

**INKUBASI IMPLEMENTASI IPV6 DI LINGKUNGAN PT TELEKOMUNIKASI
INDONESIA TBK**

IMPLEMENTATION INCUBATION OF IPV6 IN PT TELEKOMUNIKASI

INDONESIA TBK

Lunel Candra

Research and Development Center – PT Telekomunikasi Indonesia TBK

Jl. Geger Kalong Hilir No. 47 Bandung

lunelcandra@telkom.co.id

Naskah diterima : 16 Oktober 2013; Direvisi : 6 Desember 2013 ; Disetujui : 13 Desember 2013

ABSTRAK

Sebagai salah satu penyelenggara jaringan dan layanan informasi di Indonesia, PT Telekomunikasi Indonesia (Telkom) menghadapi permasalahan jumlah IP address yang semakin menipis, yang mana juga dihadapi oleh dunia telekomunikasi secara global. IP address yang secara luas digunakan saat ini, yaitu IPv4, memiliki keterbatasan dalam sisi jumlah dan akan segera habis dalam waktu singkat. Namun demikian terdapat beberapa solusi yang dapat dilakukan oleh operator telekomunikasi meliputi I, mplementasi NAT (*Network Address Translation*) 444, *dual stack* IPv4 dan IPv6, *tunneling*, dan *native* IPv6. Keempat solusi di atas memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri, namun target native IPv6 sebagai sasaran utama nampaknya merupakan satu-satunya solusi yang bersifat *feasible* yang akan dituju oleh semua operator pelaku industri IT di dunia, termasuk Telkom. Unit RDC Telkom selaku unit yang dikhususkan untuk melakukan riset teknologi telah melakukan kajian dan pengujian implementasi IPv6 berskala lab yang difokuskan kepada wadah inkubasi untuk *enabling* kapabilitas IPv6 pada perangkat telekomunikasi eksisting serta test *interoperability* di antara perangkat-perangkat tersebut. Studi ini menyajikan hasil dari pengujian fungsi, integrasi multi layer dan *interoperability* IPv6 di dalam environment lab v6 OASIS RDC Telkom, yang mana dapat juga menjadi referensi bagi pihak penentu kebijakan perusahaan dalam kaitannya dengan adopsi teknologi IP untuk diimplementasi di masa mendatang.

Kata Kunci: inkubasi, implementasi IPv6, NAT 444, dual Stack, tunneling, native.

ABSTRACT

As a network and information service provider in Indonesia, PT Telekomunikasi Indonesia (Telkom) is facing a number of problems of exhausted IP addresses, which is also being faced by global telecommunications world. IP addresses widely used today, i.e. IPv4, have a limitation in terms of number and will be out soon. However, there are some solutions that can be done by telecom operators including implementation of NAT (Network Address Translation) 444, dual stack IPv4 and IPv6, tunneling, and native IPv6. Each of the solutions mentioned above have advantages and disadvantages, but the target native IPv6 as main target seems to be the only feasible solution to be addressed by IT industry players, including Telkom. Telkom RDC as the unit mainly focusing in the research of IT technology has been reviewing and testing a lab-scale IPv6 implementation. This also focused on the capabilities incubation for enabling IPv6 on existing telecommunications equipment and interoperability

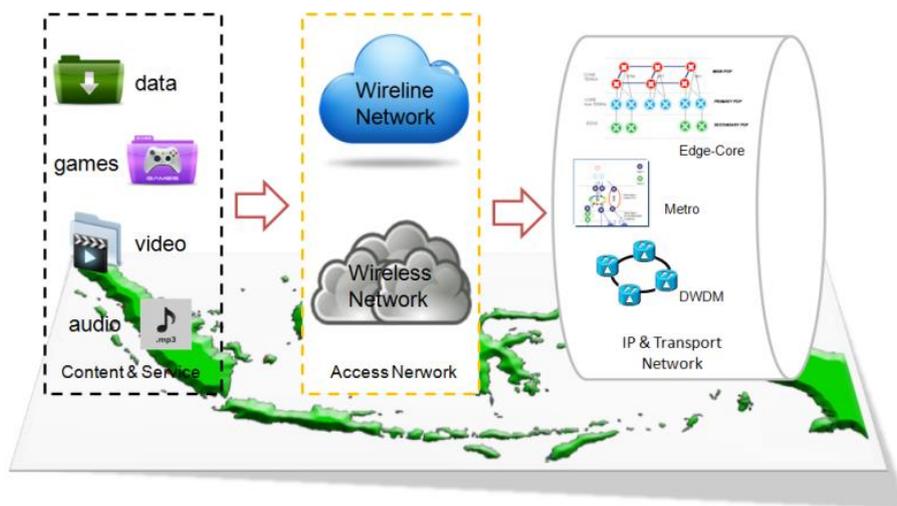
test between the devices. This study provides the result of function, multi-layer integration and interoperability test of IPv6 conducted in Telkom RDC OASIS v6 lab, which also can be considered as references for decision makers within the company to adopt IP technology to be implemented in the future.

