

**IMPLEMENTASI INTERKONEKSI IPv6 DAN IPv4 DENGAN
MENGGUNAKAN MIKROTIK ROUTER OS VERSI 3.15**

Laurens A Semen Hartanto Kusuma W Handoko

Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer – UKSW

Jalan Diponegoro 52-60, Salatiga 50711

Intisari

Pada tulisan ini akan direalisasikan sistem Interkonekasi IPv6 dan IPv4 dengan menggunakan Mikrotik RouterOS. Dengan sistem ini paket IPv6 dapat dilewatkan di jaringan IPv4. Ada beberapa metode yang digunakan untuk melewatkan paket IPv6 di jaringan IPv4 yaitu dengan *tunnel* IPIP, EoIP dan OVPN. Kemudian akan dilakukan percobaan protokol-protokol *routing* yaitu RIPng, OSPFv3 dan BGP4 didalam jaringan IPv6.

Pada metode *tunneling*, digunakan tiga *PCRouter* sebagai gateway dan dua komputer personal dengan menggunakan sistem operasi Windows Xp SP2 sebagai komputer *client*. Pada perancangan protokol-protokol *routing* digunakan empat *PCRouter* yang terhubung secara *Fullmesh* dengan empat unit komputer personal dengan menggunakan sistem operasi Windows Xp SP2 sebagai *client*. *PCRouter* yang digunakan yaitu Mikrotik RouterOS versi 3.0. Mikrotik RouterOS versi 3.0 menggunakan linux kernel 2.6.19.

Dari hasil pengujian didapatkan kesimpulan bahwa paket IPv6 dapat melewati jaringan IPv4 begitu juga sebaliknya dengan menggunakan metode *tunneling*. IPv6 dapat berjalan di dalam protokol-protokol *routing* *RIPng*, *OSPFv3* dan *BGP4+* dengan efektif.

1. Pendahuluan

IPv6 adalah standar Internet Protokol generasi baru yang mulai dibentuk sejak tahun 1994. IPv6 memiliki kombinasi alamat sebanyak 2^{128} cukup untuk memberikan setiap orang di dunia ini dengan sebuah alamat IP yang unik. Dalam IPv6, alamat 128-bit akan dibagi ke dalam 8 blok berukuran 16-bit, yang dapat dikonversikan ke dalam bilangan heksadesimal berukuran 4-digit.

Setiap blok bilangan heksadesimal tersebut akan dipisahkan dengan tanda titik dua. 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). IPv6 mempunyai format alamat dan header yang berbeda dengan IPv4. Sehingga secara langsung IPv4 tidak bisa interkoneksi dengan IPv6. Hal ini tentunya akan menimbulkan masalah pada implementasi IPv6 pada jaringan internet IPv4 yang telah ada. Sebagai solusi masalah implementasi IPv6 ini diperlukan suatu mekanisme transisi IPv6. Tujuan pembuatan mekanisme transisi ini adalah supaya paket IPv6 dapat dilewatkan pada jaringan IPv4 yang telah ada ataupun sebaliknya. Pada makalah ini akan membahas dan mengimplementasikan mekanisme tunneling berfungsi melewatkan paket IPv6 melalui jaringan IPv4 yang telah ada, tanpa merubah infrastruktur jaringan IPv4.

Tunneling merupakan metode untuk transfer data dari satu jaringan ke jaringan lain dengan memanfaatkan jaringan internet secara terselubung. Disebut *tunnel* atau saluran karena aplikasi yang memanfaatkannya hanya melihat dua *end point* atau ujung, sehingga paket yang lewat pada *tunnel* hanya akan melakukan satu kali lompatan atau *hop*. Data yang akan ditransfer dapat berupa frame (atau paket) dari protokol yang lain.

