

IMPLEMENTASI IPv6 DENGAN METODE MIGRASI NAT64 DAN VPLS UNTUK Mendukung IPv6 MOBILE DI SEBUAH INSTITUSI PENDIDIKAN

Gulam Fakhil¹, Angga Setiyadi²

^{1,2} Universitas Komputer Indonesia

Jl. Dipatiukur No.114 Bandung 40132

E-mail : ghulamfaqih@gmail.com¹, angga.setiyadi@email.unikom.ac.id²

ABSTRAK

Dewasa ini, sebuah institusi pendidikan pada umumnya membutuhkan akses internet untuk mempermudah dan mendukung proses belajar mengajar. Sehingga diharapkan para dosen, mahasiswa dan pegawai dapat lebih mudah mencari informasi. ABC merupakan sebuah institusi pendidikan di kota Bandung yang memiliki jumlah civitas yang cukup banyak dan kebutuhan akses internet cukup tinggi, sehingga alokasi IPv4 sudah habis. Maka diperlukan solusi yang cepat untuk mengatasi masalah tersebut. IPv6 adalah solusi untuk keterbatasan dan habisnya IPv4 karena mempunyai jumlah 2^{128} bit. Berdasarkan hal tersebut maka implementasi IPv6 adalah solusinya untuk permasalahan tersebut. Dalam proses migrasi ke IPv6 agar lebih mudah pada pengguna maka menggunakan metode migrasi NAT64 sehingga pengguna IPv6 tetap berkomunikasi dengan IPv4. IPv6 mobile juga disediakan agar pengguna IPv6 tetap mendapatkan alamat yang sama walaupun berpindah tempat di dalam kampus dan hubungan dengan aplikasi tidak terputus. Dalam mendukung jaringan *mobile* infrastruktur utama dirubah menjadi *Multi Protocol Label Switching* (MPLS) dengan VPLS sebagai VPN pada layer 2. Dari hasil implementasi bahwa performa jaringan pada IPv6 seperti throughput, latency tidak ada penurunan dibandingkan dengan IPv4 dan aplikasi yang dapat dibuka pada IPv4 juga dapat dibuka oleh pengguna IPv6.

Kata kunci : IPv6, Migrasi, *Network Address Translation* 64(NAT64), IPv6 Mobile, VPLS

1. PENDAHULUAN

Implementasi IPv6 di Indonesia masih terbilang kecil dibandingkan dengan negara lain, maka dari itu untuk mendukung implementasi IPv6 di Indonesia harus ada yang menjadi percontohan khususnya disektor pendidikan dan riset. Maka dari itu institusi pendidikan ABC diharapkan bisa menjadi pelopor IPv6 di Indonesia.

Institusi pendidikan ABC memiliki beberapa fakultas dan dibawah fakultas dibagi menjadi kelompok keilmuan/keahlian. dan Jumlah civitas yang ada pada tahun 2013 seperti dosen sebanyak 3.379, mahasiswa sebanyak 21.727 dan karyawan sebanyak 1.388, karena hal tersebut jumlah alamat IPv4 yang tersedia sudah habis. Saat ini institusi pendidikan tersebut telah mempunyai alamat prefix IPv6 2403:8000::/32 yang diberikan oleh pihak APNIC, namun masih belum digunakan secara optimal dan menyeluruh ke jaringan pengguna.

Untuk dapat mengintegrasikan dua protokol IPv4 dan IPv6 pihak institusi telah menggunakan metode migrasi 6to4 yaitu teknik migrasi dengan cara membuat jalur tunnel IPv6 diatas jaringan IPv4, namun masih terkendala dengan pengguna IPv6 yang tidak dapat berkomunikasi dengan IPv4, serta komunikasi dengan server yang mempunyai *domain-name*.

Salah satu solusi untuk permasalahan keterbatasan IP dan metoda migrasi yang belum membuat kenyamanan disisi user adalah mengimplementasikan IPv6 dengan metode migrasi NAT64 dan menambahkan fitur IPv6 mobile agar alamat IPv6 yang digunakan tetap sama sehingga aplikasi pada pengguna tidak mengalami putus *session*

Adapun maksud dari topik ini adalah untuk mengimplementasikan kembali alamat ipv6 di institusi pendidikan ABC dan mengoptimalkan penggunaannya, dengan cara metode migrasi dual-stack Nat64, dan menghubungkan client ipv6 ke client ipv4. Teknologi vpls ini akan digunakan untuk pendistribusian alamat ipv6 pada jaringan wifi agar pengguna ipv6 selama terhubung dengan SSID di institusi tersebut IP *address* tidak akan berubah dan komunikasi tetap dapat berjalan.

Adapun tujuan dari topik penelitian ini:

1. Institusi pendidikan ABC mempunyai statistik pengguna IPv6 terbanyak di Indonesia.
2. Pengguna layanan internet dosen, pegawai, dan mahasiswa yang menggunakan komputer, laptop, atau handphone dapat terhubung ke internet menggunakan IPv4 dan IPv6.

