ANALISIS DAN PERANCANGAN MIGRASI JARINGAN DARI IPV4 KE IPV6 PADA PT. XYZ

Fuad Mumtas[1)]
[1)]Staf Pengajar Program Studi Sistem Informasi
Universitas Bina Nusantara
Jl. K.H. Syahdan No. 9, Palmerah, Jakarta Barat 11480
fuadmumtas@binus.ac.id

ABSTRACT

PT. XYZ is a company engaged in installation services / installation and network maintenance / maintenance IPv4 Information and Communication Technologies can be used , then sooner or later the future global change network migration from IPv4 to IPv6 will force existing firms to adjust and make changes for structure -based IPv4 to IPv6 networks. PT. XYZ realizes that the company must anticipate changes in the future to begin to learn and implement IPv6 in enterprise networks . PT. XYZ also realized that with the advent of anticipating change from IPv4 to IPv6 networks based on a few years, then the company can take advantage of business opportunities that exist in terms of installation and maintenance services for IPv6 network companies and government agencies in Indonesia. Method of transition or migration of IPv4 to IPv6, including dual stack, tunneling and protocol translation. This research only includes a dual-stack and tunneling methods specifically tunneling. Besides 6to4 become one of the IPv6 protocol will be very important in the future , also because there is still room for development of IPv6 implementation . So this research is expected to be a reference for network administrators or network engineers in PT. XYZ in implementing the migration from IPv4 to IPv6 networks based in the future.

Keywords: *IPv4, IPv6,Dual Stack, Tunneling.*

1.PENDAHULUAN

Pada saat ini versi Internet Protocol (IP) yang umum digunakan adalah IPv4, yaitu versi yang ke empat dari Internet Protocol (IP) yang pertama kali digunakan dan distandarisasikan dengan RFC 791 pada tahun 1981 (http://www.ietf.org/rfc/rfc791, 1981). IPv4 kemudian diresmikan pada tahun 1983 sebagai protokol untuk internet dan merupakan protokol jaringan yang paling banyak digunakan pada internet dewasa ini.

Berdasarkan RFC 2460 (http://www.ietf.org/rfc/rfc2460, 1998), perubahan terbesar pada IPv6 yaitu pada header, dimana terdapat peningkatan jumlah alamat yang memiliki panjang 128-bit dengan jumlah total alamat yang dapat ditampung sebanyak 2128 alamat. Dengan jumlah alamat IP yang sangat banyak ini maka seluruh perangkat elektronik dimuka bumi ini dapat terkoneksi ke internet sehingga memungkinkan lahirnya berbagai inovasi teknologi baru, baik dalam hal komunikasi antar manusia, sistem transportasi darat, laut, udara, dan lain lain. Revolusi internet saat ini adalah permulaan dari sebuah revolusi besar telekomunikasi masa depan yang lebih besar dan hebat.

Untuk kedepannya dalam pembuatan jaringan yang baru, IPv6 dapat diterapkan secara langsung dalam pembuatannya. Tetapi untuk penerapan IPv6 pada jaringan yang sudah ada saat ini, maka diperlukan adanya migrasi dari IPv4 ke IPv6. Untuk itu diperlukan adanya perubahan perancangan dan konfigurasi pada sistem dan perangkat jaringan yang sudah ada saat ini.

PT. XYZ adalah perusahaan yang bergerak dalam jasa pemasangan/instalasi serta perawatan/maintenance jaringan Teknologi Informasi dan Komunikasi IPv4 yang dapat digunakan, maka cepat atau lambat dimasa yang akan datang perubahan global migrasi jaringan dari IPv4 ke IPv6 akan memaksa perusahaan-perusahaan yang ada untuk menyesuaikan dan melakukan perubahan struktur jaringan dari yang berbasis IPv4 ke IPv6. Melihat hal ini PT. XYZ menyadari bahwa perusahaan harus

mengantisipasi perubahaan ini kedepannya dengan mulai mempelajari dan mengimplementasikan IPv6 dalam jaringan perusahaan. PT. XYZ juga menyadari bahwa dengan mengantisipasi maraknya perubahan jaringan dari yang berbasis IPv4 ke IPv6 dalam beberapa tahun kedepan, maka perusahaan dapat memanfaatkan peluang bisnis yang ada dalam hal jasa instalasi dan perawatan jaringan IPv6 bagi perusahaan-perusahaan dan lembaga pemerintahan di Indonesia.