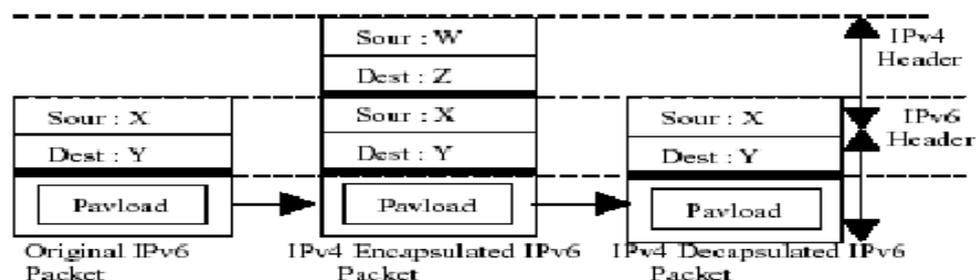
Protokol *tunneling* tidak mengirimkan *frame* sebagaimana yang dihasilkan oleh *node* asalnya begitu saja melainkan membungkusnya (meng-enkapsulasi) dalam *header* tambahan. *Header* tambahan tersebut berisi informasi *routing* sehingga data (*frame*) yang dikirim dapat melewati jaringan internet. Jalur yang dilewati data dalam internet disebut *tunnel*. Saat data tiba pada jaringan tujuan, proses yang terjadi selanjutnya adalah dekapsulasi, kemudian data original akan dikirim ke penerima terakhir. *Tunneling* mencakup keseluruhan proses mulai dari enkapsulasi, transmisi dan dekapsulasi.

2. Dasar Teori

Ada beberapa mekanisme transisi yang dapat dilakukan untuk melewati paket IPv6 ke jaringan IPv4 tanpa merubah infrastruktur jaringan IPv6. Yaitu ada teknik Dual Stack, tunneling dan translasi. Pada implementasi ini akan membahas mekanisme tunneling.

Mekanisme *Automatic Tunneling* berfungsi melewati paket IPv6 melalui jaringan IPv4 yang telah ada, tanpa merubah infrastruktur jaringan IPv4. Mekanisme *Automatic tunneling* mempunyai prinsip kerja mengenkapsulasi paket IPv6 dengan *header* IPv4, kemudian paket tersebut langsung dikirimkan ke jaringan IPv4

Fungsi enkapsulasi paket IPv6 dengan *header* IPv4 adalah agar paket dapat diroutingkan oleh *router* IPv4. Namun dengan penambahan *header* IPv4 ini tentunya paket akan bertambah besar sesuai panjang *header* IPv4 yaitu 20 *byte*. Pertambahan panjang paket ini akan berakibat bertambah pula waktu *delay* pengiriman paket. Masalah utama implementasi mekanisme transisi IPv6 adalah pertambahan waktu *delay* proses yang diakibatkan pertambahan panjang paket.



Gambar 1. Enkapsulasi Paket pada Proses Tunneling.

Mekanisme transisi IPv6 memasukkan teknik untuk *host* dan *router* secara dinamik *mentunnel* paket IPv6 melalui infrastruktur *routing* IPv4. *Node* IPv6 yang menggunakan teknik ini diberikan alamat unicast IPv6 spesial yang membawa alamat IPv4 dalam *low order 32-bit*. Tipe alamat ini diistilahkan “IPv4-compatible IPv6 Address”.

3. Implementasi

Pada percobaan ini akan menggunakan mikrotik RouterOs versi 3.xx sebagai Router yang berfungsi sebagai jembatan yang akan melewati IPv6 di jaringan IPv4. Topologi jaringan yang digunakan adalah sebagai berikut.



Gambar 2. Topologi Jaringan.

Misalkan dengan konfigurasi seperti gambar diatas dengan kondisi sebagai berikut :

- PCRouter 1 dengan alokasi IPv4 adalah 202.120.120.1
Alokasi prefix IPv6 adalah : 2002:ca78:7801::/48
Alokasi alamat IPv6 adalah : 2002:ca78:7801::1/48
- PC1 adalah host IPv6 dengan alokasi IPv6 2002:ca78:7801::2/48
- PCRouter 2 dengan alokasi IPv4 adalah 202.81.81.2
Alokasi prefix IPv6 adalah : 2002:ca51:5102::/48
Alokasi alamat IPv6 adalah : 2002:ca51:5102::1/48
- PC2 adalah host IPv6 dengan alokasi alamat IPv6 2002:ca51:5102::2/48

Pada Interkoneksi koneksi dengan metode 6to4, yang pertama dilakukan mengkonfigurasi IP dan *Gateway* pada *PC Router1* dan *PC Router2*.