Keywords: incubation, IPv6 implementation, NAT 444, dual Stack, tunneling, native

PENDAHULUAN

PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. (Telkom) merupakan penyelenggara jaringan dan layanan informasi terbesar di

Indonesia yang memiliki infrastruktur jaringan telekomunikasi dengan cakupan yang luas, yang salah satunya adalah infrastruktur jaringan IP.

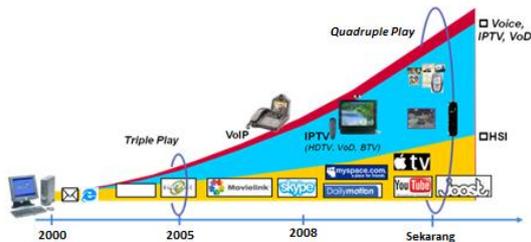


Gambar 1. Gambaran Kompleksitas Jaringan Telkom

Di era sekarang, jaringan berbasis IP memiliki fungsi yang penting di dalam mentransportkan trafik multi layanan yang merupakan hasil konvergensi layanan yang bersumber dari layer jaringan di atasnya. Konvergensi ini umum disebut sebagai konvergensi menuju implementasi *all-IP*. Transformasi menuju konvergensi *all-IP* dialami oleh hampir seluruh penyedia layanan dan jaringan di dunia. Pertimbangan efisiensi biaya yang lebih

efisien merupakan salah satu factor dominan yang menjadi pertimbangannya.

Adapun kecenderungan saat ini adalah trafik dan jaringan IP setiap harinya kian bertumbuh secara melonjak seiring dengan berkembangnya layanan dan aplikasi berbasis IP. Salah satunya adalah *triple play* yang kini bahkan bergeser kepada layanan *quadruple play*.



Gambar 2. Layanan *Triple Play* yang Berevolusi Menjadi *Quadruple Play*

Bila diteliti kembali, hal ini merupakan *impact* dari perkembangan terminal di sisi pelanggan yang mengalami perkembangan pesat baik dalam sisi jumlah dan fitur. Sebagai contohnya adalah bertebarannya *gadget* yang kini beredar di masyarakat, seperti *notebook*, *netbook*, *smartphone*, tablet PC, dan lain sebagainya. Di satu sisi, aplikasi dan layanan yang diberikan kepada user memang mampu memberikan suatu

nilai tambah tersendiri, akan tetapi di satu sisi yang lain hal ini berdampak besar bagi penyedia jaringan.

Hal yang menjadi fokus utama adalah bahwa setiap perangkat terminal user yang terhubung dengan jaringan internet memerlukan IP *address* sebagai *identifier* utama dalam transmisi trafik IP. Hingga saat ini, IP *address* yang umum digunakan adalah IP versi 4, dan secara umum setiap penyedia jaringan memiliki alokasi IP *address* versi 4 yang terbatas. Kondisi ini turut diperparah dengan semakin menipisnya pool IP *address* versi 4 yang dimiliki oleh organisasi pengalokasi IP, seperti IANA, APNIC, dan lain sebagainya.



Gambar 3. Perhitungan Jumlah Blok /8 Tersisa pada Organisasi Pengalokasi IP *Address*

Sebagai jalan keluar atas habisnya alokasi IPv4, para pengembang teknologi informasi di dunia telah melakukan pengembangan sistem IP *address* yang baru, yakni IPv6. Dari sisi jumlah, *addressing* IPv6 mampu

mencapai $3,4 \times 10^{38}$ alamat, jauh di atas IPv4 yang hanya berkisar 4 milyar saja.

Terkait dengan menipisnya sumber daya IPv4, terdapat beberapa solusi yang dapat dilakukan oleh operator telekomunikasi

ataupun penyedia jaringan dan layanan untuk mengatasi hal tersebut, yaitu:

1. Tetap menggelar jaringan berbasis IPv4 dan mengimplementasikan NAT444

Cara yang dilakukan adalah implementasi fungsi NAT (*Network Address Translation*) 444 untuk memperpanjang kelangsungan hidup jaringan eksisting dan bisnis penyedia jaringan. Dalam hal ini, NAT444 akan mampu mengakomodasi pertumbuhan kebutuhan IP *address* pada level akses kepada pelanggan. Perlu diperhatikan di sini bahwa kompleksitas dan juga keterbatasan IP akan menjadikan solusi ini sebagai solusi yang bersifat sementara.

2. Menggelar jaringan berbasis *dual stack* IPv4 dan IPv6

Dengan menggunakan metoda ini, jaringan akses dari network provider akan memiliki kemampuan suportabilitas terhadap IPv4 maupun IPv6. User mendapatkan dua IP *address* pada satu waktu yang bersamaan, juga dapat mengakses konten berbasis IPv4 maupun IPv6. Model ini merupakan model yang komprehensif, namun dari sisi *cost* akan cukup membebani penyedia jaringan karena mereka harus *maintain* dua buah jaringan, yang juga bermakna biaya yang bersifat *double*.

