit ke 38 ketika MN berada pada foreign network, terlihat dimana MN secara langsung bertransaksi dengan CN tanpa melalui home agent. Sedangkan untuk vektor, route optimization terjadi berulang-ulang otomatisasi dari sistem. Pada simulasi tanpa roaming, maka mobile IPv6 tidak bisa bekerja, sehingga tidak terjadi proses route optimization.

Route Optimization overhead terlihat pada range 0,016% sampai dengan 0,4%, dengan demikian terjadi kelebihan beban pada saat pengiriman paket menggunakan mekanisme routing optimization. Semakin kecil rasio overhead maka delay semakin kecil, akibatnya bandwidth semakin besar, dengan kata lain

semakin kecil rasio overhead maka terjadi saving bandwidth (tidak memerlukan bandwidth lebih untuk mengirimkan paket).



Gambar 14. throughput grafik diskret

Rata-rata *throughput* sebelum modif sebesar 450 Kbps.

Rata-rata *throughput* sesudah modif dikurangi 50% sebesar 478 Kbps

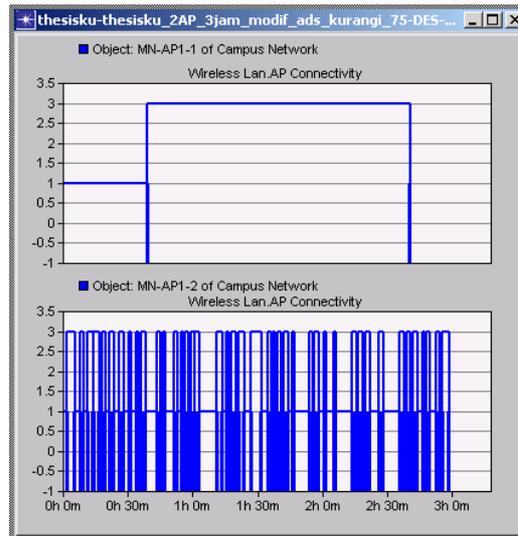
Rata-rata *throughput* sesudah modif dikurangi 75% sebesar 495 Kbps

Rata-rata *throughput* sesudah modif ditambah 75% sebesar 460 Kbps

Rata-rata *throughput* sesudah modif ditambah 100% sebesar 434 Kbps

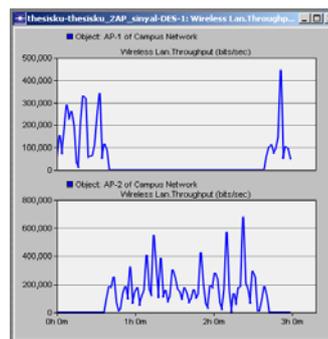
Tabel 4. Perbandingan throughput terkait route advertisement

No	Kondisi Route Advertisement	Rata-rata Throughput
1	Awal	450 Kbps
2	Dikurangi 50%	478 Kbps
3	Dikurangi 75%	495 Kbps
4	Ditambah 75%	460 Kbps
5	Ditambah 100%	434 Kbps



Gambar 15. AP Connectivity trajectory dan vektor

Untuk *trajectory* terlihat bahwa terjadi perpindahan AP untuk MN pada menit ke 38, yang tadinya SSID 1 berpindah ke SSID 3, sedang untuk vektor terjadi proses perpindahan yang terus berulang.



Gambar 16. handover dari AP1 ke AP2 dan sebaliknya

Terlihat sinyal dari AP1 di menit ke 36 mengalami pelemahan yang pada akhirnya di menit ke 38 di handel oleh AP 2, namun terulang kembali ketika pada menit ke 158 sinyal AP2 mengalami pelemahan kemudian dihandel kembali oleh AP1 pada menit ke 161.

4. KESIMPULAN

1.Pada percobaan dengan menggunakan parameter Router Advertise interval dihasilkan :

Settingan awal :

Distribution name=uniform (0.5 , 1), maknanya paket akan digenerated secara random pada interval diantara 0.5 detik sampai dengan 1 detik

Settingan modifikasi :

Sesuai percobaan, delay terkecil didapatkan ketika settingan awal dikurangi 75% sehingga menjadi : Distribution name=uniform (0.125 , 0.25), maknanya

paket akan digenerated secara random pada interval diantara 125 ms sampai dengan 250 ms.