Pada *PC Router1* harus dialokasikan dengan menggunakan alamat IPv6 global supaya dapat di *rotekan* pada jaringan IPv6 dan Internet. Format alamat IPv6 untuk *gateway tunnel* dan IPv4 adalah sebagai berikut :

2002 = *prefix global*

ca78:7801= Alamat IPv4 dalam hexa (202.120.120.1 = ca78:7801)

IMPLEMENTASI INTERKONEKSI IPv6 DAN IPv4 DENGAN MENGGUNAKAN MIKROTIK ROUTER OS VERSI 3.15

Laurens A Semen, Hartanto Kusuma W, Handoko

Yang terhubung ke jaringan IPv4 pada Router adalah *interface ethe0* dan yang terhubung ke PC1 adalah *ethe1*. Setelah itu perlu konfigurasi alamat IPv4 yaitu *202.120.120.1* pada Router1. Langkah selanjutnya adalah mengaktifkan *interface* untuk *tunneling* yang digunakan untuk membangun jembatan menembus jaringan IPv4. Aktivasinya dengan menggunakan perintah :

```
/interface 6to4 add mtu=1480 name=ipng-tunnel local-address=202.120.120.1
```

Dalam implementasi *gateway tunnel* address IPv4 pada *eth0* yang digunakan adalah *202.10.120.1* maka format *address* yang dimunculkan pada *interface sit0* pada PC Router 1 adalah *::202.120.120.1*. Sehingga akan muncul tampilan di atas. Alamat *::202.120.120.1* adalah merupakan alamat IPv6 kompatibel IPv4. Yang biasanya alamat IPv6 kompatibel IPv4 ini digunakan untuk *interface -interface tunnel 6over4*. Selanjutnya konfigurasi alamat IPv6 pada *interface ethe1*. Alamat IPv6 untuk *ethe1* harus menggunakan *prefix* yang tadi telah hitung yaitu *:2002:ca78:7801::1/48*. Perintah yang digunakan :

```
/ipv6 address add address=2002:ca78:7801::1/48
```

Langkah yang terakhir untuk konfigurasi *gateway tunnel PCRouter1* ini adalah dengan mengkonfigurasi *entri* tabel *routingnya*, *inti* tabel *routingnya* yaitu semua alamat yang bertujuan ke PCRouter2 atau dengan *prefix 2002:ca51:5102::/48* di lewatkan ke *interface tunnel sit0*, yaitu dengan perintah:

```
/ipv6 route add dst-address=2002:ca51:5102::/48 gateway>::202.81.81.1,ipng-tunnel
```

Pada PCRouter2 dialokasikan dengan menggunakan alamat IPv6 global supaya dapat di *rotekan* pada jaringan IPv6 dan Internet. Format alamat IPv6 untuk *gateway tunnel* adalah sebagai berikut :

2002 : *prefix global*

ca51:5102 : Alamat IPv4 dalam hexa (202.81.81.2 = ca51:5102)

Yang terhubung ke jaringan IPv4 pada Router adalah *interface eth0* dan yang terhubung ke PC1 adalah *ethe1*. Setelah itu konfigurasi alamat IPv4 yaitu *202.81.81.1* pada Router1. Langkah selanjutnya adalah mengaktifkan *interface* untuk *tunneling* yang digunakan untuk membangun jembatan menembus jaringan IPv4. Aktivasinya dengan menggunakan perintah :

```
/interface 6to4 add mtu=1480 name=ipng-tunnel local-address=202.81.81.1
```