Selain karena IPv6 akan menjadi salah satu protokol yang sangat penting di masa yang akan datang, juga karena masih adanya ruang untuk pengembangan implementasi IPv6. Sehingga diharapankan penelitian ini dapat menjadi referensi bagi network administrator atau network engineer pada PT. XYZ dalam mengimplementasikan migrasi jaringan dari yang berbasiskan IPv4 ke IPv6 di masa yang akan datang.

2. LANDASAN/KERANGKA PEMIKIRAN

2.1. *Internet Protocol version* 4 (IPv4)

IPv4 adalah sebuah jenis pengalamatan jaringan yang digunakan di dalam protokol jaringan TCP/IP yang menggunakan protokol IP versi 4. Panjang totalnya adalah 32-*bit*, dan secara reoritis dapat mengalamati hingga 2^{32} host komputer di dunia. Alamat IPv4 umumnya diekspresikan dalam notasi desimal bertitik (*dotted-decimal notation*), yang dibagi kedalam empat buat oktet berukuran 8-*bit* sehingga nilainya berkisar antara 0 hingga 255.

2.2. *Internet Protocol version* 6 (IPv6)

Berbeda dengan IPv4 yang memiliki panjang 32-*bit*, alamat IPv6 yang dikenal juga dengan *Internet Protocol next generation* (IPng) memiliki panjang 128-*bit* dengan total alamat yang dapat ditampung hingga 2^{128} ($3{,}4 * 10^{38}$) alamat. Total alamat yang sangat besar ini bertujuan untuk menyediakan ruang alamat yang tidak akan habis dalam beberapa masa kedepan, dan membentuk infstruktur routing yang disusun secara hierarkis, sehingga mengurangi kompleksitas proses routing dalam tabel routing. IPv6 memiliki tipe alamat *anycast* yang dapat digunakan untuk pemilihan *route* secara efisien. Selain itu IPv6 juga dilengkapi dengan mekanisme penggunaan alamat secara *local* yang memungkinkan terwujudnya instalasi secara *plug&play*, serta menyediakan *platform* bagi cara baru penggunaan internet, seperti dukungan terhadap aliran data secara *real-time*, pemilihan provider, mobilitas *host*, *end-to-end security*, maupun konfigurasi otomatis.

2.3. Alasan Penggunaan IPv6

Ada beberapa alasan mengapa kita perlu bermigrasi ke IPv6 atau IPng sebagai protokol internet generasi mendatang, yaitu:

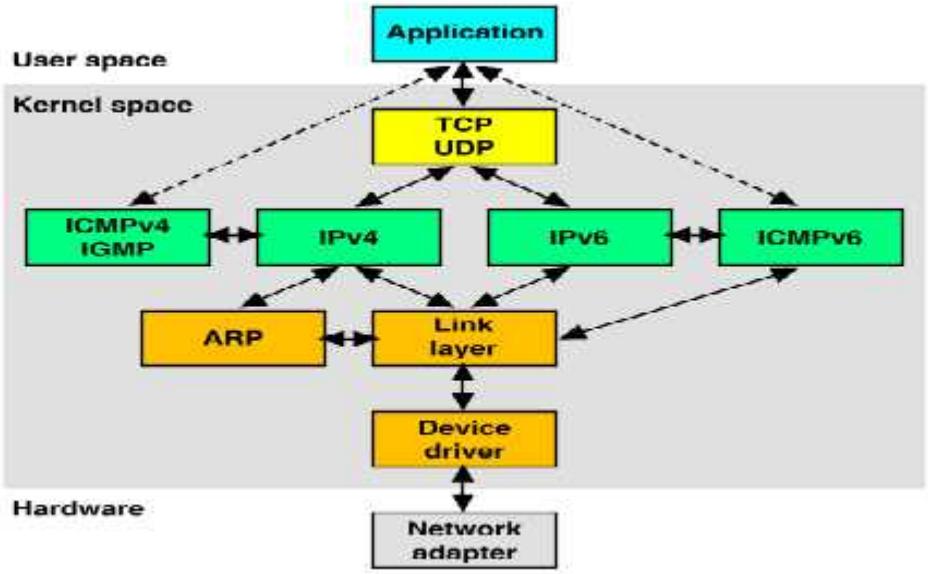
1. Jumlah ketersediaan alamat IPv4 yang semakin terbatas.
2. Jutaan perangkat-perangkat baru menjadi IP *aware*.
3. Diperkirakan antara tahun 2010-2012 alamat pada IPv4 akan habis digunakan.
4. Mengurangi ukuran tabel routing.
5. Menyederhanakan protokol, untuk mengijinkan router memproses paket lebih cepat.
6. Adanya kebutuhan akan konfigurasi yang lebih simpel pada protokol IP.
7. Menyediakan keamanan yang lebih baik (autentikasi dan privasi) dibanding IPv4
8. Lebih memperhatikan jenis layanan, khususnya kebutuhan akan penghantar data *real-time* (*Quality of Service*).
9. Membantu multicasting dengan mengijinkan scope untuk dispesifikasikan.
10. Memungkinkan host untuk berpindah-pindah tempat tanpa harus mengubah alamatnya.
11. Memungkinkan protokol untuk dikembangkan dimasa yang akan datang.
12. Memungkinkan protokol baru dan protokol lama untuk dapat berdampingan dalam beberapa tahun mendatang.