3. Alokasi IPv6 untuk tiap fakultas, direktorat, *data center*, dan jaringan wireless sudah terdefenisi dan didokumentasikan.
4. Implementasi metode migrasi IPv6 menjadi lebih baik dan dapat digunakan oleh semua perangkat *end-user*.

7. *Source Address (128 bit)* Berisi informasi alamat IPv6 pengirim.
8. *Destination Address (128 bit)* Berisi informasi alamat IPv6 penerima.
9. *Extensesion Header* Berisi informasi header tambahan network layer, seperti routing header, *encapsulating security payload (ESP) header*.

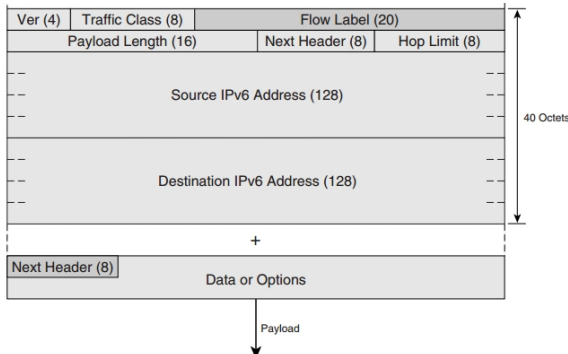
2. ISI PENELITIAN

2.1 IPv4 Address

Tiap komputer dalam TCP/IP diberikan alamat binary yang *uique* yang disebut dengan internet protocol address atau ip address. IPv4 address menggunakan 32-bit address yang dibagi menjadi 2 bagian utama yaitu prefix yang mengidentifikasi komputer tersebut terhubung ke network mana dan suffix yang yang memeberikan unique identifier pada komputer di network tersebut.

2.2 IPv6 Address

Alamat IPv6 menggunakan 128-bit yang ditulis dengan bilangan hexadecimal dibagi menjadi 8 octet dibatasi oleh symbol kolom “:” dengan hal ini maka jumlah alamat ip yang disediakan sangat banyak.berikut ini adalah struktur header dari IPv6.



Gambar 1. Struktur Header IPv6

Berikut ini adalah penjelasan fungsi dari tiap header tersebut:

1. *Version (4bit)* Digunakan mendefenisikan versi protocol IP.
2. *Traffic Class (8bit)* adalah Header yang digunakan untuk kepentingan QOS
3. *Flow label (20 bit)* adalah Field untuk digunakan untuk kepentingan flow dan field ini diharapkan dapat membuat Router tidak perlu lookup paket lebih dalam untuk memperlakukan sebuah paket
4. *Payload length (16 bit)* Berisi informasi layer 4 keatas dari OSI Layer. Jumlah field ini tetep 40 bytes agar pada saat proses lookup oleh Router lebih cepat, Karena route tidak perlu melakukan pengecekan *variable-length header*
5. *Next Header(8bit)* Berisi informasi nomor port pada layer atasnya atau layer 4 yaitu transport.
6. *Hop Limit (8bit)* Field Time To Live (TTL) untuk mencegah looping pada layer3

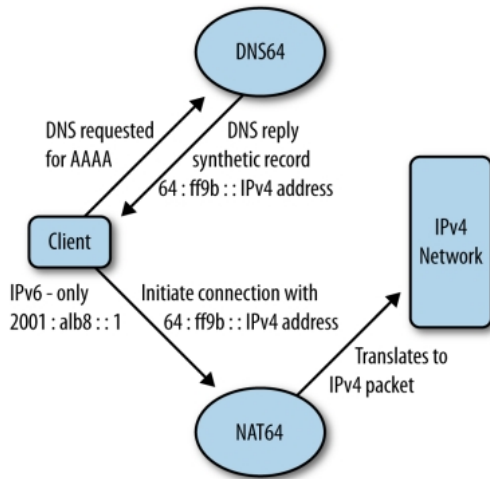
2.3 (Network Address Translasion 64) NAT64

NAT64 memberikan fasilitas komunikasi antara host IPv6 dan IPv6 dengan dukungan teknologi DNS64. NAT64 ada 2 kategori untuk mencapai tujuannya fungsinya yaitu *stateless* dan *stateful*. Nat64 *stateless* didefensikan di RFC 6145 dan NAT64 *stateful* di RFC 6146. Berikut ini adalah tabel tentang perbandingan tersebut.

Tabel 1. NAT64 Stateful dan Stateless

	NAT64 Stateless	NAT64 Stateful
1.	1:1 translasi ,karena itu terbatas untuk beberap host saja	1:N transalsi, karena itu tidak ada Batasan jumlah host yang harus ditranslasi
2.	Alamat IPv4 yang digunakan cepat habis	Satu alamat IPv4 dapat digunakan banyak host
3.	Tidak ada binding saat translasi	Menggunakan binding setiap transaksi agar unique.
4.	Dibutuhkannya konfigurasi manual ip address atau lewat DHCPv6	Dapat menggunakan berbagai macam alokasi alamat seperti DHCPv6, manual, dan SLAAC
5.	Dibutuhkan translasi IPv4 ke IPv6 secara manual sebagai kebutuhan utama	Tidak perlu melakukan translasi antara IPv4 ke IPv6.

