

Pengantar IPv6 dan Implementasinya Pada FreeBSD

R Mohamad Dikshie Fauzie

dikshie@ppk.itb.ac.id

<http://ipv6.ppk.itb.ac.id/~dikshie/>

Lisensi Dokumen:

Copyright © 2003 IlmuKomputer.Com

Seluruh dokumen di IlmuKomputer.Com dapat digunakan, dimodifikasi dan disebarkan secara bebas untuk tujuan bukan komersial (nonprofit), dengan syarat tidak menghapus atau merubah atribut penulis dan pernyataan copyright yang disertakan dalam setiap dokumen. Tidak diperbolehkan melakukan penulisan ulang, kecuali mendapatkan ijin terlebih dahulu dari IlmuKomputer.Com.

Internet protokol yang kita gunakan sekarang untuk komunikasi di internet dikenal dengan IPv4. IPv4 ini telah berumur lebih dari 20 tahun. Suksesor dari IPv4 adalah IPv6. IPv6 menawarkan fitur dan fungsionalitas yang lebih dari IPv4 seperti ruang pengalamatan yang jauh lebih besar, fitur keamanan IPSec, penanganan lalu lintas multimedia di internet, dan lain-lain.

Pendahuluan

Protokol internet pertama kali dirancang awal tahun 1980-an. Pada saat itu hanya digunakan untuk menghubungkan beberapa *node* saja dan tidak diprediksikan akan tumbuh secara global seperti sekarang ini. Pada awal tahun 1990-an mulai disadari bahwa internet mulai tumbuh ke seluruh dunia dengan pesat, pada saat itu juga orang-orang mulai menyadari cepat atau lambat alamat IPv4 yang sebesar 32 bit akan semakin terbatas dan sulit didapatkan pada masa-masa mendatang, selain itu internet sekarang ini mulai melewatkan aplikasi multimedia, sehingga ada beberapa masalah timbul pada traffic internet seperti masalah *priority*, *bottleneck*, dsbnya. Solusi untuk mengatasi keterbatasan alamat IPv4 ini adalah penggunaan NAT (*Network Address Translation*) dan CIDR (*classes interdomain routing*). Kedua digunakan dalam rangka penggunaan alamat IP secara hemat dan efisien. Namun solusi seperti NAT tidaklah menyelesaikan persoalan secara utuh. Ada beberapa hambatan muncul bila menggunakan NAT, seperti kesulitan pada aplikasi VoIP, kesulitan pada aplikasi IPSec, lalu lintas *Multicast* yang tidak dapat melewati NAT, dan NAT itu sendiri sebagai *single failure box* dimana bila mesin penyedia NAT rusak maka semua koneksi client dengan internet menjadi terputus.

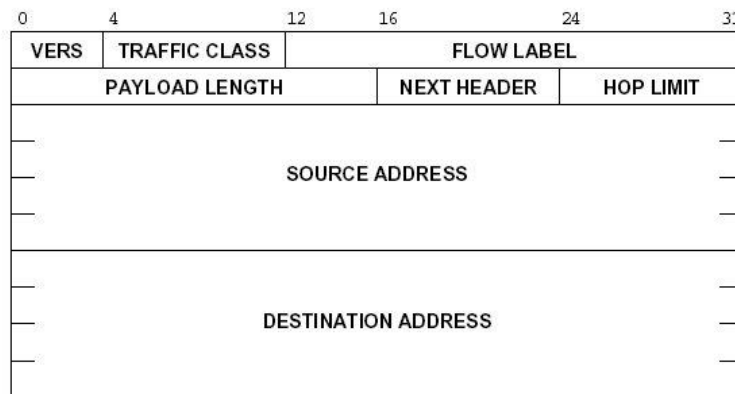
Alasan utama untuk mulai beralih ke IPv6 adalah terbatasnya ruang pengalamatan. Pada masa sekarang ini bukan komputer saja yang terhubung ke internet namun peralatan sehari-hari seperti telepon seluler, PDA, *home appliances*, dan sebagainya juga

terhubungkan ke internet, dapatkan anda bayangkan seberapa banyak alamat IP yang dibutuhkan untuk menghubungkan semua itu ke internet.

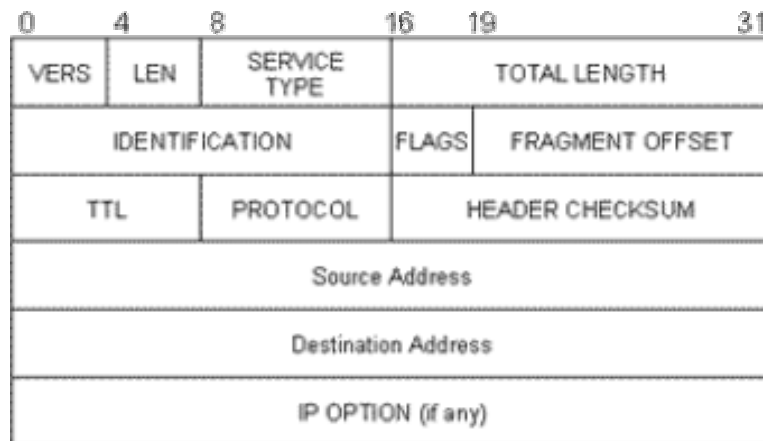
Diperkirakan pada 1 sampai 7 tahun kedepan merupakan masa transisi dari IPv4 ke IPv6. Secara eksplisit berdasarkan kesepakatan IETF memang tidak ada tanggal pasti kapan umur IPv4 akan berakhir, namun masa transisi dari IPv4 ke IPv6 merupakan proses yang bertahap dan selama transisi harus ada jaminan bahwa proses tersebut tidak mengganggu aktifitas internet.

Arsitektur IPv6

Header IPv6 didesain mempunyai lebih sedikit *field* dibandingkan dengan IPv4, panjang header yang selalu tetap, dan fragmentasi yang terbatas pada paket IPv6 yang terbatas akan membuat router menjadi lebih cepat dalam memproses paket IPv6.