3. Menggelar jaringan dengan *tunneling*

Dalam hal ini, jaringan akses dari network provider dimampukan untuk support IPv6, yakni melalui pembangunan *tunnel service* dari layer akses ke translator IPv6 – IPv4. Satu hal yang perlu diperhatikan adalah bahwa terminal milik user harus *support* kapabilitas *tunneling* IPv6 ke arah server ataupun translator IPv6 – IPv4 agar fungsi ini dapat berjalan, sementara perangkat milik operator yang diposisikan sebagai transport trafik bisa saja tetap IPv4.

4. *Native* IPv6 sebagai sasaran utama

Jaringan *native* IPv6 secara jelas akan menjadi tujuan utama dari migrasi IPv4 kepada IPv6. Jaringan *native* IPv6 ini tentunya dapat dicapai secara ideal setelah konten maupun aplikasi IPv6 terimplementasi secara meluas.

Pada kenyataannya, IPv6 merupakan satu-satunya solusi yang bersifat *feasible* dan dituju oleh semua operator telekomunikasi maupun pelaku industri IT di seluruh dunia, tidak terkecuali Telkom. Dan dengan merujuk kepada tujuan utama implementasi *native* IPv6 secara menyeluruh ini, unit RDC Telkom selaku unit yang dikhususkan untuk melakukan riset teknologi telah melaksanakan kajian dan pengujian implementasi IPv6 berskala

lab yang difokuskan kepada wadah inkubasi untuk *enabling* kapabilitas IPv6 pada perangkat telekomunikasi eksisting serta test *interoperability* di antara perangkat-perangkat tersebut. Kegiatan riset dan penelitian ini pada akhirnya menghasilkan suatu pengembangan laboratorium yang

menjadi wadah inkubasi implementasi IPv6 dan diberi nama Lab v6. Laboratorium ini sendiri berlokasi di Gedung OASIS, Kompleks RDC (Research and Development Center) Telkom, Jalan Geger Kalong Hilir 47 Bandung.



Gambar 4. Lab v6 yang Berada di Gedung OASIS, Telkom R&D Center

Proses inkubasi teknologi merupakan salah satu bagian penting di dalam susunan proses yang lebih besar sebelum dilakukan peluncuran suatu produk ataupun layanan. Dengan adanya proses inkubasi, keseluruhan aspek yang terkait dengan produk dan layanan yang akan diluncurkan tersebut dapat dieksplorasi lebih lanjut, sehingga resiko dapat diminimalisasi

METODOLOGI

Lab v6 yang pada mulanya dikembangkan pada 2010 ini secara umum berisi perangkat-perangkat yang serupa dengan NE (*Network Element*) yang tergelar di operasional. Keseluruhan perangkat ini

dikonsentrasikan pada lokasi yang sama, dan kemudian dikoneksikan satu sama lain dengan konfigurasi bersesuaian sehingga pada akhirnya menghasilkan semacam miniatur jaringan Telkom yang mendekati riil sebagaimana kondisi di lapangan. Adapun keunikan dari lab ini adalah bahwa perangkat-perangkatnya dapat disesuaikan untuk dihubungkan ataupun tidak terhubung dengan jaringan operasional, sehingga apabila dilakukan riset ataupun eksplorasi pada perangkat tersebut, tidak terdapat resiko gangguan terhadap layanan yang diberikan kepada pelanggan. Jika dibutuhkan dalam rangka inkubasi dan uji maka sistem yang dicoba dapat

dihubungkan ke operasional yang memang koneksinya sudah disiapkan langsung ke lingkungan lab. Keistimewaan dan kesempatan inilah yang dimanfaatkan secara intensif oleh perusahaan dalam

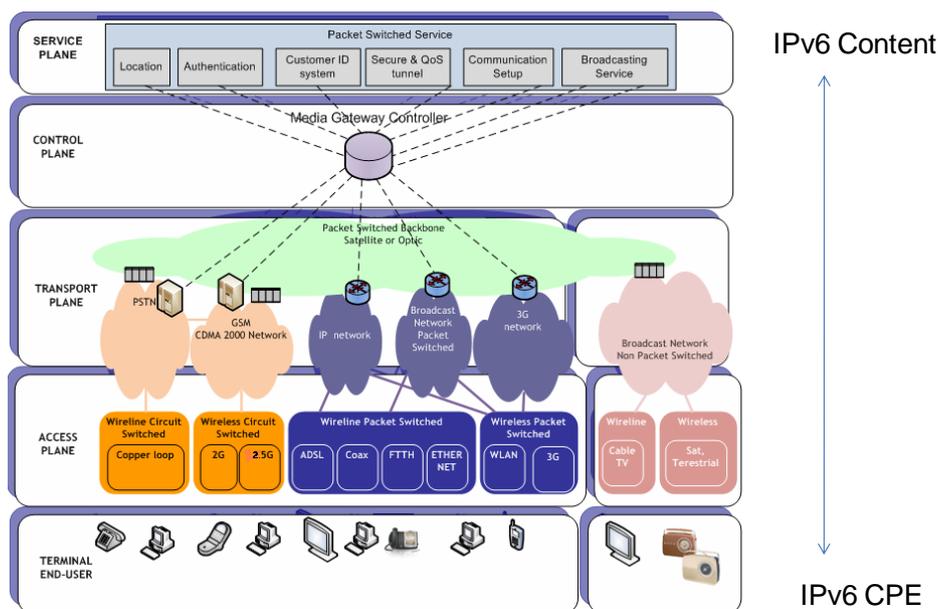
melakukan riset terhadap teknologi-teknologi, salah satunya adalah IPv6. Berikut adalah daftar dari beberapa perangkat yang terdapat pada Lab v6.