Tabel 5. Route advertise interval

No	Kondisi Route Advertisement	Rata-rata delay (ms)	Selisih	Delay berkurang (dalam %)
1	Awal	0.484		
2	Dikurangi 75%	0.454	0.030	6.198

Dengan demikian, semakin kecil selisih interval, maka semakin cepat router memberitahukan ke MN, bahwa terdapat layanan mobile Ipv6 pada dirinya, dengan kata lain semakin kecil nilai router advertise interval, maka semakin berkurang pula delaynya, sehingga akan semakin memperbesar throughputnya.

2. Pada saat handover, mengalami delay yang lebih tinggi dibanding ketika tidak terjadi handover

Tabel 6. Handover

No	Kondisi	Delay (dalam satuan ms)
1	Handover	0.48
2	Tanpa Handover	0.37

Ini disebabkan ketika terjadi handover, MN sempat mengalami pelemahan sinyal di AP1 kemudian terjadi penguatan sinyal oleh AP2. Lalu pada saat MN memasuki daerah AP2, ketika mobile Ipv6 berfungsi, maka akan selalu mengalami binding, yaitu ikatan antara home address dengan care of address, ini juga mengakibatkan delay lebih tinggi sebab home agent selalu memantau posisi MN ada dimana ketika berada dalam foreign agent.

3. Route optimation terjadi pada menit ke 38 ketika MN berada pada foreign network, terlihat dimana MN secara langsung bertransaksi dengan CN tanpa melalui home agent. Sedangkan untuk vektor, route optimation terjadi berulang-ulang otomatisasi dari sistem. Pada simulasi tanpa roaming, maka mobile IPv6 tidak bisa bekerja, sehingga tidak terjadi proses route optimation.

Route Optimation overhead terlihat pada range 0,016% sampai dengan 0,4%, dengan demikian terjadi kelebihan beban pada saat pengiriman paket menggunakan mekanisme routing optimation. Semakin kecil rasio overhead maka delay semakin kecil, akibatnya bandwidth semakin besar, dengan kata lain semakin kecil rasio overhead maka terjadi saving bandwidth (tidak memerlukan bandwidth lebih untuk mengirimkan paket).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Martin Sauter. (2006). *Communication Systems for the Mobile Information Society*. New York: John Wiley and Sons
- [2] Youngsong Mun & Hyewon K. Lee.(2008). *Understanding IPv6*. Berlin: Springer
- [3] K. Daniel wong (2005). *Wireless Internet Telecommunications*. Boston: Artech.House
- [4] M. Poikselka. (2006). *The IMS IP Multimedia Concepts and Services*. Chichester: Wiley
- [5] Aftab Ahmad. (2005). *Wireless and Mobile Data Networks*. Chichester: Wiley
- [6] Charles E. Perkins, & David B. Johnson. (1996). *Mobility Support in IPv6*.
- [7] Yi-Bing Lin & Sok-Lan Sau (2008). *Charging for Mobile All-IP Telecommunications*. New York: John Wiley and Sons
- [8] Rajeev S. Kodli & Charles E. Perkins. (2007). *Mobile Inter-Net Working for IPv6*. New York: John Wiley and Sons
- [9] Sudhir Dixit & Ramjee Prasad. (2002). *Wireless IP and Building the Mobile Internet*. Boston: Artech.House
- [10] Yi-Bing Lin & Ai-Chun Pang. (2005). *Wireless and Mobile All-IP Networks*. New York: John Wiley and Sons
- [11] Hsiao-Hwa Chen & Muhsen Guizani. (2006). *Next Generation Wireless System and Network*. New York: John Wiley and Sons
- [12] Xinjie Chang, *NETWORK SIMULATIONS WITH OPNET*, Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference P. A. Farrington, H. B. Nembhard, D. T. Sturrock, and G. W. Evans, eds.
- [13] Jarmo Prokkola, *OPNET Network Simulator*, Simulations and Tools for Telecommunications 521365S
- [14] RFC 2373, RFC 2002, RFC 2003, RFC 2004, RFC 2005, RFC 2006, OPNET documentations