Gambar 1. Header IPv6



Gambar 2. Header IPv4

Header IPv6 mempunyai panjang yang tetap sebesar 40 bytes. Fields dalam header IPv6 dijelaskan sebagai berikut:

- Field Version digunakan untuk menandai versi dari IP yang digunakan. Dalam IPv6 field ini berisi angka 6. Panjang field ini 4 bit.
- Field Traffic Class untuk menandai kelas atau prioritas dari paket IPv6. Ukuran field ini 8 bit.
- Field Flow Label untuk menandai bahwa paket tersebut dimiliki oleh urutan spesifik tertentu dari paket IPv6 antra asal dan tujuan. Field ini digunakan untuk aplikasi tertentu seperti aplikasi data *real-time*.
- Field Payload Length untuk menandai panjang dari payload.
- Field Next Header menandai tambahan header pertama jika ada atau jenis protokol padalapisan atas PDU (Protokol Data Unit).
- Field Externsion Header digunakan untuk tambahan fungsionalitas yang dibutuhkan seperti security dan sebagainya.
- Field Hop Limit untuk menandai maksimum hop yang dapat digunakan oleh IPv6 dalam lalu lintas internet.
- Field Source Address digunakan untuk menyimpan alamat IPv6 dari host asal. Ukuran field ini 128 bit.
- Field Destination Address digunakan untuk menyimpan alamat IPv6 dari host tujuan. Ukuran field ini 128 bit.

Dengan menggunakan formula:

$$MTU = \text{Payload} + \text{Transport Layer} + \text{Network Layer} + \text{Datalink Layer} \quad (1)$$

Maka perbandingan antara overhead IPv6 dengan IPv4 dapat dilihat pada tabel berikut ini :

	IPv4 TCP	IPv6 TCP	IPv4 UDP	IPv6 UDP
TCP/UDP Payload	1460	1460	1460	1460
TCP/UDP Header	20	20	20	20
IP Payload	1480	1480	1480	1480
IP Header	20	40	20	40
Ethernet Header	14	14	14	14
Total Ethernet MTU	1514	1514	1514	1514
Overhead (%)	3,7%	5,14%	2,85%	4,27%

Penulisan Alamat IPv6

Yang menarik dari IPv6 adalah penjang alamat sebesar 128 bit. Notasi alamat IPv6 ditulis dalam hexadesimal yang dipisahkan dengan karakter ":". Contohnya sebagai berikut:

- 3ffe:0501:008:1234:0260:97ff:fe40:efab
- ff02:0000:0000:0000:0000:0000:0001

Angka nol didepan dapat diabaikan sehingga penulisan menjadi:

- 3ffe:501:8:1234:260:97ff:fe40:efab
- fe02:0:0:0:0:0:0:1

Angka nol yang berurutan dapat digantikan dengan karakter ":", sehingga penulisan menjadi:

- fe02::1

Alamat IPv6 yang mempunyai panjang 128 bit dalam hexadesimal tentunya sulit dihapalkan karena itu alamat numerik jarang digunakan, lebih mudah menggunakan hostname, untuk itu DNS memegang peranan penting.

Alamat IPv6 sendiri terbagi atas beberapa macam, berdasarkan RFC 3513 :

- Unspecified dengan notasi ::/128
- Loopback dengan notasi ::1/128
- Multicast dengan notasi ff00::/8
- Link local unicast dengan notasi FE80::/8
- Site local unicast dengan notasi FEC0::/8
- Global unicast

Alamat yang akan digunakan untuk berkomunikasi dengan internet adalah alamat global unicast. Pembagian alokasi alamat global berdasarkan registrar (RFC 2928) adalah:

- IANA 2001:000::/29 sampai 2001:01F8::/29
- APNIC 2001:200::/29 sampai 2001:03F8::/29
- ARIN 2001:400::/29 sampai 2001:05F8::/29
- RIPE NCC 2001:600::/29 sampai 2001:06F8::/29

Selain alokasi diatas adapula alokasi alamat IPv6 untuk keperluan eksperimen disebut juga 6bone project. Alokasi 6bone ini dimulai pada tahun 1996 menggunakan prefix 5F00::/16 yang kemudian digantikan dengan prefix 3FFE::/16 pada tahun 1998.

Di Indonesia sendiri beberapa organisasi telah mendapatkan alokasi alamat IPv6. Organisasi tersebut adalah:

- ITB-NET dengan prefix 2001:200:830::/48 akan berpindah ke 2001:0D30:0103::/48
- APJII-IIX dengan prefix 2001:07FA:0002::/48
- CBN-Net dengan prefix 2001:0D10::/32
- WINET (PT Wireless Indonesia) dengan prefix 2001:0D68::/32

Pada praktiknya pembagian subnet pada IPv6 adalah selalu tetap sebesar /64 (sejumlah 2^{64} alamat), hal ini sangat memberi kesempatan untuk menaruh devais sebanyak-banyaknya pada jaringan IPv6 sehingga sebuah subnet diharapkan mampu mengcover banyak devais. Hal ini berbeda dengan IPv4 dimana pembagian subnet tidak tetap dan bersifat variasi. Hal ini biasanya akan menjadi hambatan ketika harus melakukan renumbering subnet. Sedangkan untuk subnet site (organisasi) secara praktik biasanya selalu tetap mendapatkan /48. Hal ini untuk mempermudah bila subnet site tersebut bila akan berpindah ISP.

Praktik yang dipakai saat ini oleh registrar (RIR) adalah:

- ISP besar mendapatkan alokasi /32 dari RIR.
- ISP kecil mendapatkan alokasi /40 dari ISP besar.
- End site (Universitas, Perusahaan, Organisasi lain) mendapatkan alokasi /48 dari ISP.

Autoconfiguration Address

Salah satu fitur menarik dari IPv6 adalah fitur autoconfiguration.

Ada dua macam teknik autoconfiguration untuk IPv6. Teknik tersebut adalah:

- Stateless address autoconfiguration
- Statefull address autoconfiguration

Pada stateless, tidak diperlukan server khusus, router yang akan meng-advertise informasi tentang subnet yang bersangkutan kepada host, lalu host setelah menerima informasi dari router host tersebut mengkonfigurasi alamat IPv6 pada dirinya sendiri.