Tabel 1. Daftar Perangkat yang Terdapat di Lab v6

No	Partner Equipment	Type	No	Partner Equipment	Type
1	Juniper	M320	4	Alcatel Lucent	7750
		M10i			7450
MX 960	7710				
	7210				
2	Cisco	CRS-1	5	Tellabs	8840
		7600	6	Redback	BRAS
		7200	7	ZTE	GPON
		2606	8	Spirent	Spirent Test Center
		1800			
3	Huawei	CX600	9	Server	Apple/Mac
		CX300			Windows 7
		BRAS			Windows XP
		DSLAM			Ubuntu

Secara umum gambaran topologi jaringan yang disimulasikan dan diuji dalam lingkungan lab sebagai langkah bertahap

inkubasi menuju implementasi di lapangan adalah sebagai berikut.



Gambar 5. Topologi Lab v6 per Layer

Kegiatan inkubasi yang dilakukan melibatkan *multi layer* dengan koneksi *logic* dan fisiknya sudah disiapkan sesuai dengan kebutuhan dan target uji.

Pada saat *setup* konfigurasi uji telah dikondisikan bahwa seluruh elemen-elemen perangkat yang ada telah *support* dan mampu menjalankan fungsi maupun layanan berbasis IPv6. Dengan bermodalkan koneksi akses global *dual stack* IPv4 dan IPv6, dilakukan beberapa pengetesan IPv6 di lab ini. Tercatat setidaknya telah dua kali dilakukan *open public showcase* model implementasi IPv6 yang dilakukan oleh Lab ini. Dua buah event tersebut dilaksanakan pada tahun 2010 dan 2011 silam, yaitu TIWE (*TELKOM IPv6 Workshop and Exhibition*) dan WIDEX (*World IPv6 Day & Ethernet Exhibition*):

1. TIWE (*Telkom IPv6 Workshop & Exhibition*)

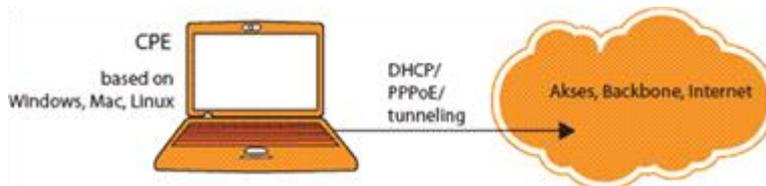
Event ini dilaksanakan pada 11 – 12 November 2010 dan dipublikasikan secara nasional. Banyak pihak yang turut hadir pada event ini, meliputi pihak pemerintah, operator telekomunikasi di Indonesia, mitra teknologi, integrator, dan juga internal Telkom.

Tema yang diusung pada event ini adalah *IPv6 Test and Trial*, yang bertitik berat kepada pengujian kapabilitas IPv6 perangkat eksisting dan interoperabilitas di antara elemen jaringan. Pengujian dilakukan dengan mengevaluasi model alokasi pengalaman IPv6 berdasarkan model DHCP (*Dynamic Host Configuration*

Protocol), PPPoE (*Point-to-Point Protocol over Ethernet*) dan *Tunneling*:

a. Pengujian konfigurasi CPE (*Customer Premises Equipment*)

Pada pengujian ini, dilakukan pengetesan konfigurasi dan setting



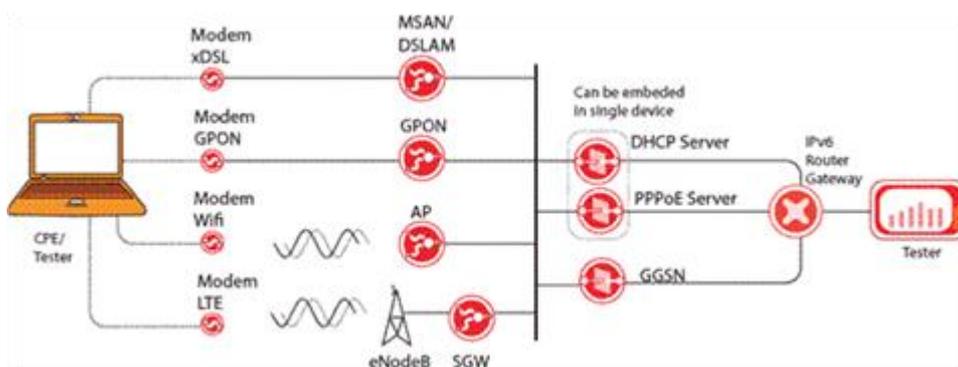
Gambar 6. Topologi Pengujian Konfigurasi CPE

pada CPE, yaitu perangkat yang berada di sisi pelanggan, seperti komputer berbasis Windows, Mac dan Linux.