Cara kerja dari NAT64 sendiri dapat dilihat pada gambar 2 tentang cara kerja NAT64:



Gambar 2. Cara Kerja NAT64

Saat client IPv6 akan berkomunikasi dengan IPv4 akan menanyakan informasi AAAA pada server dns64, jawaban yang diterima adalah alamat prefix nat64 digabungkan dengan alamat IPv4 64:ff9b::IPv4. Saat komputer IPv6 sudah menemukan informasi AAAA tersebut komputer akan mengirimkan paket ke NAT64 dan NAT64 akan mentransalsikan alamat tersebut dan dikirimkan ke host IPv4

2.4 Multi Protocol Label Switching (MPLS)

Multi protocol Label Switching (MPLS) protocol membuat paradigma baru untuk Router bagaimana cara untuk memforwardkan paket. Dibandingkan harus meneruskan paket berdasarkan IP tujuan yang ada di header, MPLS mem-forwardkan paket berdasarkan label. Karena menggunakan label pada proses penerusan paket. mpls dapat menentukan suatu tujuan bisa berdasarkan faktor lain seperti kebutuhan QOS, traffic engineering, dan kebutuhan privacy untuk tiap pelanggan yang terhubung ke jaringan MPLS, tetapi MPLS tetap masih menggunakan informasi routing protocol IGP atau EGP.

Virtual Private LAN Service (VPLS) adalah aplikasi MPLS pada VPN layer 2. Dengan VPLS membuat jaringan Multipoint-to-Multipoint untuk layer 2 antara tempat pelanggan. VPLS ini dapat digunakan sebagai pengganti ethernet over MPLS, L2Pv3 bahkan GRE. Perangkat penyedia layanan yang mengarah deserver akan menjadi seperti switch yang besar karena alamat mac-address yang dibaca banyak dan terhubung ke berbagai pelanggan.

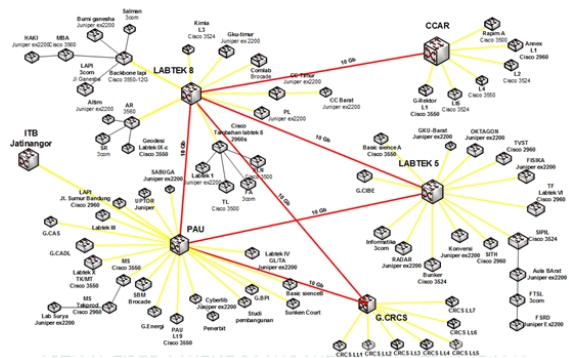
2.5 Plan Design Implement Optimize Operate (PDIOO)

Metode PDIOO adalah metode life-cycle dalam perancangan jaringan yang dibuat oleh cisco. Life-cycle PDIOO ini terdiri dari langkah-langkah berikut:

1. *Plan* yaitu pendefenisan kebutuhan network. Menganalisa dimana network akan dipasang atau digunakan, tipe layanan apa yang akan diberikan, dan digunakan oleh siapa. Saat semua sudah terdefenisi maka kebutuhan dasar jaringan sudah teridentifikasi.
2. *Design* melakukan perancangan sesuai kebutuhan jaringan telah didapatkan dari langkah *plan* selanjutnya dibuat langkah *design* dan juga dilakukan koordinasi dengan administrator atau manager. Contoh *design* yang dilakukan *logical design* dan *physical design*
3. *Implement* Melakukan implementasi sesuai design yang dibuat. Pada langkah ini dilakukan pengetesan design yang dibuat dan pengetesen design
4. *Operate* melakukan test terakhir seberapa efektif design yang dibuat. Jaringan akan dimonitoring pada langkah ini mulai dari performa dan segala kesalahan yang dibuat yang nantinya akan digunakan sebagai dasar pada langkah *optimize*
5. *Optimize* melakukan identifikasi masalah yang diimplmentasi, dan membuat solusi untuk masalah tersebut. Pada langkah ini juga dilakukan *redesign* jika saat operasi terjadi banyak masalah.

2.6 Analisa Jaringan Existing

Berikut ini adalah analisa jaringan *existing* untuk skalabilitas yaitu seberapa besar pertumbuhan jaringan yang harus didukung.



Gambar 3. Toplogi Jaringan Existing

Berdasarkan analisa dan gambar toplogi diatas maka implmenetasi akan dilakukan di perangkat (Tabel 2).

Tabel 2. Router yang harus diimplementasi

No	Router	Lokasi
1.	Core Router PAU	Gedung PAU
2.	Core Router LABTEK 5	Gedung LABTEK 5
3.	Core Router LABTEK 8	Gedung LABTEK 8
4.	Core Router CRCS	Gedung CRCS

5.	Core Router Jatinangor	ITB Jatinangor Gedung Rektorat
6.	Core Roter Annex/CCAR	Gedung Rektorat ITB
7.	Router Gateway	Gedung PAU

Berikut ini adalah analisa tentang ketersediaan dari jaringan *existing* yaitu berapa lama waktu sebuah jaringan harus dapat dipakai oleh pengguna dan seberapa cepat jaringan dapat kembali berfungsi jika ada gangguan seperti *human error*, bencana atau masalah keamanan.