Pada statefull, diperlukan server DHCP IPv6 untuk mengalokasikan sejumlah alamat IPv6 kepada host.

Stateless autoconfiguration ini lebih mudah digunakan dan sangat baik diterapkan untuk telepon seluler dan *home applicances*.

Mekanisme Transisi

Ada beberapa mekanisme transisi dari IPv4 ke IPv6. Berdasarkan draft IETF `draft-ietf-v6ops-mech-v2-00.txt` Mekanisme tersebut adalah:

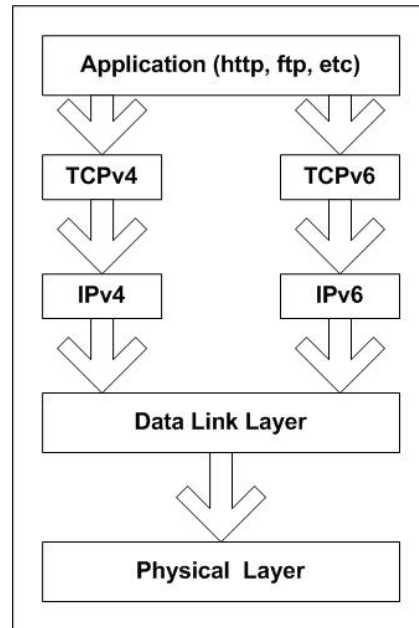
- Dual IP layer
- Tunneling

Dual IP layer adalah sebuah cara dimana host dan router secara lengkap mendukung protokol IPv4 dan IPv6.

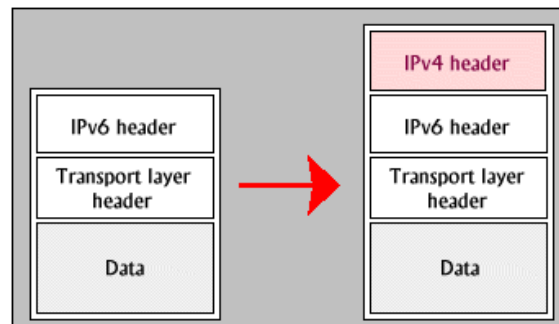
Tunneling adalah sebuah cara melakukan koneksi *point-to-point* dimana paket IPv6 ditumpangkan dalam header paket IPv4 melalui infrastruktur routing IPv4.

Pada praktiknya kedua hal tersebut bisa dilakukan secara bersama atau masing-masing tergantung situasi setempat. Contohnya jaringan ITB ke internet telah mendukung IPv6 maka server atau host yang ada di ITB cukup menjalankan teknik *Dual IP Layer* saja. Contoh lain adalah bisa sebuah universitas belum mempunyai jaringan yang mendukung IPv6 ke internet maka universitas tersebut harus melakukan *tunneling* dahulu ke penyedia jaringan IPv6, baru kemudian menjalankan teknik *Dual IP Layer*.

Beberapa teknik yang biasa digunakan untuk *tunneling* adalah *6over4* dan *6to4*.



Gambar 3. Dual IP Layer



Gambar 4. Enkapsulasi IPv6 – IPv4

Implementasi Pada FreeBSD

Implementasi IPv6 stack pada FreeBSD berasal dari KAME Project (<http://www.kame.net>). KAME Project adalah sebuah organisasi bagian dari konsorsium riset internet di negara Jepang bernama WIDE Project (<http://www.wide.ad.jp>). KAME Project pada dasarnya me-release IPv6 stack secara bebas (lisensi BSD) untuk sistem operasi BSDi, MacOS X, FreeBSD, NetBSD, dan OpenBSD.

Ada dua macam implementasi KAME pada FreeBSD yaitu:

1. *Kame code kit*
2. *Kame integrated kit*

Kame *code kit* ditujukan untuk pemakaian ekperimental, *Kame code kit* direlease tiap minggu dan kemungkinan tidak stabil.

Kame *integrated kit* sudah diaudit dan terbukti stabil sehingga layak menjadi bagian resmi dari FreeBSD *source tree*. Versi terakhir dari Kame *integrated kit* adalah 20010528. Berdasarkan <http://www.freebsd.org/releases/5.2R/todo.html> diharapkan *source code* KAME yang baru dan stabil bisa kembali diintegrasikan ke sistem operasi FreeBSD, mulai FreeBSD-5.2.

Sistem Operasi FreeBSD mendukung dual stack (IPv4 dan IPv6 sekaligus) sehingga ini sangat menguntungkan pada masa-masa transisi. Secara default IPv6 stack telah terinstall pada sistem operasi FreeBSD, baik FreeBSD-4.x maupun FreeBSD-5.x, selain itu aplikasi dasar pada FreeBSD juga sudah mendukung IPv6 seperti: ftp/ftpd, ssh/sshd, telnet/telnetd, sendmail. Sedangkan aplikasi tambahan lainnya juga sudah mendukung IPv6 yang dapat diinstall melalui mekanisme ports, seperti httpd-2.0, thttpd, exim, courirer-imap, dan lain lain. Lebih lengkapnya pembaca dapat melihat halaman web: <http://www.freebsd.org/ports/ipv6.html>

Kernel FreeBSD

Meskipun secara *default* instalasi awal FreeBSD-4.x atau FreeBSD-5.x sudah mendukung IPv6, namun ada baiknya pembaca mengetahui *options* yang digunakan pada konfigurasi kernel FreeBSD. Options yang perlu diperhatikan pada kernel FreeBSD adalah:

```
OPTIONS         _INET6 #IPv6 communications protocols
OPTIONS         _IPSEC  #IP Security
pseudo-device    gif    #IPv6 and IPv4 tunneling
pseudo-device    stf    #6to4 tunneling
```

Bagian yang lain mungkin dibutuhkan adalah firewall menggunakan *ipfw* (8) namun bila tidak dibutuhkan sebaiknya options berikut ini tidak dimasukkan dalam konfigurasi kernel :

```
OPTIONS         _IPV6FIREWALL
OPTIONS         _IPV6FIREWALL_VERBOSE
OPTIONS         _IPV6FIREWALL_DEFAULT_TO_ACCEPT
```

Setelah konfigurasi kernel, perlu untuk mengedit file `/etc/rc.conf` sebagai berikut:
`ipv6_enable = "YES"`

Dengan setting minimal seperti diatas FreeBSD telah mendukung IPv6.