2.4. Metode Transisi IPv4 ke IPv6

Ada tiga macam metode trasisi atau migrasi dari IPv4 ke IPv6, yaitu *dual stack*, *tunneling*, dan translasi protokol. Penelitian ini hanya melingkupi metode *dual stack* dan *tunneling* khususnya *tunneling 6to4*.

2.4.1. *Dual Stack*

Dengan mekanisme ini memungkinkan baik protokol IPv4 maupun IPv6 ada dalam *device* dan *network* yang sama. *Host* yang menggunakan *dual stack* memiliki alamat IPv4 dan alamat IPv6 sehingga dapat dijangkau oleh *host-host* IPv4 dan *host-host* IPv6. Aplikasi *upper layer* IPv6 atau IPv4 memilih alamat mana yang akan digunakan tergantung pada *node* mana yang ingin menggunakan aplikasi tersebut, apakah *node* IPv4 atau *node* IPv6.



Gambar 1. Mekanisme *Dual Stack*

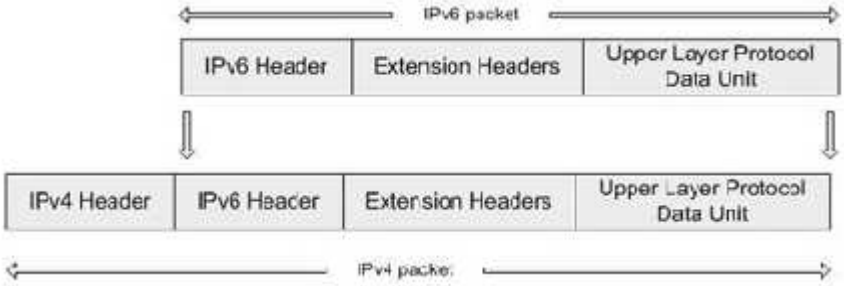
Routing table IPv6 memiliki infrastruktur *routing* yang sama dengan IPv4. Transisi IPv6 dengan menggunakan cara *dual stack* relatif lebih mudah dibanding cara transisi lainnya, karena bagi administrator jaringan yang tentu saja telah mengerti bagaimana mengkonfigurasi IPv4 pada sebuah *networking device*, menambahkan satu protokol dan mengkonfigurasinya tentu saja akan lebih mudah. Logika *routing table* pada sebuah *network* adalah sama, baik untuk protokol IPv4 maupun IPv6. Perbedaan di antara keduanya hanya sebatas perbedaan pada *command*, sama seperti perbedaan *command* untuk setiap *platform Operating System* yang berbeda di dalam *networking device*. Oleh karena itu, waktu yang dibutuhkan untuk mengkonfigurasi IPv4 relatif lebih singkat, hanya untuk mempelajari *command-command* IPv6 baru.

Selain itu, bagi praktisi jaringan, *dual stack* dipandang lebih memberikan jaminan *network* tetap berjalan. Jika konfigurasi IPv6 gagal, *network* di mana protokol IPv6 dikonfigurasi tidak akan berhenti total dan tidak harus menunggu sampai konfigurasi IPv6 sukses. Dengan adanya konfigurasi *routing* IPv4, *network* tetap akan bisa berfungsi menggunakan protokol IPv4.