b. Pengujian jaringan akses ke router PE (*Provider Edge*)

Untuk pengujian ini, dilakukan pengetesan terhadap kapabilitas perangkat di jaringan akses, meliputi modem, MSAN (Multi Service Access Node), DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer), GPON (*Gigabit Passive Optical Network*), AP (*Access Point*), dan eNodeB,

dihubungkan dengan router gateway IPv6 yang bertindak sebagai router PE (*Provider Edge*). Router PE ini merupakan titik terminasi layanan yang di-deliver operator kepada pelanggan. Beberapa elemen jaringan turut tercakup, yaitu DHCP server, PPPoE server dan GGSN (*Gateway GPRS Support Node*)



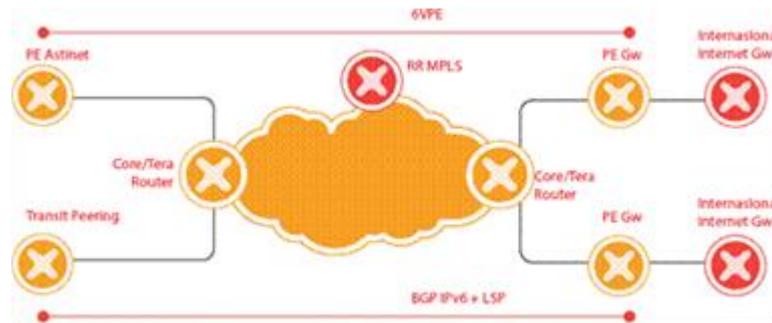
Gambar 7. Topologi Pengujian Jaringan Akses – Router PE

c. Pengujian konfigurasi PE ke PE
Di pengetesan ini, dilakukan pengujian yang berfokus untuk

memperoleh konfigurasi yang perlu diset kepada *router* PE agar koneksi pada level *core* dapat

berlangsung. Metoda yang digunakan adalah 6VPE, yaitu teknologi yang memungkinkan routing IPv6 untuk menjadi bagian dari VRF (*Virtual Routing and Forwarding*) L3VPN (*Layer 3 Virtual Private Network*). Di

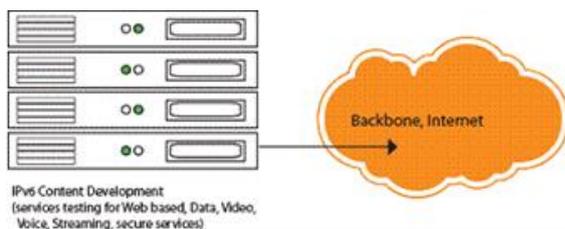
dalamnya akan diperlukan juga RR (*Route Reflector*) yang menjalankan fungsi *full-mesh* pada jaringan berbasis BGP (*Border Gateway Protocol*).



Gambar 8. Topologi Pengujian Konfigurasi PE - PE

- d. Pengujian hasil pengembangan konten dan aplikasi

Pengujian ini menitik-beratkan kepada terhadap pengembangan konten yang meliputi data, video, *voice*, *streaming*, dan layanan lainnya.



Gambar 9. Topologi Pengujian Konten dan Aplikasi IPv6

2. Telkom WIDEX (*World IPv6 Day, Ethernet Workshop & Exhibition*)

Event ini dilaksanakan pada 7 – 9 Juli 2011 bertepatan dengan **World**

IPv6 Day yang diwadahi oleh badan independen internasional *Internet Society*. World IPv6 Day sendiri merupakan saat di mana penyedia *website* global melakukan trial IPv4 dan IPv6 bersamaan pada konten mereka. Event ini diprakarsai dan dikoordinasi secara global oleh ISOC (*Internet Society*). World IPv6 Day, dilaksanakan pada 8 Juni 2011, juga merupakan test skala global bagi IPv6. Di event ini, perusahaan web dan telekomunikasi bergabung bersama dalam mengaktifkan IPv6 pada *website* utama mereka selama 1 hari. Secara umum, penyedia *website* tidak akan menonaktifkan IPv4 pada World IPv6 Day ini.

Penyedia layanan *website* hanya menambahkan IPv6 sebagai tambahan dari layanan berbasis IPv4 dan dipastikan bahwa akses IPv4 akan stabil seperti biasa.