Tunneling Pada FreeBSD

Bila menggunakan *6over4 tunneling* pada FreeBSD maka FreeBSD telah menyediakan pseudo-device *gif* untuk keperluan ini. *6over4* disebut juga sebagai *configured tunneling*. Disebut *configured tunneling* karena harus mendefinisikan alamat IPv4 dari sisi client dan sisi ISP, selain itu juga harus mendefinisikan alamat IPv6 dari sisi client dan sisi ISP. Untuk keperluan *6over4* ini penyedia *tunnel* atau disebut juga *tunnel broker* antara lain:

- <http://www.freenet6.net>
- <http://ipv6tb.he.net>

Bila menggunakan *6to4 tunneling* pada FreeBSD maka FreeBSD telah menyediakan pseudo-device `stf` untuk keperluan *6to4*. *6to4* disebut juga *automatic tunneling* karena sisi client cukup mengkonfigurasi alamat IPv6 nya sendiri lalu mencari router *6to4* publik yang terdapat di internet sebagai *gateway*. Menurut RFC 3056 alamat IPv6 untuk keperluan *6to4* ini adalah `2002::/16` dan untuk keperluan *6to4* ini alamat IPv4 client disisipkan dalam prefix `2002::/16` tersebut, sehingga notasinya adalah `2002:V4Adress::/48`. Sebagai contoh bila alamat IPv4 adalah `167.205.25.15` maka alamat IPv6 untuk keperluan *6to4* adalah: `2002:A7CD:190F::1, ::1` pada bit terakhir digunakan untuk mempermudah pengalamatan saja pada interface-id. `A7CD190F` sendiri didapat dari konversi `167.205.25.15` kedalam hexadesimal. Daftar *6to4* router publik dapat dilihat pada halaman web: <http://www.kfu.com/~nsayer/6to4/>

Berikut ini diberikan contoh setting *6to4 tunneling* pada sebuah server FreeBSD dengan alamat IPv4 adalah `202.51.232.45`, namun sebelumnya kita harus memastikan bahwa pseudo-interface `stf` telah ada.

Cek `stf` interface apakah sudah ada atau belum digunakan perintah `ifconfig -a`. Bila belum ada maka harus mengkompilasi kernel FreeBSD dengan memasukkan options `stf` seperti yang sudah diuraikan sebelumnya. Kalau sudah terdapat pseudo-interface `stf` maka langkah selanjutnya adalah melakukan editing pada file `/etc/rc.conf`:

```
ipv6_enable="YES"
ipv6_defaultrouter="2002:caff:2d05::1"      #6to4 public router KDDI Japan
stf_interface_ipv4addr="202.51.232.45"
```

Bila itu semua telah selesai, server harus direstart, setelah selesai restart maka kita dapat memeriksa `stf` interface dengan perintah `ifconfig stf0`, hasilnya kurang lebih seperti berikut ini:

```
stf0: flags=1<UP> mtu 1280
        inet6 2002:ca33:e82d::1 prefixlen 16
```

lalu periksa apakah default gateway untuk IPv6 sudah menuju ke `2002:caff:2d05::1` dengan menggunakan perintah `netstat -rn` hasilnya kurang lebih seperti :

```
Internet6:
Destination          Gateway              Flags      Netif Expire
::/96                ::1                  UGRSc     lo0 =>
default              2002:caff:2d05::1  UGSc      stf0
```

Kalau dilihat dari hasil tersebut seharusnya konektivitas IPv6 sudah terbangun. Selanjutnya melakukan pemeriksaan konektivitas dengan perintah `ping6 (8)` :

```
> ping6 www.kame.net
PING6(56=40+8+8 bytes) 2002:ca33:e82d::1 --> 2001:200:0:4819:203:47ff:fea5:3085
16 bytes from 2001:200:0:4819:203:47ff:fea5:3085, icmp_seq=0 hlim=59 time=131.073 ms
16 bytes from 2001:200:0:4819:203:47ff:fea5:3085, icmp_seq=1 hlim=59 time=119.93 ms
16 bytes from 2001:200:0:4819:203:47ff:fea5:3085, icmp_seq=2 hlim=59 time=148.924 ms
^C
--- orange.kame.net ping6 statistics ---
3 packets transmitted, 3 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max/std-dev = 119.930/133.309/148.924/11.942
```



```
> ping6 ftp.freebsd.org
PING6(56=40+8+8 bytes) 2002:ca33:e82d::1 --> 2001:4f8:0:2::e
16 bytes from 2001:4f8:0:2::e, icmp_seq=0 hlim=58 time=272.743 ms
16 bytes from 2001:4f8:0:2::e, icmp_seq=1 hlim=58 time=299.82 ms
16 bytes from 2001:4f8:0:2::e, icmp_seq=2 hlim=58 time=244.823 ms
16 bytes from 2001:4f8:0:2::e, icmp_seq=3 hlim=58 time=248.101 ms
16 bytes from 2001:4f8:0:2::e, icmp_seq=4 hlim=58 time=319.432 ms
^C
--- ftp.freebsd.org ping6 statistics ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max/std-dev = 244.823/276.984/319.432/29.017 ms
```