2.4.2. *Tunneling*

Tunneling merupakan suatu cara dimana paket-paket IPv6 akan dienkapsulasi dengan menggunakan *header* dari IPv4. Dengan mengenkapsulasi paket IPv6 di dalam *header* paket IPv4, paket-paket data dari jaringan atau *node* IPv6 bisa dikirimkan melintasi jaringan IPv4. Dengan cara ini, *node-node* IPv6 tidak bisa menggunakan aplikasi IPv4 pada jaringan IPv4 dan terbatas hanya pada aplikasi IPv6 pada

end point/end tunnel. *Router* atau *host* di tiap ujung *tunnel* harus mempunyai satu alamat IPv4. Gambar di bawah menunjukkan struktur paket yang digunakan dalam mekanisme *tunneling*.

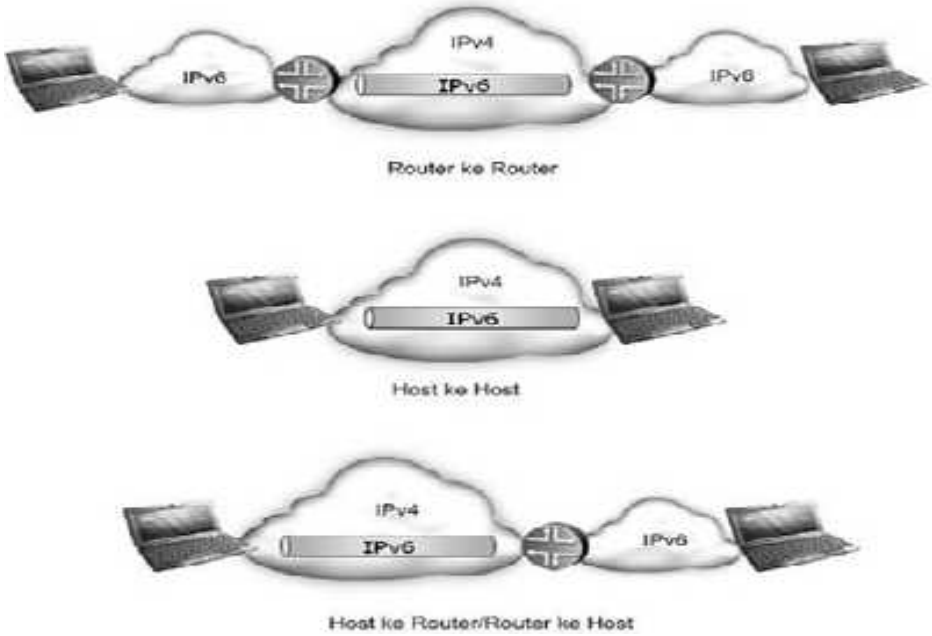


Gambar 2. Struktur Header Paket *6to4 Tunneling*

Dalam *tunneling*, ada dua macam *tunnel*, yaitu *static tunnel* dan *dynamic tunnel*. *Static tunnel* harus dikonfigurasikan secara manual, dan tidak membutuhkan IP *address* yang khusus, sedangkan *dynamic tunnel* tidak perlu dikonfigurasikan secara khusus, dan memerlukan IP *address* yang khusus, misalnya: IPv6 *mapped* IPv4 *address*, *6to4 address*, *Isatap address*, dan *Teredo address*.

Static tunnel digunakan antara lain untuk permanen *link* dari IPv6 intranet melalui *backbone* IPv4, dan *link* dari IPv6 intranet ke IPv6 *provider*. *Tunnel end point* dari cara ini, secara manual dikonfigurasikan oleh administrator dan memiliki konfigurasi yang tetap. Dengan cara ini, *node- node* IPv6 dalam jaringan tersebut tidak mengetahui akan keberadaan *tunnel* tersebut.

Secara umum, infrastruktur *tunneling* meliputi: *router*-ke-*router*, *host*-ke-*router*/*router*-ke-*host*, dan *host*-ke-*host*. Infrastruktur ini bisa dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 3. Infastruktur *Tunneling*

Pada pembahasan selanjutnya, hanya akan diuji atau dibahas konfigurasi tunneling *host-ke-router/router-ke-host* dengan menggunakan mekanisme *tunneling 6to4*. Konfigurasi *host-ke-router/router-ke-host* sesuai dua *host* yang menggunakan IPv6.

Contoh dari *host-ke-router/router-ke-host tunneling* adalah jaringan IPv6 yang melakukan *tunneling* melintasi infrastruktur IPv4 untuk mencapai IPv6 Internet, dua domain *routing* IPv6 yang melakukan *tunneling* melalui IPv4 Internet melewati sebuah *6to4 relay router*.