Dalam implementasi *gateway tunnel address IPv4* pada *ethe0* yang digunakan adalah 202.81.81.1 maka format *address* yang dimunculkan pada interface *sit0* pada *PCRouter 2* adalah ::202.81.81.1. Sehingga akan muncul tampilan di atas. Alamat ::202.81.81.1 adalah merupakan alamat IPv6 kompatibel IPv4. Yang biasanya alamat *IPv6 kompatibel IPv4* ini digunakan untuk *interface –interface tunnel 6over4*. Selanjutnya konfigurasi alamat IPv6 pada *interface ethe1*. Alamat IPv6 untuk *ethe1* harus menggunakan *prefix* yang tadi telah dihitung yaitu : 2002:ca78:7801::1/48. Perintah yang digunakan :

```
/ipv6 address add address=2002:ca51:5102::1/48
```

Langkah yang terakhir untuk konfigurasi *gateway tunnel Router1* ini adalah dengan mengkonfigurasi *entri* tabel *routingnya*, inti table *routingnya* yaitu semua alamat yang bertujuan ke *PCRouter2* atau dengan prefix 2002:ca78:7801::/48 di lewatkan ke *interface tunnel sit0*, yaitu dengan perintah:

```
/ipv6 route add dst-address=2002:ca78:7801::/48 gateway=::202.120.120.1,ipng-tunnel
```

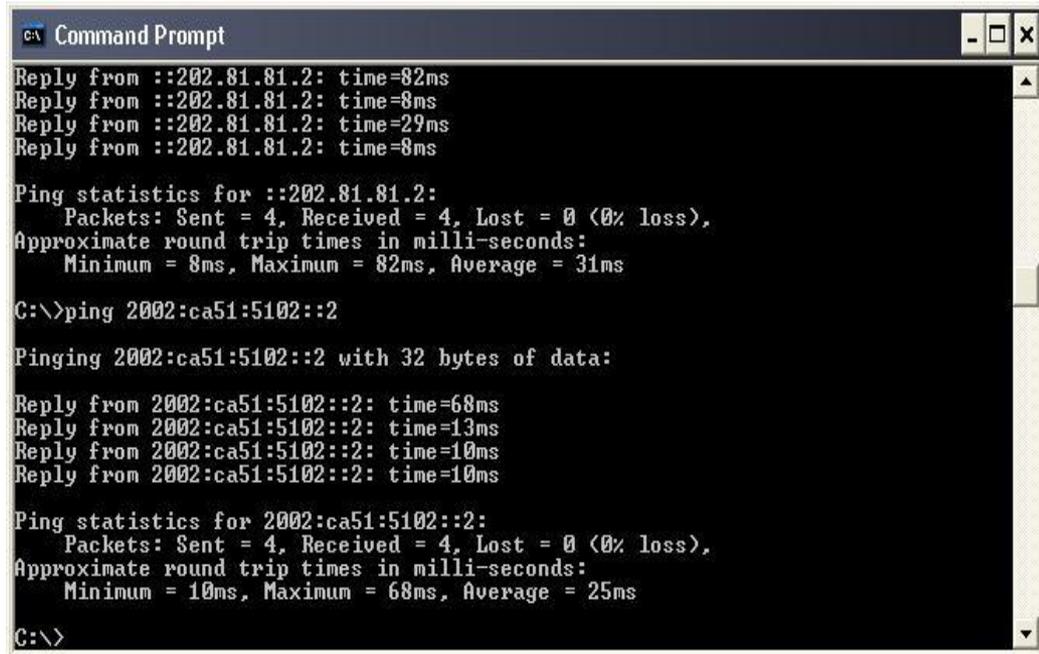
Pada *Client Router1* berada dibawah layanan *gateway tunnel Router 1*, harus membuat alamat *prefix*, ini sama dengan alamat *prefix* dari *gateway*. Yaitu 2002:ca78:7801::/48, maka dapat mengalokasikan alamat untuk *client Router1* yaitu : 2002:ca78:7801::2/48. Pada tahap akhir mengatur *routing IPv6* pada *client tunnel* ini.