Bila masih belum puas dapat mencoba melakukan `traceroute6` (8) ke alamat tersebut:

```
> traceroute6 www.kame.net
traceroute6 to orange.kame.net (2001:200:0:8002:203:47ff:fea5:3085) from 2002:ca33:e82d::1,
30 hops max, 12 byte packets
 1 2002:caff:2d05::1 186.207 ms 148.43 ms 123.926 ms
 2 pc6.otemachi.wide.ad.jp 163.303 ms 126.805 ms 122 ms
 3 hitachi1.otemachi.wide.ad.jp 163.686 ms 200.328 ms 134.913 ms
 4 pc3.yagami.wide.ad.jp 144.626 ms 120.445 ms 155.349 ms
 5 gr2000.k2c.wide.ad.jp 137.969 ms 110.298 ms 144.516 ms
 6 orange.kame.net 129.194 ms 169.971 ms 218.573 ms

> traceroute6 ftp.freebsd.org
traceroute6 to ftp.freebsd.org (2001:4f8:0:2::e) from 2002:ca33:e82d::1, 30 hops max, 12 byte
packets
 1 2002:caff:2d05::1 121.755 ms 141.044 ms 157.842 ms
 2 pc6.otemachi.wide.ad.jp 130.676 ms 120.067 ms 113.252 ms
 3 2001:450:1:1::2 473.164 ms 427.325 ms 423.063 ms
 4 2001:450:1:1::22 445.498 ms 471.849 ms *
 5 3ffe:80a::1 274.258 ms 231.747 ms 232.73 ms
 6 r7.r8.paol.isc.org 253.161 ms 219.988 ms 213.722 ms
 7 r8-paol.r3.sfo2.isc.org 220.807 ms 241.389 ms 218.628 ms
 8 freebsd.isc.org 241.662 ms 212.175 ms 233.227 ms
```

Penutup

Pada artikel ini telah dideskripsikan secara singkat pengenalan kepada IPv6 dan implementasi sederhana pada sistem operasi FreeBSD. Pembaca tentunya dapat lebih proaktif lagi dalam mencari informasi IPv6 di internet baik melalui situs web maupun mailing list.

Untuk diskusi lebih intensif penulis mengajak pembaca untuk bergabung pada milis ipv6@itb.ac.id (<http://mx1.itb.ac.id/mailman/listinfo/ipv6/>) dan ipv6@apjii.or.id ([mailto: helpdesk@apjii.or.id](mailto:helpdesk@apjii.or.id)).

Pustaka

[1]. Ettikan Kandasamy K, et al., *Application Performance Analysis in Transition Mechanism from IPv4 to IPv6*. Research & Business Development Departement, Faculty of Information Technology, Multimedia University Malaysia, June, 2001.

[2]. Ettikan Kandasamy K, et al., *IPv6 Dual Stack Transistion Technique Performance Analysis: KAME On FreeBSD as The Case.*, Faculty of Information Technology, Multimedia University, Malaysia, October 2000.

[3]. Ion Raicu, *An Empirical Analysis of Internet Protocol Version 6 (IPv6)*, Master Thesis, Graduate School of Wayne University, Detroit, Michigan, 2002.

[4]. Jun Ichiro Hagino., *IPv6 Tutorial*, School of Internet (SOI) WIDE Project Japan, 2003.