2.4.3 *Tunneling 6to4*

Tunnel end point (*router* atau *device networking* yang berhubungan langsung dengan jaringan) harus merupakan *node dual stack*, yakni memiliki baik protokol IPv4 maupun IPv6. *Node* yang merupakan *tunnel end point* harus memiliki alamat IPv4, karena alamat IPv4 tersebut merupakan alamat *end point* bagi *tunnel* yang akan dibentuk di antara kedua *tunnel end point (node dual stack)*.

Metode *tunneling 6to4* memerlukan alamat khusus *6to4* selain kedua alamat global IPv4 *endpoint tunnel*. Alamat 6to4 menggunakan *prefix address* global yaitu 2002:wwxx:yyzz::/48, di mana wwxx:yyzz adalah representasi *colon-hexadecimal* alamat publik IPv4 (w.x.y.z) yang ditetapkan untuk sebuah *host*.

IPv6 yang terisolasi melalui infrastruktur IPv4, metode *tunneling 6to4* masih memiliki kekurangan. Dikarenakan metode *tunneling 6to4* memerlukan alamat IPv4 *router/node end point*, maka *tunneling 6to4* bergantung pada alamat IPv4 tersebut agar koneksi tetap terjaga. Jika *router end point* mengganti alamat IPv4-nya, maka keseluruhan alamat *6to4* internal *network* juga harus diganti dan disesuaikan dengan alamat IPv4 *router end point* yang baru.

Gambar 4. Format Alamat *6to4 Tunneling*

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data
   a. Studi Pustaka
      Mencari dan mengumpulkan materi-materi yang berkaitan dengan penelitian. Setelah itu materi-materi dikumpulkan untuk mendapatkan pedoman tentang jaringan yang baik sebagai bahan perbandingan terhadap kondisi sistem jaringan yang sedang berjalan.
   b. Survei mengenai struktur jaringan yang sedang berjalan
      Survei yang dilakukan, bertujuan untuk melihat secara langsung kondisi jaringan yang sudah berjalan di perusahaan, serta memvisualisasikannya.
2. Simulasi dan pengujian
   Melakukan simulasi dan pengujian terhadap perancangan dan pengimplementasian metode transisi/migrasi IPv6 dalam skala jaringan yang sederhana, sehingga dapat dilakukan pengujian terhadap metode transisi yang digunakan tanpa mengambil resiko mengganggu kinerja perusahaan.
3. Perancangan jaringan
   Perancangan topology jaringan yang baru akan dilakukan berdasarkan hasil analisa dan penelitian akan metode transisi/migrasi IPv6 yang terbaik bagi perusahaan.
4. Evaluasi
   Evaluasi dilakukan terhadap simulasi sistem jaringan yang baru berdasarkan kriteria yang telah disusun, sehingga dapat mengetahui sejauh mana tujuan awal telah tercapai.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Untuk mendukung dan memperkuat hasil penelitian, maka berikut ini akan dibuat perbandingan dalam bentuk tabel total rata-rata dari semua kecepatan tranfer data untuk ICMP *captured frame time request* pada masing-masing metode dan protokol.

Tabel 1. Nilai Rata-rata ICMP *Captured Frame Time Request*

	***Dual Stack* IPv4 (detik)**	***Dual Stack* IPv6 (detik)**	***Tunneling 6to4* (detik)**
host1 - router	0,086026000	0,131319000	0,000066000
	0,831113000	0,131688000	0,240233000
host1 - host2	3,075240000	0,379352000	0,240910000
	1,000801000	0,482362000	0,343555000
host2 - router	0,804995000	0,000035000	0,000092000
	0,967132000	0,236267000	0,483710000
host2 – host1	1,014256000	0,441054000	0,224676000
	1,013702000	1,013881000	0,258698000
Total	**8,793265000**	**2,815958000**	**1,792222000**
Rata-rata	**1,099158125**	**0.351994750**	**0,224027750**

Dilihat dari hasil tabel informasi yang ada dan tabel nilai rata-rata ICMP *captured frame time request* diatas, maka dapat di tarik kesimpulan bahwa dalam implementasinya kecepatan transer data ICMP pada IPv6 lebih cepat dari kecepatan transfer data ICMP pada IPv4, meskipun panjang *frame* ICMP IPv6 (94 *bytes*) lebih besar daripada panjang *frame* ICMP pada IPv4 (74 *bytes*).