Pada *Client Router2* berada dibawah layanan *gateway tunnel Router 2*, harus membuat alamat *prefix*, ini sama dengan alamat *prefix* dari *gateway*. Yaitu 2002:ca51:5102::/48, maka dapat mengalokasikan alamat untuk *client Router2* yaitu : 2002:ca51:5101::2/48. Pada tahap akhir untuk mengatur *routing IPv6* pada *client tunnel* ini.

**IMPLEMENTASI INTERKONEKSI IPv6 DAN IPv4 DENGAN MENGGUNAKAN
MIKROTIK ROUTER OS VERSI 3.15**

Laurens A Semen, Hartanto Kusuma W, Handoko

Hasil yang di dapatkan dapat dilihat dibawah ini:



```
c:\ Command Prompt
Reply from ::2002:81:81:2: time=82ms
Reply from ::2002:81:81:2: time=8ms
Reply from ::2002:81:81:2: time=29ms
Reply from ::2002:81:81:2: time=8ms

Ping statistics for ::2002:81:81:2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 8ms, Maximum = 82ms, Average = 31ms

C:\>ping 2002:ca51:5102::2

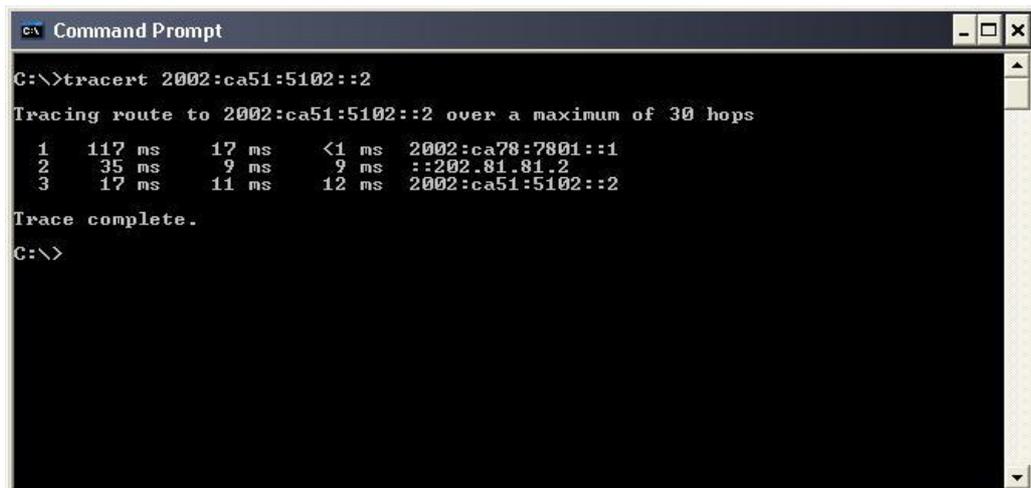
Pinging 2002:ca51:5102::2 with 32 bytes of data:

Reply from 2002:ca51:5102::2: time=68ms
Reply from 2002:ca51:5102::2: time=13ms
Reply from 2002:ca51:5102::2: time=10ms
Reply from 2002:ca51:5102::2: time=10ms

Ping statistics for 2002:ca51:5102::2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 10ms, Maximum = 68ms, Average = 25ms

C:\>
```