[4]. RFC 3513

[5]. RFC 2450

[6]. RFC 2471

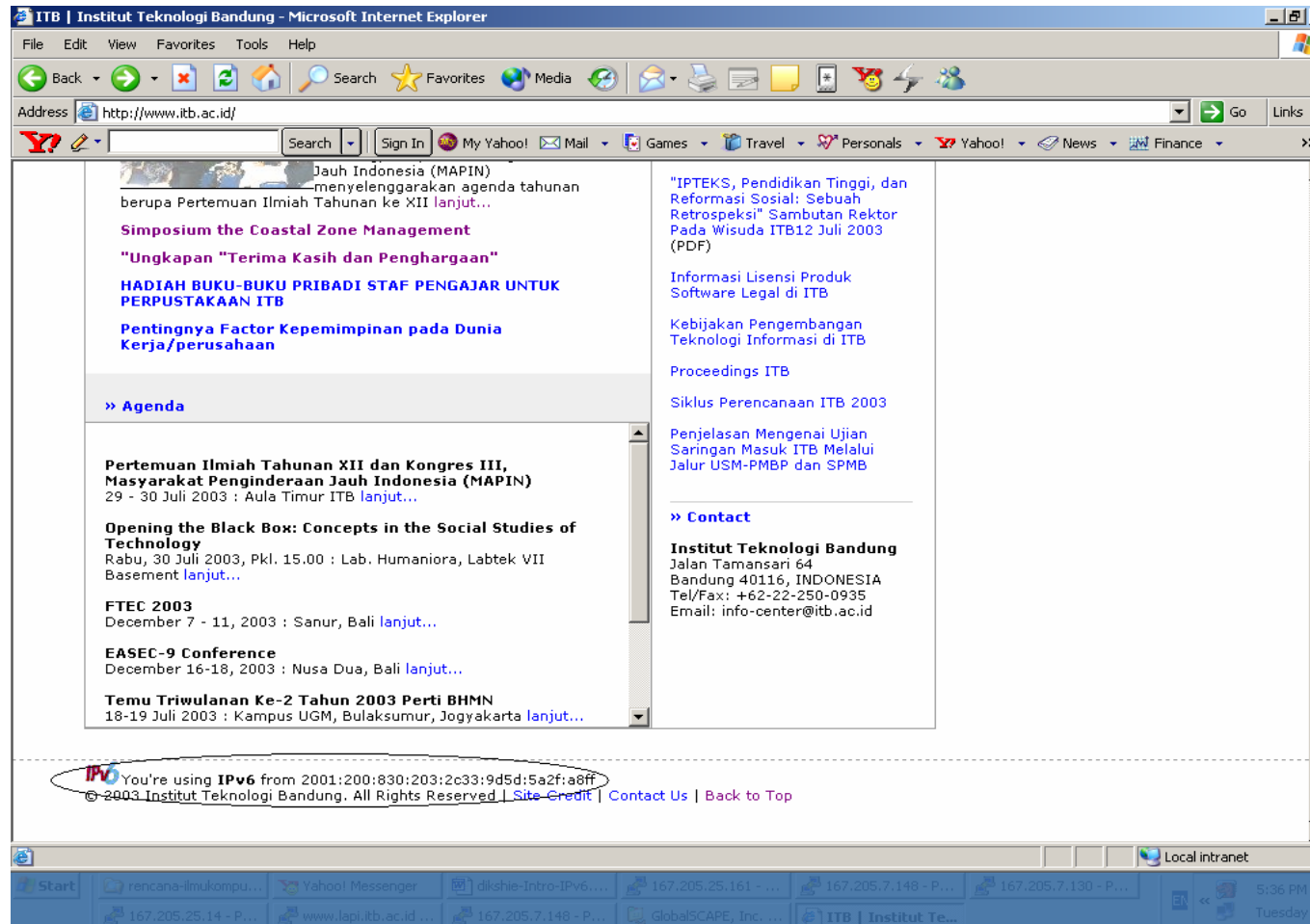
[7]. RFC 2928

[8]. RFC 2529

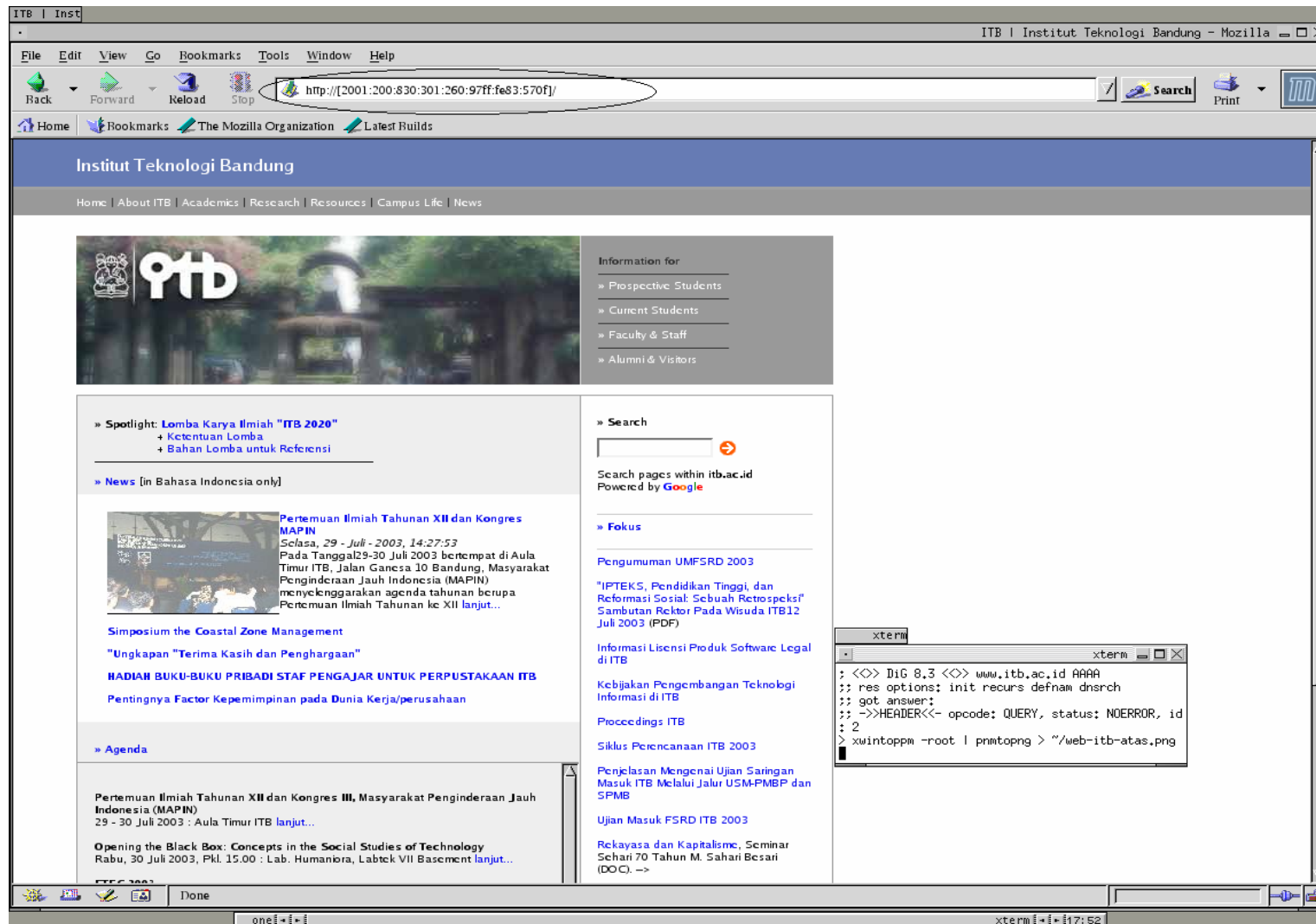
[9]. RFC 3056

Beberapa Demo/Screenshot

Screenshot berikut ini menggambarkan beberapa aplikasi dasar IPv6 yang telah terbangun di kampus ITB.



Gambar L1. Situs Web ITB Sudah Mendukung IPv6 (Bag Yng Dilingkari) (1)



Gambar L2. Situs Web ITB Sudah Mendukung IPv6 (Bag Yng Dilingkari) (2)

```
> uname -a
FreeBSD fileserver.lapi.itb.ac.id 5.1-CURRENT FreeBSD 5.1-CURRENT #0: Fri Jun 13 09:04:31 WIT 2003
dikshie@fileserver.lapi.itb.ac.id:/usr/obj/usr/src/sys/SAMBA i386

> ifconfig sis0
sis0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> mtu 1500
    inet 167.205.7.148 netmask 0xfffffe0 broadcast 167.205.7.159
    inet6 fe80::2e0:18ff:fe8c:180a%sis0 prefixlen 64 scopeid 0x1
    inet6 2001:200:830:11:2e0:18ff:fe8c:180a prefixlen 64 autoconf
    ether 00:e0:18:8c:18:0a
    media: Ethernet autoselect (100baseTX <full-duplex>)
    status: active

> ftp -6 ftp.freebsd.org ←-- perhatikan ini !
Connected to ftp.freebsd.org.
220 freebsd.isc.org FTP server ready.
Name (ftp.freebsd.org:dikshie): anonymous
331 Guest login ok, send your complete e-mail address as password.
Password:
230-The response 'kh@' is not valid
230-Next time please use your e-mail address as your password
230- for example: joe@2001:200:830:11:2e0:18ff:fe8c:180a.network
230-
230-You have reached freebsd.isc.org/ftp.freebsd.org.
230-
230-<insert some funky ASCII art here>
230-
230-This server is operated by Internet Software Consortium (ISC),
230-on behalf of the FreeBSD Project, and is serving the full
230-FreeBSD FTP archive via IPv4 and IPv6.
230-
230 Guest login ok, access restrictions apply.
Remote system type is UNIX.
Using binary mode to transfer files.
ftp>
```