Host	Status	Last Check	Response	Address	Status Information
ROUTER PAU	UP	01-20-2017 09:33:06	139.220.16n.1a	/5	PING OK - Packet loss = 0%, RTT = 3.36 ms
ROUTER LABTEK 5	UP	04-20-2017 09:33:06	139.220.16n.7a	/5	PING OK - Packet loss = 0%, RTT = 3.67 ms
ROUTER LABTEK 8	UP	04-20-2017 09:33:07	139.220.16n.7b	/5	PING OK - Packet loss = 0%, RTT = 2.61 ms
ROUTER CCAR	UP	04-20-2017 09:33:07	139.220.16n.6a	/5	PING OK - Packet loss = 0%, RTT = 1.40 ms
ROUTER CRCS	UP	04-20-2017 09:33:06	139.220.16n.4a	/5	PING OK - Packet loss = 0%, RTT = 1.37 ms
JARINGAN WIRELESS	UP	04-20-2017 09:33:06	139.220.16n.5a	/5	PING OK - Packet loss = 0%, RTT = 3.27 ms

Gambar 4. Ketersediaan Jaringan

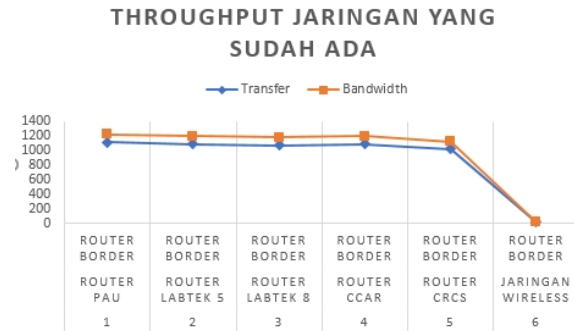
Berdasarkan pada analisa jaringan ketersediaan maka rencana ketersediaan jaringan IPv6 harus mencapai minimal 128 hari tidak ada gangguan.

Berikut ini adalah analisa performa jaringan pada *existing* yaitu mengukur *throughput*, *accuracy*, *effisiensi*, *delay*, *response time*. Tabel 3 adalah hasil analisa *throughput* jaringan yang sudah ada.

Tabel 3. Throughput Jaringan Existing

No	Sumber	Tujuan	Transfer	Bandwidth
1	Router PAU	Router border	1116 MB	112 MB/s
2	Router labtek 5	Router border	1090 MB	109 MB/s
3	Router labtek 8	Router border	1073 MB	107 MB/s
4	Router CCAR	Router border	1092 MB	109 MB/s
5	Router CRCS	Router border	1020 MB	102 MB/s
6	Jaringan wireless	Router border	20.9MB	2.8 MB/s
Rata – Rata Performa Jaringan Kabel			1078.2 MB	107.8 MB/s
Rata – Rata Performa Jaringan Wireless			20.9	2.8

Dari hasil tabel diatas dapat dibuat grafik seperti gambar 5.



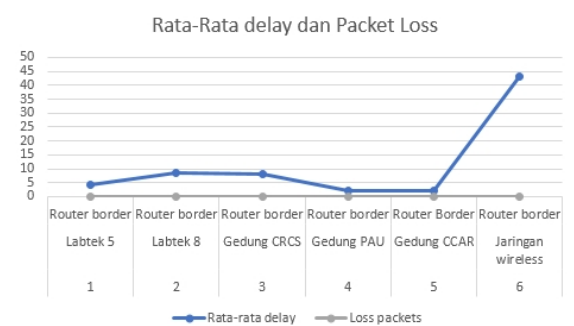
Gambar 5. Grafik Throughput Existing

Beikut ini adalah tabel 4. hasil analisa *Delay*, *accuracy*, *response* jaringan *existing*.

Tabel 4. Analisa Delay, accuracy, response

No	Sumber	Tujuan	Rata-rata delay	Loss packets
1	Labtek 5	Router border	4.14 ms	0%
2	Labtek 8	Router border	8.41 ms	0%
3	Gedung CRCS	Router border	8 ms	0%
4	Jaringan wireless	Router border	43.27 ms	0%
5	Gedung PAU	Router border	2.07 ms	0%
6	Gedung CCAR	Router Border	2.05 ms	0%
Rata-Rata Jaringan Kabel			4.934 ms	0%
Rata-Rata Jaringan Wireless			43.27 ms	0%

Dari hasil tabel 4 tersebut dapat dibuat sebuah grafik seperti gambar 6.



Gambar 6. Anlisa Delay, accuracy, response

Untuk analisa keamanan dari jaringan *existing* pengguna internet jaringan *wireless* di Institut Teknologi Bandung Tamansari (ITB) pada jaringannya setiap SSID menggunakan password

WPA2-PSK, setelah pengguna terhubung ke SSID maka pengguna saat membuka halaman website menggunakan browser harus memasukan *username* dan *password proxy*. Dan untuk aspek keamanan para pegawai teknis jaringan, semua perangkat jaringan yang terhubung seperti *switch*, *Router*, *load balancer*, dan *firewall* menggunakan protocol *Authentication Authorization Accounting (AAA)* dengan aplikasi *tacacs+* yang fungsinya sebagai database user untuk melakukan login, pencatatan konfigurasi, pemberian hak akses pengguna kepada tiap perangkat tersebut.