Sedangkan untuk metode transisi IPv6, jika dilihat dari hasil tabel-tabel informasi ICMPv6 dan tabel nilai rata-rata ICMP *captured frame time request* diatas, maka dapat datarik kesimpulan bahwa dalam implementasinya kecepatan transfer data ICMPv6 pada metode *tunneling 6to4* lebih cepat dari kecepatan transfer data ICMPv6 pada metode *dual stack*.

4.2 Perancangan Jaringan

Dari dua metode transisi yang di uji, yaitu metode *dual stack* dan *tunneling 6to4*, kemudian diketahui dan berhasil dibuktikan bahwa metode *tunneling 6to4* lebih cepat dalam tranfer data paket ICMP nya daripada metode *dual stack*. Tetapi dalam implementasinya metode *tunneling 6to4* membutuhkan biaya yang lebih besar daripada metode *dual stack* biasa karena membutuhkan *router* sebagai tempat konfigurasi utamanya. Sehingga jika perusahaan menginginkan hasil yang lebih maksimal maka dibutuhkan biaya yang lebih besar dari metode transisi *dual stack* biasa.

Dalam penggunaan metode transisi *dual stack*, secara *topolgy*, jaringan perusahaan tidak perlu mengalami perubahan, karena yang dibutuhkan hanya perubahan *logical* pada konfigurasi alamat IP nya saja. Konfigurasi dapat langsung dilakukan pada *host* dan dengan mengirimkan alamat IPv6 ke *router* internet untuk *routing* tabel.

Sementara untuk metode transisi

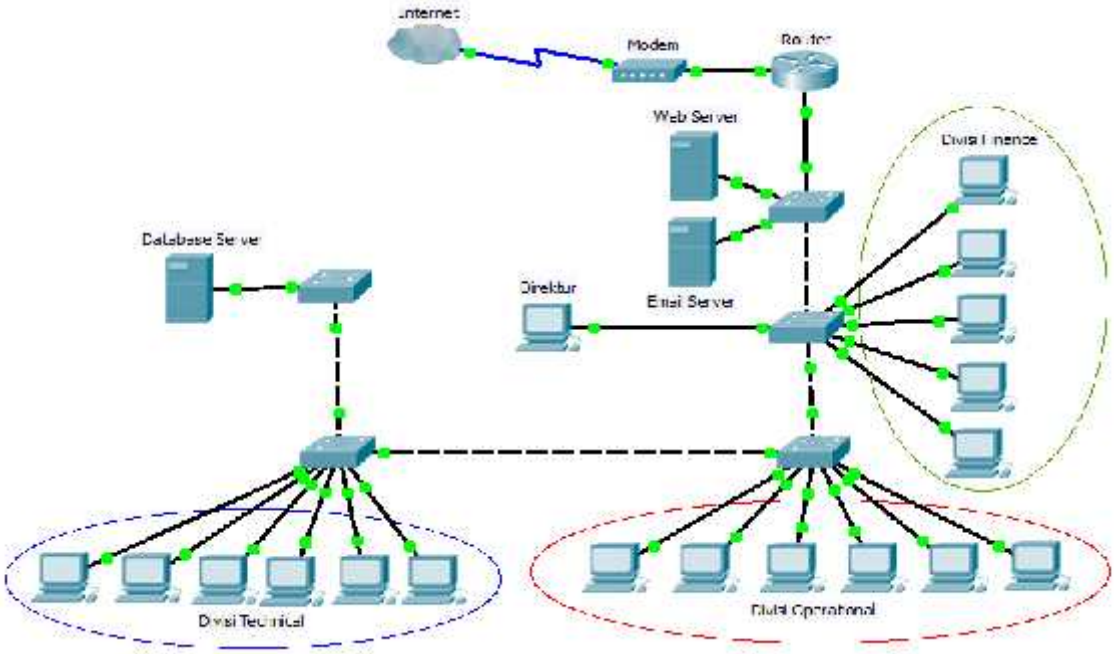
tunneling 6to4, dibutuhkan perubahan pada jaringan perusahaan secara *topology* dan *logical*. Yaitu dengan menambahkan *router* yang berfungsi sebagai tempat konfigurasi utama dan *routing* tabel pada jaringan, serta melakukan konfigurasi pada *interface tunnel host*.