Gambar L3. Aplikasi FTP6 Dari ITB ke Internet (1)

```
> uname -a
FreeBSD fileserver.lapi.itb.ac.id 5.1-CURRENT FreeBSD 5.1-CURRENT #0: Fri Jun 13 09:04:31 WIT 2003
dikshie@fileserver.lapi.itb.ac.id:/usr/obj/usr/src/sys/SAMBA i386

> ifconfig sis0
sis0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> mtu 1500
    inet 167.205.7.148 netmask 0xffffffe0 broadcast 167.205.7.159
    inet6 fe80::2e0:18ff:fe8c:180a%sis0 prefixlen 64 scopeid 0x1
    inet6 2001:200:830:11:2e0:18ff:fe8c:180a prefixlen 64 autoconf
    ether 00:e0:18:8c:18:0a
    media: Ethernet autoselect (100baseTX <full-duplex>)
    status: active

> ftp ipv6.ppk.itb.ac.id
Trying 2001:200:830:203:202:1cff:fef3:7754...    ←--- perhatikan ini !
Connected to ipv6.ppk.itb.ac.id.
220 ipv6.ppk.itb.ac.id FTP server (Version 6.00LS) ready.
Name (ipv6.ppk.itb.ac.id:dikshie): anonymous
331 Guest login ok, send your email address as password.
Password:
230-
230- #####
230- #
230- # Mau upload ?
230- # Ijin dulu ke dikshie@ppk.itb.ac.id #
230- # Kalo ngga ijin pokoknya langsung #
230- # dihapus !
230- #
230- # software populer ada di /pub
230- #
230- #####
230 Guest login ok, access restrictions apply.
Remote system type is UNIX.
Using binary mode to transfer files.
ftp>
```

Gambar L4. Aplikasi FTP6 ke Salah Satu Server Dalam Kampus ITB (2)

```
> uname -a
FreeBSD fileserver.lapi.itb.ac.id 5.1-CURRENT FreeBSD 5.1-CURRENT #0: Fri Jun 13 09:04:31 WIT 2003
dikshie@fileserver.lapi.itb.ac.id:/usr/obj/usr/src/sys/SAMBA i386

> ifconfig sis0
sis0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> mtu 1500
    inet 167.205.7.148 netmask 0xffffffe0 broadcast 167.205.7.159
    inet6 fe80::2e0:18ff:fe8c:180a%sis0 prefixlen 64 scopeid 0x1
    inet6 2001:200:830:11:2e0:18ff:fe8c:180a prefixlen 64 autoconf
    ether 00:e0:18:8c:18:0a
    media: Ethernet autoselect (100baseTX <full-duplex>)
    status: active

> telnet -6 ipv6.ppk.itb.ac.id
Trying 2001:200:830:203:202:1cff:fef3:7754... ←- Perhatikan ini !
Connected to ipv6.ppk.itb.ac.id.
Escape character is '^]'.
Trying SRA secure login:
User (dikshie): dikshie
Password:
[ SRA login failed ]
User (dikshie):
```

Gambar L5. Aplikasi Telnet ke Salah Satu Server Dalam Kampus ITB

```
2001:200:830:203:2c33:9d5d:5a2f:a8ff - - [29/Jul/2003:18:04:52 +0700] "GET / HTTP/1.1" 200 1517 "-" "Mozilla/4.0 (compatible; MSIE 6.0; Windows NT 5.1; Q312461; YComp 5.0.0.0; .NET CLR 1.0.3705)"  
2001:200:830:203:2c33:9d5d:5a2f:a8ff - - [29/Jul/2003:18:04:52 +0700] "GET /icons/freebsd.gif HTTP/1.1" 200 5279 "http://fileserver.lapi.itb.ac.id/" "Mozilla/4.0 (compatible; MSIE 6.0; Windows NT 5.1; Q312461; YComp 5.0.0.0; .NET CLR 1.0.3705)"  
2001:200:830:203:2c33:9d5d:5a2f:a8ff - - [29/Jul/2003:18:04:52 +0700] "GET /apache_pb2_ani.gif HTTP/1.1" 200 2160 "http://fileserver.lapi.itb.ac.id/" "Mozilla/4.0 (compatible; MSIE 6.0; Windows NT 5.1; Q312461; YComp 5.0.0.0; .NET CLR 1.0.3705)"
```

Gambar L6. httpd-log apache-2.0.47 Pada Salah Satu Server di ITB Menunjukkan Adanya Akses Dari Alamat IPv6


```
Date: Mon, 26 May 2003 12:08:34 +0800
From: jackchan@umac.mo
To: bind9-users@isc.org
Subject: Re: RBL+ zone - poor performance w 9.2.1
From bind9-users-bounce@isc.org Mon May 26 11:20:00 2003
Return-Path: <bind9-users-bounce@isc.org>
X-Original-To: dikshie@ppk.itb.ac.id
Delivered-To: dikshie@ppk.itb.ac.id
Received: from minardi.isc.org (minardi.isc.org [2001:4f8:3:e:200:f8ff:fe1e:4d96]) ← perhatikan ini !
        by ipv6.ppk.itb.ac.id (Postfix) with ESMTP id 236B61E
        for <dikshie@ppk.itb.ac.id>; Mon, 26 May 2003 11:19:54 +0700 (WIT)
Received: from rc3.isc.org (rc3.isc.org [204.152.187.25])
        by minardi.isc.org (Postfix) with ESMTP
        id 2F5AB3612; Mon, 26 May 2003 04:18:27 +0000 (UTC)
        (envelope-from bind9-users-bounce@isc.org)
```