Analisa jaringan existing tentang usability yaitu kemudahan menggunakan jaringan dan mengakses suatu jaringan atau layanan dari sisi *user* atau pengguna. Berdasarkan analisa yang dilakukan pengguna layanan internet menggunakan protokol *dynamic* untuk mendapatkan alamat IP address.

Analisa jaringan *existing* dari sisi aplikasi OSI Layer mana saja yang sering dipakai dapat dilihat pada gambar 7 dan gambar 8.

App	Protocol	Unbound Bytes	Unbound Pkts	Unbound Bytes	% Total
Facebook	All	237,289,930	12,229,789	223,839,930	52.2%
MS	All	4,403,970	46,284,080	90,139,930	1.7%
Video Streaming	All	140,249,510	58,207,492	79,499,930	18.8%
FTP	All	566,475,610	79,149,930	79,499,930	1.8%
HTTP	All	108,393,930	34,199,930	34,499,930	7.8%
Desktop	All	854,000,930	1,079,930	10,499,930	2.4%
IM/Instant	All	346,103,930	1,179,930	6,499,930	1.5%
POP Download	All	224,930	17,209,930	6,209,930	1.4%
SMTP	All	190,793,930	7,199,930	7,499,930	1.7%

Gambar 7. Aplikasi Yang Sering Digunakan

Berdasarkan pada gambar 7 aplikasi yang sering dibuka adalah *https* dan *http* contohnya *facebook* dan *youtube*. Pada gambar 8 adalah contoh aplikasi yang sering dibuka dari sisi *proxy*.

Accessed site	Connect	Bytes	%
1 who r3---sn-puc-cqve.googlevideo.com:443	141,836	263.3 G	10.1%
2 who r1---sn-puc-cqve.googlevideo.com:443	86,755	180.3 G	6.9%
3 who r2---sn-puc-cqve.googlevideo.com:443	74,752	92.1 G	3.5%
4 who scontent-sim6-1.cdninstagram.com	399,313	57.5 G	2.2%
5 who 62.210.84.186	485	57.4 G	2.2%
6 who au.download.windowsupdate.com	124,453	36.8 G	1.4%
7 who instagram.fcgk4-1.fna.fbcdn.net	209,590	30.8 G	1.1%
8 who 74.125.130.132:443	9,145	27.6 G	1.0%
9 who instagram.fcgk5-1.fna.fbcdn.net	184,057	25.5 G	0.9%
10 who 7.thu.dl.delivery.mp.microsoft.com	34,649	20.7 G	0.7%

Gambar 8. Analisa Aplikasi Yang di Akses

Pada gambar 8 dapat dilihat bahwa alamat atau website yang sering diakses adalah *youtube.com* dari hasil analisa tersebut maka aplikasi *http* dan *https* harus dapat berjalan disisi pengguna jaringan IPv6.

2.7 Pengujian Skalabilitas

Pada pengujian skalabilitas pada poin pertama ini adalah memastikan bahwa implementasi OSPFv3 pada tiap router core sudah diimplementasi dan route IPv6 sudah terdistribusi pada tiap router.

```

telnet@PAU-06042014>show ipv6 ospf neighbor
Total number of neighbors in all states: 4
Number of neighbors in state Full : 4

RouterID      Pri State   DR           BDR           Interface     [State]
167.205.0.2    1 Full      167.205.0.1  167.205.0.2  ve 2          [DR]
167.205.0.3    1 Full      167.205.0.3  167.205.0.1  ve 3          [BDR]
167.205.3.1    1 Full      167.205.0.1  167.205.3.1  ve 4          [DR]
167.205.0.7    128 Full    0.0.0.0      0.0.0.0      ve 6          [P2P]
telnet@PAU-06042014>
    
```

Gambar 9. Informasi Neighbor OSPFv3

Gambar 9 menampilkan informasi neighbor OSPFv3 di jaringan core atau backup yang sudah diimplementasi dengan perintah *show ipv6 ospf neighbor*.