Untuk mendapatkan hasil migrasi IPv4 ke IPv6 yang terbaik, maka pada metode transisi *dual stack* IPv6-nya dapat menggunakan metode *tunneling 6to4*, sehingga jika terjadi kegagalan jaringan pada metode transisi *tunneling 6to4*, maka untuk koneksi antar host sementara dapat menggunakan koneksi jaringan IPv4 yang ada. Oleh karena itu metode transisi yang disarankan adalah metode *dual stack* yang menggunakan metode *tunneling 6to4* pada protokol IPv6 nya untuk mendapatkan performa yang terbaik dan menjaga konektivitas jaringan. Sehingga untuk rancangan *topology* jaringan kantor pusat PT. XYZ adalah sebagai berikut:

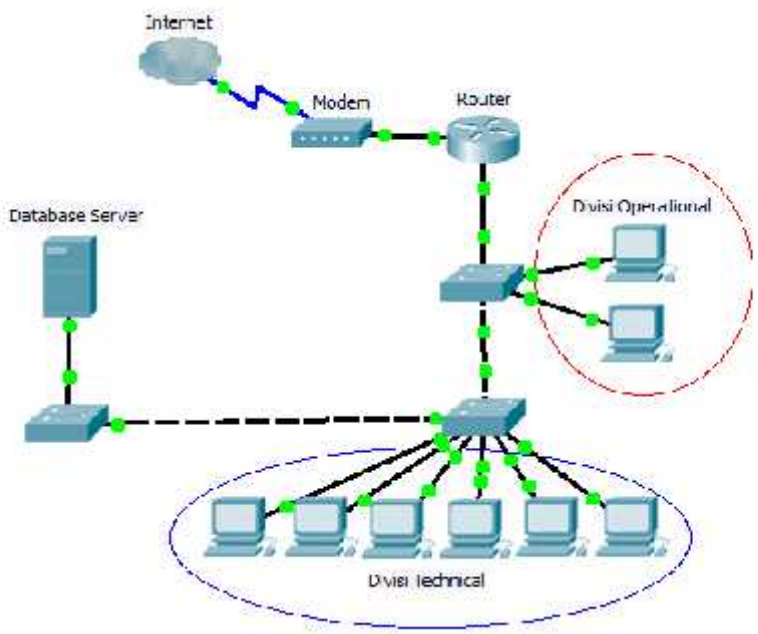
1. Satu unit PC untuk Presiden Direktur.
2. Lima unit PC untuk *Finance Division* sebagai VLAN *Finance.*
3. Enam unit PC untuk *Operational Division* sebagai VLAN *Operational*.
4. Enam unit PC untuk *Technical Division* sebagai VLAN *Technical*.
5. Empat unit *switch* sebagai *intermediary device*.
6. Tiga unit *server*, yaitu *database server*, *web server*, dan *email server*.
7. Satu unit DSL *modem* untuk menghubungkan ke internet.
8. Satu unit *router* sebagai pusat konfigurasi IPv6 dengan metode *dual stack tunneling 6to4*.

Sementara untuk rancangan *topology* jaringan kantor cabang PT. XYZ adalah sebagai berikut:

1. Dua unit PC untuk *Operational Division* sebagai VLAN *Operational*.
2. Enam unit PC untuk *Technical Division* sebagai VLAN *Technical*.
3. Tiga unit *switch* sebagai *intermediary device*.
4. Satu unit DSL *modem* untuk menghubungkan ke internet.
5. Satu unit *router* sebagai pusat konfigurasi IPv6 dengan metode *dual stack tunneling 6to4*.



Gambar 5. Rancangan *Topology* Jaringan IPv6 Kantor Pusat



Gambar 6. Rancangan *Topology* Jaringan IPv6 Kantor Cabang

Tabel 2. Alamat IPv4 dan IPv6 Pada Jaringan Kantor Pusat

	IPv4	IPv6 Dual Stack	IPv6 6to4
Presiden Direktur	192.168.159.100	::ffff:192.168.159.100	2002:c0a8:9f01:5::eui-64
VLAN Finance	192.168.159.11-22	::ffff:192.168.159.11-22	2002:c0a8:9f01:5::eui-64
VLAN Operational	192.168.159.25-46	::ffff:192.168.159.25-46	2002:c0a8:9f01:5::eui-64
VLAN Technical	192.168.159.49-62	::ffff:192.168.159.49-62	2002:c0a8:9f01:5::eui-64
Server	192.168.159.3-8	::ffff:192.168.159.3-8	2002:c0a8:9f01:5::eui-64
Router	192.168.159.1	::ffff:192.168.159.1	2002:c0a8:9f01:5::eui-64