Gambar L7. Salah Satu Email Server di ITB Sudah Mendukung IPv6 Dilihat Dari Potongan Email Header

```
> more /var/log/maillog | egrep D4FAD8D
Jul 29 18:12:23 ipv6 postfix/pickup[3203]: D4FAD8D: uid=1000 from=<dikshie@ppk.itb.ac.id>
Jul 29 18:12:23 ipv6 postfix/cleanup[3333]: D4FAD8D: message-id=<20030729111223.GA3353@ppk.itb.ac.id>
Jul 29 18:12:24 ipv6 postfix/qmgr[327]: D4FAD8D: from=<dikshie@ppk.itb.ac.id>, size=1054, nrcpt=1 (queue active)
Jul 29 18:13:20 ipv6 postfix/smtp[3367]: D4FAD8D: to=<dikshie@rootshell.be>,
relay=mail.rootshell.be[3ffe:8100:200:1fff::25], delay=57, status=bounced (host
mail.rootshell.be[3ffe:8100:200:1fff::25] said: 550 5.1.1 <dikshie@rootshell.be>... User unknown (in reply to RCPT
TO command))
```

Gambar L8. Salah Satu SMTP Server di ITB Sudah Mendukung IPv6 Dilihat Dari Potongan Maillog

```
> ssh -6v dikshie@filesERVER.lapi.itb.ac.id
OpenSSH_3.5p1 FreeBSD-20030201, SSH protocols 1.5/2.0, OpenSSL 0x0090701f
debug1: Reading configuration data /etc/ssh/ssh_config
debug1: Rhosts Authentication disabled, originating port will not be trusted.
debug1: ssh_connect: needpriv 0
debug1: Connecting to filesERVER.lapi.itb.ac.id [2001:200:830:11:2e0:18ff:fe8c:180a] port 22. ←- Perhatikan ini !
debug1: Connection established.
debug1: identity file /home/dikshie/.ssh/identity type -1
debug1: identity file /home/dikshie/.ssh/id_rsa type -1
debug1: identity file /home/dikshie/.ssh/id_dsa type -1
debug1: Remote protocol version 1.99, remote software version OpenSSH_3.6.1p1 FreeBSD-20030423
debug1: match: OpenSSH_3.6.1p1 FreeBSD-20030423 pat OpenSSH*
debug1: Enabling compatibility mode for protocol 2.0
debug1: Local version string SSH-2.0-OpenSSH_3.5p1 FreeBSD-20030201
debug1: SSH2_MSG_KEXINIT sent
debug1: SSH2_MSG_KEXINIT received
debug1: kex: server->client aes128-cbc hmac-md5 none
debug1: kex: client->server aes128-cbc hmac-md5 none
debug1: SSH2_MSG_KEX_DH_GEX_REQUEST sent
debug1: expecting SSH2_MSG_KEX_DH_GEX_GROUP
debug1: dh_gen_key: priv key bits set: 122/256
debug1: bits set: 1594/3191
debug1: SSH2_MSG_KEX_DH_GEX_INIT sent
debug1: expecting SSH2_MSG_KEX_DH_GEX_REPLY
debug1: Host 'filesERVER.lapi.itb.ac.id' is known and matches the DSA host key.
debug1: Found key in /home/dikshie/.ssh/known_hosts:1
debug1: bits set: 1593/3191
debug1: ssh_dss_verify: signature correct
debug1: kex_derive_keys
debug1: newkeys: mode 1
debug1: SSH2_MSG_NEWKEYS sent
debug1: waiting for SSH2_MSG_NEWKEYS
debug1: newkeys: mode 0
debug1: SSH2_MSG_NEWKEYS received
debug1: done: ssh_kex2.
debug1: send SSH2_MSG_SERVICE_REQUEST
debug1: service_accept: ssh-userauth
debug1: got SSH2_MSG_SERVICE_ACCEPT
debug1: authentications that can continue: publickey,password,keyboard-interactive
debug1: next auth method to try is publickey
debug1: try privatekey: /home/dikshie/.ssh/identity
```

Gambar L9. Aplikasi SSH

```
> traceroute6 www.isc.org
traceroute6 to www.isc.org (2001:4f8:0:2::d) from 2001:200:830:11:2e0:18ff:fe8c:180a, 30 hops max, 12 byte packets
 1 2001:200:830:11:2a0:c9ff:fe85:3652 1.402 ms 1.136 ms 0.875 ms
 2 2001:200:800:3000:2e0:18ff:fea8:f27f 1.15 ms 1.206 ms 1.023 ms
 3 nara-id-sat.ai3.net 531.703 ms 517.04 ms 542.183 ms
 4 nara-orochi.ai3.net 512.604 ms 512.464 ms 536.173 ms
 5 stargate.ai3.net 512.341 ms 512.116 ms 520.368 ms
 6 june.nara.wide.ad.jp 558.797 ms 560.144 ms 516.529 ms
 7 pc5.nara.wide.ad.jp 516.525 ms 521.045 ms 516.099 ms
 8 2001:200:0:6001:2a0:ccff:fe73:386c 531.731 ms 520.534 ms 520.921 ms
 9 pc6.otemachi.wide.ad.jp 532.757 ms 531.722 ms 529.021 ms
10 2001:450:1:1::2 775.532 ms 773.795 ms 761.161 ms
11 2001:450:1:1::15 773.727 ms 777.5 ms 765.804 ms
12 3ffe:80a::1 648.05 ms 656.041 ms 654.689 ms
13 www.isc.org 657.786 ms 682.778 ms 662.829 ms
```

Gambar L10. Aplikasi traceroute6 Dari ITB ke ISC

BIOGRAFI PENULIS



R Mohamad Dikshie Fauzie. Menamatkan pendidikan S1 dibidang Fisika Oseanografi pada Departemen Geofisika dan Meteorologi ITB tahun 2000. Pada tahun 2001 menjadi mahasiswa magister Teknologi Informasi ITB. Bidang peminataan pada: TCP/IP, IP Multicast, IPv6, dan UDLR. Saat ini penulis sedang menyelesaikan tesis magister dengan topik IPv6. Menggunakan sistem operasi FreeBSD pertama kali pada tengah 1998, FreeBSD-2.2.6

Informasi lebih lanjut tentang penulis ini bisa didapat melalui:

URL: <http://ipv6.ppk.itb.ac.id/~dikshie/>

Email: dikshie@ppk.itb.ac.id