Pada event ini, Telkom turut serta mengaktifkan fitur IPv6 pada tiga buah *website*, yaitu www.telkom.co.id, www.telkomspeedy.com, serta www.plasa.com. Bersamaan dengan itu, Telkom RDC melakukan sosialisasi pengujian yang meliputi:

a. Tes implementasi *tunnel server* sebagai *enabler* IPv6 bagi pelanggan retail

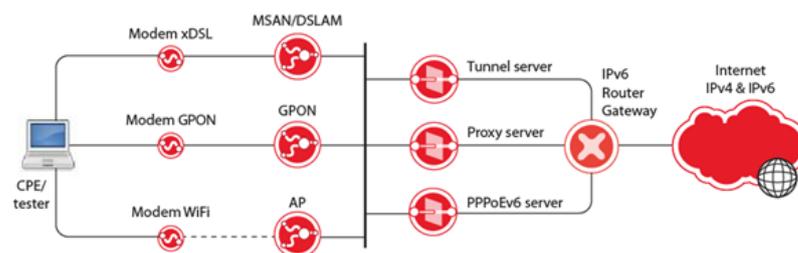
Untuk pengetesan ini, tim penguji melakukan pendekatan *tunnel server* untuk memberikan koneksi IPv6 kepada user. Perangkat CPE user disyaratkan perlu *support* terhadap fitur *tunnel service* terlebih dahulu sebelum dapat berkomunikasi dengan *tunnel server*.

b. Tes implementasi *proxy server* sebagai *enabler* IPv6 bagi pelanggan retail

Dengan menggunakan *proxy server* berbasis *squid*, dilakukan juga pengujian *delivery* koneksi IPv6, yang diutamakan bagi pelanggan retail.

c. Tes implementasi PPPoEv6 (*Point-to-Point Protocol over Ethernet version 6*) sebagai *enabler* IPv6 bagi pelanggan retail;

Pada pengetesan kapabilitas PPPoEv6, komponen BNG (*Broadband Network Gateway*) yang biasanya berupa BRAS (*Broadband Remote Access Server*) dikondisikan sedemikian sehingga *support* terhadap kapabilitas PPPoEv6 di samping kapabilitas PPPoE IPv4. Di samping itu, CPE user yang merupakan titik terminasi PPPoE di sisi pelanggan pun perlu *support* kapabilitas PPPoEv6.



Gambar 10. Topologi Pengujian *Tunnel Server*, *Proxy Server*, dan *PPPoEv6 Server* sebagai *Enabler IPv6* bagi Pelanggan Retail

d. Pengujian hasil pengembangan konten dan aplikasi IPv6.

Pada WIDEX 2011 dilakukan lagi pengujian hasil pengembangan konten dan aplikasi berbasis IPv6.

Temuan/Hasil

Penjabaran temuan/hasil riset dan pengujian berdasarkan hasil proses inkubasi dan pengembangan laboratorium berbasis IPv6 Telkom adalah sebagai berikut:

1. TIWE 2010

Secara umum, hasil yang diperoleh dari pengujian di event TIWE ini meliputi:

- a. Pengujian fungsi untuk setiap NE (*Network Element*) yaitu berupa pengujian fungsi dasar dari setiap perangkat pada implementasi IPv6 berhasil dilakukan dengan baik. Fungsi ini meliputi kemampuan perangkat dalam berkomunikasi ke arah *server pool IP address*, kemudian memperoleh *IP address*, serta mengakses dan *me-retrieve* konten berbasis IPv6.

Secara umum, NE yang berada di sisi penyedia jaringan ataupun operator telekomunikasi perlu disesuaikan agar mampu *men-support*

kapabilitas IPv6. Penyesuaian ini meliputi *upgrade* perangkat lunak (*firmware* ataupun *software*) ataupun penggantian perangkat keras/*hardware* (*replacement*).

- b. Pengujian integrasi antar *layer* pada untuk implementasi IPv6 berhasil dilaksanakan, yaitu mulai dari CPE sampai dengan konten dan aplikasi. Hal ini teridentifikasi dengan berhasilnya CPE di sisi pelanggan dalam melakukan akses konten maupun aplikasi IPv6 dari internet.

- c. Pengujian interoperabilitas yang meliputi pengujian perangkat antar platform pada implementasi IPv6 juga berhasil dilaksanakan. Secara umum, perangkat eksisting memberikan performansi interoperabilitas yang baik pada saat fitur IPv6 diaktifkan, yaitu mampu berkomunikasi satu sama lain.