Tabel 3. Alamat IPv4 dan IPv6 Pada Jaringan Kantor Cabang

	IPv4	IPv6 Dual Stack	IPv6 6to4
VLAN Operational	192.168.0.9-14	::ffff:192.168.0.9-14	2002:c0a8:1:5::eui-64
VLAN Technical	192.168.0.17-22	::ffff:192.168.0.17-22	2002:c0a8:1:5::eui-64
Server	192.168.0.3-6	::ffff:192.168.0.3-6	2002:c0a8:1:5::eui-64
Router	192.168.0.1	::ffff:192.168.0.1	2002:c0a8:1:5::eui-64

5. SIMPULAN

Dari hasil analisis dan perancangan yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan dari hasil penelitian dan evaluasi, maka didapati bahwa protokol IPv6 selain mempunyai kapasitas alamat yang jauh lebih besar dari IPv4 juga mempunyai kecepatan transfer data *frame* IMCP yang lebih cepat dari IPv4.
2. Kecepatan transfer data *frame* ICMPv6 pada metode *tunneling 6to4* masih lebih cepat dari pada metode *dual stack* biasa.
3. Metode transisi yang paling bagus untuk digunakan oleh PT. XYZ sebagai langkah antisipasi perubahan jaringan global ke IPv6 dimasa yang akan datang adalah dengan menggunakan metode transisi *tunneling 6to4* yang *dual stack* IPv6 dan IPv4 agar dapat meningkatkan performa dan menjaga koneksi jaringan agar tetap stabil.
4. Hasil penelitian dan perancangan jaringan dapat membantu dan mempersiapkan PT. XYZ dalam menghadapi perubahan jaringan menjadi jaringan global yang berbasiskan IPv6 dimasa depan.

6.REKOMENDASI

Saran yang dapat diberikan untuk kelanjutan dari penelitian mengenai migrasi dari IPv4 ke IPv6, dan untuk PT. XYZ dalam rencananya untuk mengembangkan implementasi IPv6 kedepannya adalah:

1. Adanya percobaan atau penelitian metode transisi IPv6 pada jaringan yang lebih besar dan pada jaringan *wireless*, *frame relay*, VPN, dll.
2. Implementasi IPv6 kedepannya yang berhubungan dengan RFID.
3. Adanya pengenalan dan penggunaan akan sofware-software yang berbasiskan IPv6 di dalam jaringan.
4. Pengunaan DHCPv6 mengingat panjang nya alamat IPv6 yang lebih sulit untuk diingat, sehingga lebih efisien dan dapat mengurangi persentase kesalahandalam memasukkan alamat IPv6.
5. Adanya pelatihan terhadap staff yang bertanggung jawab dalam bidang networking, sehingga dapat menguasai dan memahami prinsip dasar jaringan berbasiskan IPv6.

7.DAFTAR PUSTAKA

[1] Kozierok, Charles M. (2005). *The TCP/IP Guide*. No Starch Press, San Fransisco.

[2] Bradner, Scott O dan Mankin, Allison. (1996). *IPng, Internet Protocol next generation*. Addison-Weasley, California.

[3] Hagen, Silvia. (2006). *IPv6 Essesntials*. O'Reilly, Sebastopol, California.

[4] Siil, Karl A. (2008). *IPv6 Mandates: Choosing a Transition Strategy, Preparing Transition Plans, and Executing The Migration of a Network to IPv6*. John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey.

[5] Michael Aldridge, Josh Evitt, James Chellis, dan Lisa Donald. (2007). *MCTS Microsoft Windows Vista client configuration: study guide*. John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey.

[6] John J. Amoss, Daniel Minoli, dan Sohraby Kazem. (2007). *Handbook of IPv4 to IPv6 Transition: methodologies for institutional and corporate networks*. CRC Press, Boca Raton, Florida.

[7] Minoli, Daniel dan Kouns, Jake. (2008). *Security in an IPv6 Environment*. Taylor and Francis, London.

[8] Steinke, Steve dan Network Magazine. (2003). *Network Tutorial: a complete introduction to networks*. Focal Press, Burlington, Massachusetts.

[9] Tanenbaum, A. S. (2003). *Computer Networks*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.