Gambar 3. Hasil Ping dari PC1 ke PC2.



```
c:\ Command Prompt
C:\>tracert 2002:ca51:5102::2

Tracing route to 2002:ca51:5102::2 over a maximum of 30 hops
  0  117 ms  17 ms  <1 ms  2002:ca78:7801::1
  1  35 ms   9 ms   9 ms   ::2002:81:81:2
  2  17 ms  11 ms  12 ms  2002:ca51:5102::2

Trace complete.

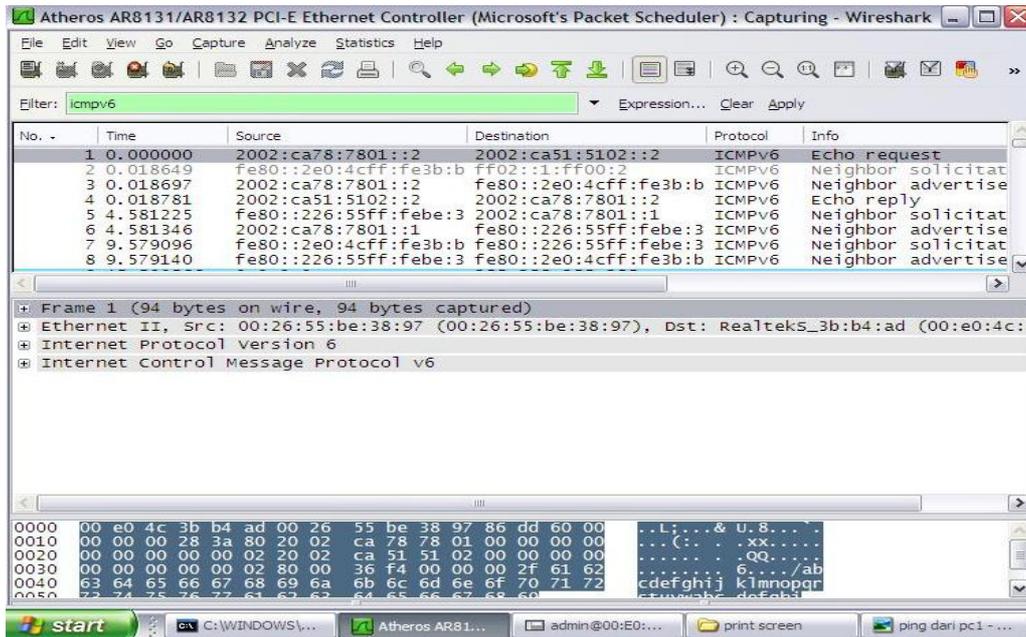
C:\>
```

Gambar 4. Hasil Tracert dari PC1 ke PC2.

4. Analisis

Pengiriman Datagram IP pada jaringan IPv4 dan IPv6 dengan IPIP tunnel(6to4).

Hasil pengamatan:

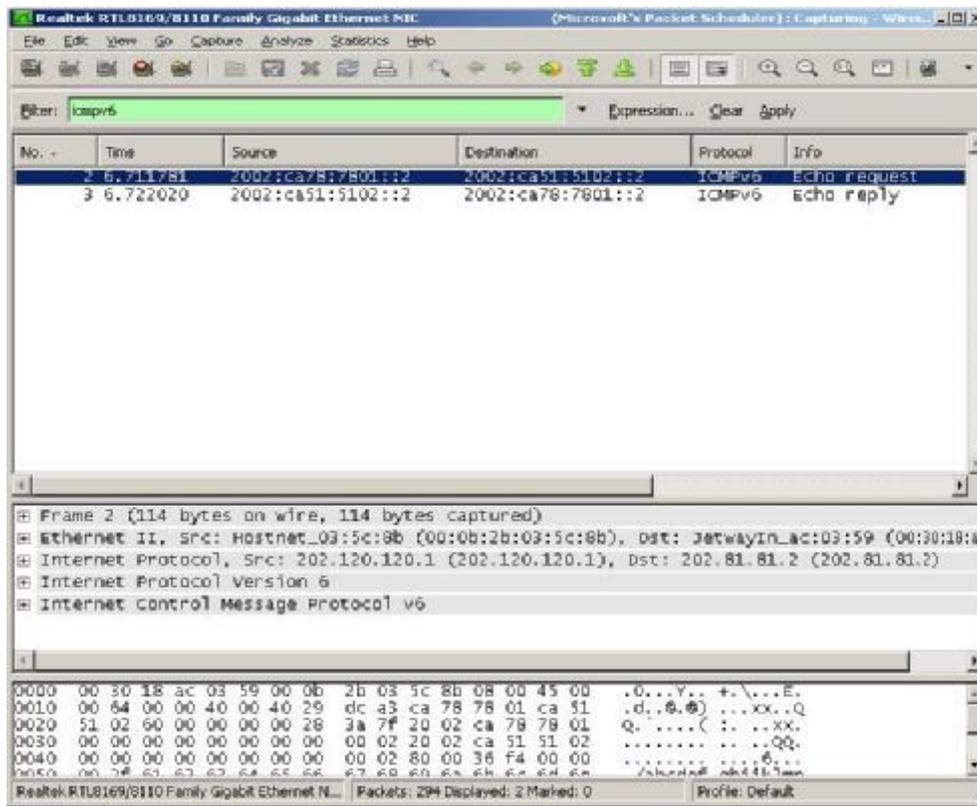


Gambar 5: Paket IP PC1.