2. WIDEX 2011

Hasil pengujian yang didapatkan pada event WIDEX 2011 ini meliputi:

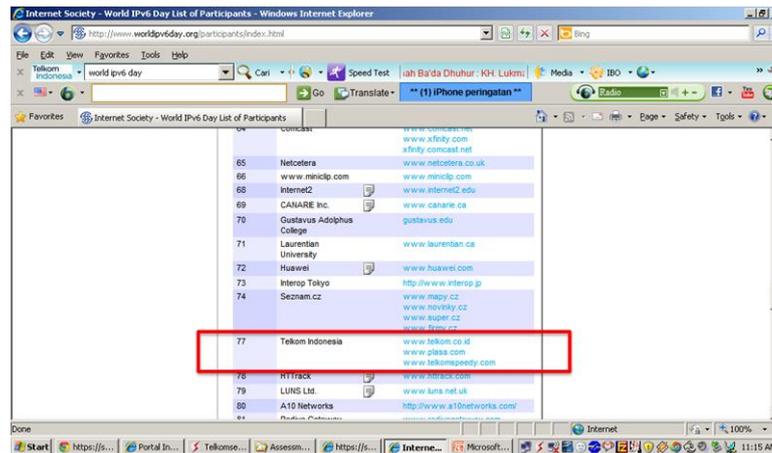
- a. Tes implementasi *tunnel server* sebagai *enabler IPv6* bagi pelanggan retail berlangsung dengan baik. Dalam hal ini, pelanggan retail akan dapat

memanfaatkan metoda *tunneling* agar dapat mengakses IPv6.

- b. Tes *proxy server* sebagai *enabler* IPv6 bagi pelanggan retail memberikan indikasi yang baik dan mampu diimplementasikan di lapangan. Dengan menggunakan *proxy server* hasil pengembangan tim, user dapat memanfaatkannya untuk mengakses konten dan aplikasi IPv6 secara cukup sederhana. User hanya perlu mengubah setting *proxy web server* di terminal mereka, misalkan komputer ataupun *smartphone*, kepada alamat IP *proxy server* dengan nomor *port* bersesuaian.

- c. Tes implementasi PPPoEv6 sebagai *enabler* IPv6 bagi pelanggan retail. PPPoEv6 merupakan salah satu protokol yang digunakan oleh operator telekomunikasi untuk mengalokasikan IP *address* versi 6 kepada pelanggan. Pada pengujian ini, CPE pelanggan berhasil mendapatkan IPv6 dan user pun dapat terkoneksi dengan IPv6 dengan baik.
- d. Pengujian hasil pengembangan konten dan aplikasi IPv6 berhasil dengan baik. Hal ini ditunjukkan dengan terdaptarnya tiga *website* yang disubmit oleh Telkom pada event World IPv6 Day.





Gambar 11. Telkom Indonesia Beserta Website-nya Terdaftar pada Event *World IPv6 Day* Internasional

PEMBAHASAN/ANALISIS

Berdasarkan hasil inkubasi dan pengujian yang telah dilaksanakan, baik saat proses inkubasi maupun saat event TIWE 2010 dan WIDEX 2011, beberapa hal dapat dijadikan referensi bagi pengembangan dan implementasi IPv6 terutama bagi para penyelenggara jaringan dan layanan di Indonesia khususnya:

1. Pengujian fungsi, integrasi multi layer dan *interoperability* berjalan dengan baik pada saat pengujian, namun hal yang perlu diperhatikan untuk kasus ini adalah *setting* tertentu perlu dilakukan untuk *enabling* IPv6 pada infrastruktur dan layanan yang akan diimplementasikan IPv6
2. Secara umum, infrastruktur operator seperti Telkom, saat ini sudah siap untuk diimplementasikan IPv6. Meskipun bersifat *multi-vendor* dan *muli-layer*, rata-rata perangkat telah

memiliki kapabilitas IPv6 atau minimal *roadmap* kepada IPv6.

3. Perangkat Translation Gateway beserta *tunnel server*, *proxy server*, dan PPPoEv6 *server* menjadi solusi masa transisi untuk mengalokasikan IPv6 pada perangkat eksisting dengan basis IPv4 pelanggan retail
4. Untuk melakukan implementasi “All IPv6 End to End IP Network”, beberapa perangkat yang harus dipastikan support IPv6 meliputi:
 - a. Perangkat *gateway*: *Router Internet Gateway*
 - b. Perangkat level *core*: *Core Router*, *Router PE*
 - c. Perangkat level *aggregator*: *Metro Ethernet*
 - d. Perangkat *service*: BNG (*Broadband Network Gateway*), BM (*Bandwidth Managemen*), PBR (*Policy Based Routing*),

cache server, dan *policy management*

- e. Perangkat level akses: DSLAM, GPON, modem, dan sebagainya
5. Secara umum web maupun konten eksisting telah siap ditransisikan menjadi konten berbasis IPv6. Cara yang dapat dilakukan adalah dengan mengaktifkan fitur IPv6 pada server web maupun konten sehingga memiliki koneksi *dual stack* IPv4 dan IPv6. Dalam hal ini, *server* akan dapat diakses baik oleh user IPv4 maupun IPv6.