2.8 Pengujian Ketersediaan

Pada bagian ketersediaan ini dilakukan pengujian implementasi perangkat yang sudah diimplementasi tetap tersedia dan tidak ada kendala saat sedang dioperasikan. Disini dilakukan percobaan jika route utama mati butuh berapa detik untuk pindah ke jalur *backup*.

```

root# run ping 2500:3000::1 source 2403:8000:710::1
PING(56=40+8+8 bytes) 2403:8000:710::1 --> 2500:3000::1
16 bytes from 2500:3000::1: icmp_seq=0 hlim=64 time=2.564 ms
16 bytes from 2500:3000::1: icmp_seq=1 hlim=64 time=7.636 ms
16 bytes from 2500:3000::1: icmp_seq=2 hlim=64 time=2.737 ms
16 bytes from 2500:3000::1: icmp_seq=3 hlim=64 time=2.602 ms
16 bytes from 2500:3000::1: icmp_seq=4 hlim=64 time=3.877 ms
16 bytes from 2500:3000::1: icmp_seq=5 hlim=64 time=2.186 ms
16 bytes from 2500:3000::1: icmp_seq=6 hlim=64 time=2.444 ms
16 bytes from 2500:3000::1: icmp_seq=7 hlim=64 time=3.954 ms
16 bytes from 2500:3000::1: icmp_seq=8 hlim=64 time=2.108 ms
16 bytes from 2500:3000::1: icmp_seq=9 hlim=64 time=1.882 ms
16 bytes from 2500:3000::1: icmp_seq=10 hlim=64 time=2.839 ms
16 bytes from 2500:3000::1: icmp_seq=11 hlim=64 time=3.013 ms
16 bytes from 2500:3000::1: icmp_seq=12 hlim=64 time=2.280 ms
16 bytes from 2500:3000::1: icmp_seq=13 hlim=64 time=1.820 ms
16 bytes from 2500:3000::1: icmp_seq=14 hlim=64 time=62.254 ms
16 bytes from 2500:3000::1: icmp_seq=15 hlim=64 time=4.591 ms
16 bytes from 2500:3000::1: icmp_seq=16 hlim=64 time=4.461 ms
16 bytes from 2500:3000::1: icmp_seq=17 hlim=64 time=3.466 ms
16 bytes from 2500:3000::1: icmp_seq=18 hlim=64 time=2.953 ms
16 bytes from 2500:3000::1: icmp_seq=19 hlim=64 time=3.393 ms
16 bytes from 2500:3000::1: icmp_seq=20 hlim=64 time=3.458 ms
    
```

Gambar 10. Pengujian Ketersediaan

Pada gambar 10 jika dilihat di paket ke 14 telah terjadi perpindahan route utama ke route *backup* hasilnya adalah tidak ada paket yang *loss* saat pindah namun hanya mengakibatkan latency yang tinggi saat ada perpindahan jalur.

2.9 Pengujian Performa Jaringan

Pada bagian performa jaringan ini akan dilakukan pengujian implementasi IPv6 seperti *throughput*, *latency*, *delay* dan *loss packet* dan akan dibandingkan dengan performa jaringan di IPv4. Berikut ini adalah tabel hasil pengujian dan perbandingan antara IPv4 dan IPv6. Berdasarkan pada tabel 5 dapat dibuat grafik seperti berikut untuk mempermudah dalam memahi hasil performa jaringan IPv4 dan IPv6.

Tabel 5. Performa Jaringan IPv4 dan IPv6

No	Sumber	Tujuan	Rata-rata delay		Loss packets	
			IPv4	IPv6	IPv4	IPv6
1	Labtek 5	Router border	4.14 ms	1.86 ms	0%	0%
2	Labtek 8	Router border	8.41 ms	1.89 ms	0%	0%
3	Gedung CRCS	Router border	8 ms	1.86 ms	0%	0%
4	Gedung PAU	Router border	2.07 ms	28.71 ms	0%	0%
5	Gedung CCAR	Router Border	2.05 ms	1.98 ms	0%	0%
6	Jaringan wireless	Router border	43.27 ms	1.95 ms	0%	0%

Tabel 6. Tabel Pengujian Delay dan Paket Loss

No	Sumber	Tujuan	Transfer		Bandwidth	
			IPv4	IPv6	IPv4	IPv6
1	Router PAU	Router border	1116 MB	1020 MB	112 MB/s	102 MB/s
2	Router labtek 5	Router border	1090 MB	1064 MB	109 MB/s	106 MB/s
3	Router labtek 8	Router border	1073 MB	1075 MB	107 MB/s	107 MB/s
4	Router CCAR	Router border	1092 MB	1080 MB	109 MB/s	108 MB/s
5	Router CRCS	Router border	1020 MB	1076 MB	102 MB/s	108 MB/s
6	Jaringan wireless	Router border	20.9 MB	20.5 MB	2.8 MB/s	2.02 MB/s

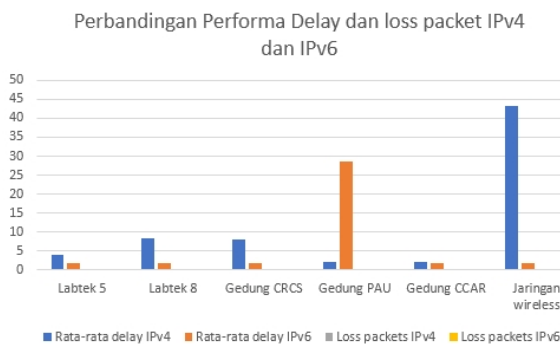


Gambar 11. Performa Jaringan IPv4 dan IPv6

Hasil dari pengujian tersebut dan gambar 11 adalah bahwa performa untuk *throughput* di jaringan IPv6 dan Jaringan IPv4 tidak berbeda jauh baik lewat media kabel atau media wireless.

Untuk bagian performa jaringan delay dan paket loss dapat dilihat pada tabel 6.

Dari tabel 6 tentang pengujian delay dan paket loss dapat dibuat grafik seperti gambar 12.