Gambar 5 memperlihatkan paket IP yang di-capture di PC1. Paket IP tersebut dikirim dari PC1 ke PC2 menggunakan ICMP (*Internet Message Control protocol*). ICMP adalah protokol *Layer 3* yang dienkapsulasi dengan *header IP* yang juga di *Layer 3*. Terlihat bahwa alamat PC1 atau pengirim (*source*) adalah 2002:ca78:7801::2 dan alamat PC2 atau tujuan (*destination*) adalah 2002:ca51:5102::2

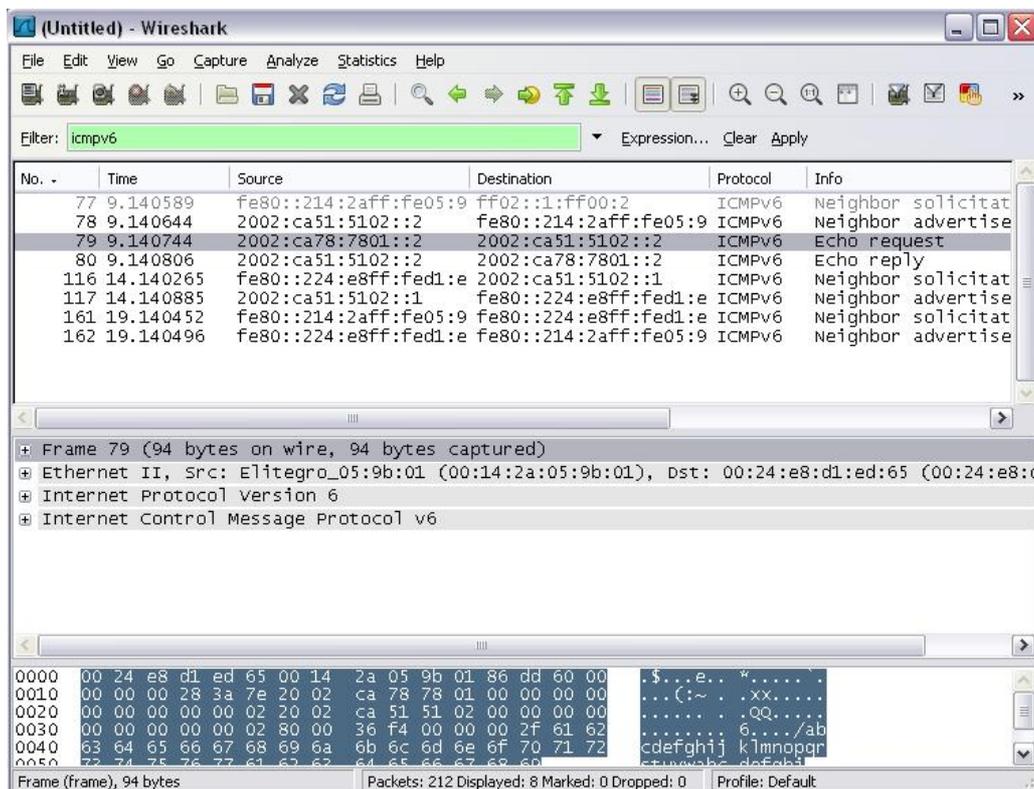
Pada *Layer 2*, *header IP* dan paket ICMP kemudian dienkapsulasi lagi dengan *header Ethernet versi 2* sebelum dikirim ke router R1. Alamat *Ethernet* PC1 atau pengirim (*source*) adalah 00:26:55:be:38:97 dan alamat tujuan (*destination*) adalah 00:e0:4c:3b:b4:ad. Yang menjadi tujuan dari *frame Ethernet* adalah interface *Ethernet0* dari R1 (yang terhubung ke PC1).