Dari sisi pengembangan Lab v6, yang pada dasarnya merupakan *testbed* dari pengujian dan riset implementasi teknologi IPv6, terdapat sejumlah dampak yang diberikan:

1. Proses inkubasi dan pengujian perangkat berteknologi IPv6 dapat dilakukan secara terkonsentrasi pada lab ini;
2. Environment yang terbentuk pada lab merupakan pemodelan jaringan operasional, sehingga proses inkubasi eksplorasi kapabilitas elemen jaringan dapat menghasilkan solusi-solusi yang bersifat *feasible* dan *implementable* di lapangan;
3. Karena dapat diatur untuk tidak melayani user riil, aktivitas pengujian dan pengetesan di lab tidak

memberikan resiko mengganggu pelanggan;

4. Hasil pengujian dapat digunakan oleh berbagai pihak, di antaranya para penentu kebijakan dalam menetapkan solusi migrasi IPv6 yang tepat, dan juga bagi regulator dalam hal pemetaan tahap implementasi IPv6 secara nasional yang *feasible*;
5. Keberadaan lab ini pun memberikan dampak positif bagi kontinuitas dan pengembangan bisnis perusahaan, terutama dalam kaitannya dengan proses inkubasi sebelum implementasi teknologi dan adaptasi dilapangan.

Kesimpulan

Secara umum, dengan merujuk kepada latar belakang perlunya migrasi IPv4 kepada IPv6, kasus dan detail pengujian yang dilakukan di laboratorium berbasis IPv6 Telkom ini, maka operator telekomunikasi maupun pihak-pihak terkait lainnya dapat memperoleh semacam dukungan dalam aspek riset/penelitian maupun pengembangan kapabilitas IPv6. Baik secara langsung maupun tidak, terdapat beberapa manfaat yang dapat diperoleh dengan adanya suatu laboratorium semacam ini:

1. Para *engineer* akan dapat melakukan eksplorasi kemampuan IPv6 dari perangkat telekomunikasi/elemen

- jaringan mereka secara mendalam dan terkonsentrasi tanpa mengganggu kelangsungan *delivery* layanan kepada pelanggan karena sifatnya yang terisolasi dari jaringan operasional;
2. Sebagai hasil dari pengujian eksplorasi, akan diperoleh hasil pengujian serta referensi yang berguna pada saat implementasi
 3. Selain itu, dapat juga dilakukan eksplorasi terhadap solusi-solusi IPv6 yang nantinya dapat diterapkan secara nyata di lapangan. Contoh dalam jurnal ini adalah terkait dengan pemilihan metoda migrasi koneksi IPv6 kepada pelanggan retail;
 4. Setelah tersedianya pilihan solusi teknologi IPv6 yang mampu dan layak diterapkan dengan berdasarkan hasil riset, pihak penentu kebijakan dalam perusahaan akan dapat melakukan perbandingan, terutama dalam cakupan spesifikasi solusi yang telah didapatkan;
 5. Pihak penentu kebijakan pun dalam hal ini dapat juga menyusun suatu master plan terkait implementasi IPv6 di level perusahaan. Secara lebih meluas lagi, kebijakan ini pun bisa jadi berkontribusi menjadi masukan bagi pihak pemerintah maupun regulator, terutama dalam pelaksanaan pemetaan

tahap implementasi IPv6 secara nasional;

6. Dalam terminologi implementasi IPv6 yang dikaitkan proses bisnis, keberadaan laboratorium seperti ini dapat juga menghasilkan *time to market* yang lebih pendek bagi perusahaan karena proses inkubasi dan pengujian terhadap teknologi bersangkutan dilakukan secara terpusat dan terkonsentrasi, juga disertai dengan sumber daya yang memang telah disediakan khusus untuk tujuan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- 6bone. (2011). *The Case for IPv6*.
Asia Pacific Network Information Centre. (2011). *IPv6 Guide*. Australia.
- Asia Pacific Network Information Centre. (2011). *Key Turning Point in Asia Pacific IPv4 Exhaustion*. Australia.
- IETP. (2011). *6bone: The Case for IPv6*. United States of America.
- IPv6 Forum. (2011). *IPv6 2011: The Time is Now*. New York.
- Telekomunikasi Indonesia Tbk., PT. (2007). *MP INSYNC 2014*. Bandung.
- Telekomunikasi Indonesia Tbk., PT. (2005). *Spesifikasi Telekomunikasi Perangkat Multiplex SDH*. Bandung.

Telekomunikasi Indonesia Tbk., PT.

(2007). *Standard System Metro Ethernet*. Bandung.

Telekomunikasi Indonesia Tbk., PT.

(2008). *Telecommunication System Standard Tera Router*. Bandung.

Telekomunikasi Indonesia Tbk., PT.

(2011). *White Paper: Telkom IPv6 Workshop & Exhibition*. Bandung.

Telekomunikasi Indonesia Tbk., PT.

(2011). *Kajian Roadmap IPv6: Solusi Native IPv6 & Masa Transisi*. Bandung.

Telekomunikasi Indonesia Tbk., PT.

(2012). *White Paper: World IPv6 Day, Ethernet Workshop & Exhibition*. Bandung.

Telekomunikasi Indonesia Tbk., PT.

(2012). *Inovasi: Solusi Translator IPv6 di Environment Telkom*. Bandung.