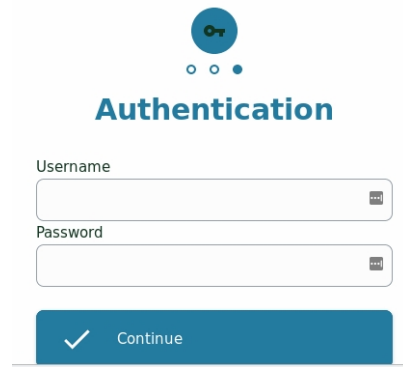


Gambar 12. Delay dan paket loss IPv4 dan IPv6

Berdasarkan pada gambar 12 performa delay pada ipv6 lebih kecil karena di jaringan sendiri pengguna ipv6 masih sedikit sehingga perangkat seperti router atau perangkat pengguna dapat lebih cepat memprosesnya, karena tidak adanya juga paketa broadcast pada IPv6.

2.10 Pengujian Keamanan

Pada pengujian ini pengguna jaringan IPv6 yang lewat media komunikasi wireless sebelum mendapatkan akses ke internet harus melakukan autentikasi terlebih dahulu lewat captive portal.



Gambar 13. Captive Portal Jaringan Ipv6

Gambar 13 diatas menunjukkan bahwa perangkat pengguna yang akan terhubung ke jaringan SSID ITB-IPv6 harus melakukan login lewat captive portal, dan selanjutnya user dapat melakukan aktivitas internet atau browsing.

2.11 Pengujian Usability

Pada pengujian *usability* pada ini adalah akan dilakukan apakah system operasi umum seperti windows, linux, android dan mac os yang dimiliki pengguna dapat terhubung ke jaringan IPv6. Berikut ini adalah tabel hasil pengujian tersebut.

Tabel 7. Hasil Pengujian Usability

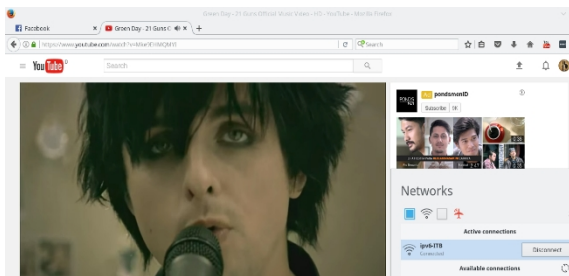
No	Sistem Operasi	Versi	Support	Keterangan
1	Windows xp	Sp 2	Tidak	Tidak support IPv6 DNS query
2	Windows	7	Ya	-
3	Windows	8	Ya	-
4	Windows	10	Ya	-
5	Linux Ubuntu	12.04	Ya	-
6	Linux	14.04	Ya	-

	Ubuntu			
7	Linux Ubuntu	16.04	Ya	-
8	Android	4.1	Tidak	Tidak support ND-RDNS
9	Android	4.4	Tidak	Tidak support ND-RDNS
10	Android	5.0	Ya	-
11	Android	6.0	Ya	-
12	Mac OS	10.10	Ya	-
13	Mac OS	10.11	Ya	-
14	Mac OS	10.12	Ya	-
15	Mac OS	10.13	Ya	-

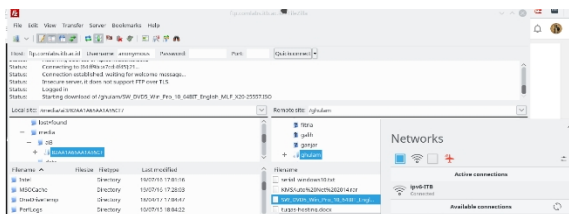
Berdasarkan pada tabel diatas ada beberapa system operasi perangkat pengguna yang tidak dapat disupport pada implementasi IPv6, dikarenakan pihak dari vendor belum mengimplementasikan IPv6 sesuai standar yang telah ditentukan.

2.12 Pengujian Aplikasi OSI Layer

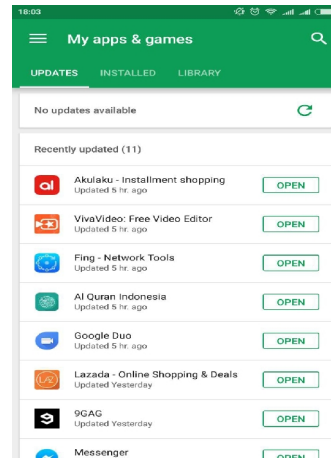
Pada pertama dari pengujian lapisan aplikasi pada osi layer ini pengguna pada IPv6 akan dicoba untuk membuka aplikasi apa saja yang dapat diberjalan diatas IPv6 untuk keperluan internet atau belajar mengajar. Berikut ini adalah gambar 14, 15 dan 16 tentang aplikasi yang dijalankan di IPv6 ini.



Gambar 14. Pengujian Aplikasi HTTPS



Gambar 15. Pengujian Aplikasi FTP



Gambar 16. Pengujian Aplikasi di Mobile

Dari gambar 14,15 dan 16 aplikasi seperti https, ftp dan aplikasi yang berjalan dimobile dapat di akses menggunakan alamat IPv6.