**IMPLEMENTASI INTERKONEKSI IPv6 DAN IPv4 DENGAN MENGGUNAKAN
MIKROTIK ROUTER OS VERSI 3.15**
Laurens A Semen, Hartanto Kusuma W, Handoko



Gambar 6 :Paket IP di PC Router.

Setelah melakukan dekapsulasi terhadap *frame* yang masuk, *router* R1 kemudian memeriksa IP address tujuan paket. Berdasarkan tabel *routing* yang sudah dimasukkan secara manual, *router* R1 kemudian meneruskan paket ke *interface Ethernet1*. Sebelum dikirim ke *router* R2, paket IP kemudian dienkapsulasi dengan *header Ethernet*. Gambar 6 memperlihatkan alamat pengirim (*source*) adalah 00:0b:2b:03:5c:8b. Ini merupakan alamat *interface Ethernet1* dari *router R1*. Sedangkan yang menjadi tujuan *frame* sekarang adalah *Ethernet1* dari *router R2* dengan alamat 00:30:18:ac:03:59



Gambar 7: Paket IP di PC2.

Router 2 menerima *frame* yang dikirim dari R1, lalu melakukan dekapulasi untuk memeriksa *IP address* dari paket IP. Dari *IP header*, *router R2* mengetahui tujuan paket tersebut, yaitu dikirim ke PC2 . *Router R2* kemudian membungkus (mengkapsulasi) paket IP dengan *Ethernet header*. Sekarang, alamat pengirim adalah 00:14:2a:05:9b:01 (*Ethernet0*) dan alamat tujuan adalah 00:24:e8:d1:ed:65 (PC2) seperti yang diperlihatkan pada Gambar 7 di atas. Pada pengiriman paket IP yang tidak menggunakan *tunneling*, *IP header* maupun paket *ICMP* tidak mengalami perubahan atau manipulasi. *Router* hanya berfungsi sebagai stasiun *relay* saja.

IMPLEMENTASI INTERKONEKSI IPv6 DAN IPv4 DENGAN MENGGUNAKAN MIKROTIK ROUTER OS VERSI 3.15

Laurens A Semen, Hartanto Kusuma W, Handoko

5. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, realisasi sistem dan pengujian alat secara keseluruhan diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Alat yang dirancang dan direalisasikan dapat digunakan sebagai tahap awal mengaplikasikan IPv6 di jaringan yang masih menggunakan IPv4 sebelum semua infrastruktur jaringan semua migrasi ke IPv6 .
2. Perancangan sistem yang dibuat mampu menunjukkan bahwa interkoneksi IPv6 dan Ipv4 dapat berkomunikasi melalui enkapsulasi pada paket header.
3. Mikrotik RouterOS mampu menjalankan implementasi interkoneksi IPv6 dan IPv4 dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Conta, S. Deering : *Internet Control Message Protocol (ICMPv6) for the Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification, Request for Comments 2463*. 1998.
- *Internet Protokol versi 6 tutorial* (<http://www.viagenie.qa.ca>)
- Janos Mohacsi: *Internet Protokol versi 6 tutorial*.
- Jordi Palet : *IPv6 Tutorial* .
- Wiehan Widjaja : *Implementasi Internet Protokol versi 6*. 2000.
- Wahidi Somad: *Mekanisme Tunneling pada interkoneksi IPv6 dan IPv4* (ste99120@stttelkom.ac.id)
- M. Crawford : *Transmission of IPv6 Packets over Ethernet Networks, Request for Comments 2464*. 1998.
- Peter Bieringer : *Linux IPv6*, <<http://www.bieringer.de/linux/IPv6/>>.2002
- R. Hinden, S. Deering : *IP Version 6 Addressing Architecture, Request for Comments 237*. 1998.
- Riza Taufan : *Buku Pintar Internet Teori dan Implementasi IPv6 Protokol Internet Masa Depan*, ElexMedia Komputindo. 2002.