3. PENTUTUP

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di institusi pendidikan ABC mengenai implementasi IPv6 dengan metode migrasi NAT64 dan VPLS untuk mendukung IPv6 tetap mobile di institusi tersebut, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Statistik pengguna IPv6 di institusi pendidikan ABC menjadi urutan terbanyak di Indonesia melalui pengukuran website APNIC.
2. Pengguna layanan internet dapat menggunakan IPv6 sebagai salah satu cara untuk menggunakan internet di lingkungan kampus mulai dari perangkat *mobile* seperti handphone atau perangkat *non-mobile* seperti komputer dan laptop.
3. Alokasi alamat IPv6 saat ini sudah terdefenisikan dan sudah ada dokumentasinya untuk setiap *datacenter*, fakultas atau direktorat.
4. Metode migrasi yang telah dilakukan saat implementasi menjadikan lebih mudah ke setiap pengguna jaringan IPv6 seperti dapat menggunakan aplikasi umum apapun dengan IPv6.

Untuk meningkatkan kinerja IPv6 di institusi pendidikan ABC, maka ada beberap saran yang dapat dijadikan pertimbangan, yaitu:

1. Sebaiknya diadakan sosialisasi kepada para civitas tentang bagaimana cara menggunakan IPv6 ini.
2. Pengoptimalisasian di router NAT64 agar session yang digunakan saat translasi tidak cepat berakhir yang mengakibatkan pengguna saat melakukan remote ssh sering mengalami putus *session*.

3. Adanya solusi baru untuk mengatasi aplikasi yang masih belum bisa menggunakan IPv6 dengan cara NAT64.
4. Melakukan optimalisasi agar implementasi VPLS lebih skalabilitas kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] admin, "Use of IPv6 for Indonesia (ID)," APNIC, 9 2 2017. [Online]. Available: <https://stats.labs.apnic.net/ipv6/ID>. [Accessed 9 2 2017].
- [2] admin, "Fakultas dan Sekolah," ITB, 2016. [Online]. Available: <https://www.itb.ac.id/fakultas-dan-sekolah>. [Accessed 2 4 2017].
- [3] admin, "Peta Kampus ITB," Direktorat SP & Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika ITB., 2015. [Online]. Available: <http://petakampus.itb.ac.id/>. [Accessed 27 2 2017].
- [4] admin, "Sangfor Firewall," Institut Teknologi Bandung, 27 2 2017. [Online]. Available: <https://fw.itb.ac.id>. [Accessed 27 2 2017].
- [5] admin, "Squid User Access Report," Institut Teknologi Bandung, 7 2 2017. [Online]. Available: <http://logger.itb.ac.id/all/>. [Accessed 27 2 2017].
- [6] P. Oppenheimer, Top-Down Network Design Third Edition, Cisco Press, 2010.
- [7] "Sejarah dan Masa Depan," Institut Teknologi Bandung, [Online]. Available: <https://www.itb.ac.id/sejarah-dan-masa-depan>. [Accessed 22 3 2017].
- [8] C. Dirgantoro, Manajemen Strategik, Jakarta: PT. Gramedia Widiasarana Indonesia, 2001.
- [9] "Visi dan Misi," Institiut Teknologi Bandung, [Online]. Available: <https://www.itb.ac.id/visi-dan-misi>. [Accessed 22 3 2017].
- [10] F. S. Wirawan, "Analisis kebutuhan resource terhadap kesesuaian protokol IPv4 dan IPv6 di Pusair Bandung," pp. 22-31, 30 5 2013.
- [11] P. Simoneau, The OSI Model: Understanding the Seven Layers of Computer Networks, globalknowledge, 2006.
- [12] D. D. Handayani, "INSTALASI DAN KONFIGURASI APACHE HADOOP, SQOOP DAN HIVE PADA CENTOS 7.2 UNTUK KEBUTUHAN COUNTING USER ACCESS TIAP COURSE E-LEARNING DI DitSTI ITB," pp. 15-17, 22 3 2016.
- [13] D. D. Comeer, The Sixth Edition Of Internetworking With TCP/IP, pearsonhighered, 2013.
- [14] P. P. Narbik Kocharians, CCIE Routing and Switching v5.0 Official Cert Guide, Volume 1, Cisco Press, 2015.
- [15] S. Hagen, IPv6 Essentials Integrating IPv6 Into Your IPv5 Network, New York: O'reilly, 2010.
- [16] T. V. Narbik Kocharians, CCIE Routing and Switching v5.0 Official Cert Guide, Volume 2, Indianapolis: Cisco Press, 2015.
- [17] c. I. team, "NAT64 Technology: Connecting IPv6 and IPv4 Networks," Cisco, 17 4 2012. [Online]. Available: http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/ios-nx-os-software/enterprise-ipv6-solution/white_paper_c11-676278.html. [Accessed 15 4 2017].
- [18] P. Oppenheimer, Top-Down Network Design third Edition, Indianapolis: Cisco Press, 2011.
- [19] K. G. S. Antonio Sánchez-Monge, MPLS in the SDN ERA, Boston: O'reilly, 2015.
- [20] admin, "Informasi Umum," ITB , 13 September 2014. [Online]. Available: <https://www.itb.ac.id/informasi-umum>. [Accessed 5 2 2017].