

# Simulasi Pemanfaatan *Dynamic Routing Protocol* OSPF Pada *Router* Di Jaringan Komputer Unpar

Nama : Chandra Wijaya, S.T., M.T.

NIK : 21200



Program Studi Teknik Informatika  
Fakultas Teknologi Informasi dan Sains  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

2011

## ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan jumlah user yang terhubung di jaringan unpar, dibutuhkan ketersediaan fungsionalitas perangkat jaringan yang telah ada di jaringan Unpar. Konfigurasi *routing* pada *router* yang digunakan di jaringan unpar pada saat ini masih berupa *routing* statik. Konfigurasi ini lebih menguntungkan untuk jaringan yang berskala kecil, karena sumber daya yang dibutuhkan lebih kecil dan konfigurasinya pun tidak terlalu sulit. Namun karena semakin besarnya jumlah pengguna komputer yang terhubung di jaringan Unpar belakangan ini, penggunaan dinamik *routing* akan lebih memudahkan administrator dalam pengelolaan jaringan. Terutama bila ada koneksi antar gedung yang mengalami gangguan, protokol *routing* dinamik dapat mengubah konfigurasi tabel *routing* mengikuti perubahan yang terjadi di jaringan secara otomatis. Sehingga komunikasi data antar komputer di dalam jaringan, dapat segera berfungsi kembali dengan menggunakan jalur cadangan.

*Open Shortest Path First* (OSPF) adalah salah satu protokol *routing* dinamik yang dapat digunakan pada *router* untuk mengatur isi dari tabel *routing*. Pada penelitian ini, dilakukan simulasi menggunakan protokol *routing* dinamik OSPF untuk topologi jaringan komputer di Unpar. Untuk mengatasi masalah ketersediaan alamat IP di jaringan, digunakan juga alamat IPv6 yang memiliki kapasitas jauh lebih banyak dibandingkan yang disediakan oleh IPv4. Sehingga untuk beberapa waktu ke depan, tidak akan ada masalah user yang tidak memiliki alamat IP sehingga tidak bisa tergabung dengan jaringan yang sudah tersedia.

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapat hasil bahwa simulasi berjalan dengan baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan protokol *routing* dinamik OSPF dapat memperkecil waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki tabel *routing* agar komunikasi data di jaringan tetap dapat berlangsung jika ada jalur antar gedung yang terputus. Selain itu, OSPF juga dapat menggunakan pengalamatan IPv6 sehingga masalah kebutuhan alamat di masa yang akan datang dapat dipenuhi.

## Daftar Isi

Abstrak	i
Daftar Isi	ii
Bab 1 Pendahuluan	1
Bab 2 Teori Dasar	6
Bab 3 Perancangan dan Pengujian	13
Bab 4 Kesimpulan dan Saran	23
Daftar Referensi	24

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dewasa ini, komputer sudah menjadi alat bantu yang tidak bisa dilepaskan dari kehidupan kita sehari-hari. Mulai dari sekedar mengerjakan tugas, sampai dengan kebutuhan bersosialisasi melalui situs jejaring sosial. Komputer yang dulu tidak terhubung dengan komputer lainnya atau hanya berdiri sendiri, sekarang menjadi sebuah keharusan untuk terhubung dengan komputer lainnya. Baik itu melalui jaringan lokal (LAN), atau melalui modem dan koneksi *internet* yang semakin hari harganya semakin terjangkau oleh semua orang.

Dengan jumlah alamat ip yang semakin banyak, maka dibutuhkan konfigurasi *routing* agar komputer-komputer tersebut bisa saling berkomunikasi satu sama lain. Konfigurasi yang kurang optimal dapat menyebabkan masalah yang dapat mengganggu pengiriman data. Masalah terburuk yang dapat terjadi adalah hilangnya informasi penting yang dikirimkan. Gangguan tersebut bisa terjadi karena konfigurasi *routing* pada *router* yang kurang optimal, trafik data yang padat, atau putusya koneksi antar *router*.

Alamat ip yang banyak dipergunakan sekarang ini adalah IPv4. IPv4 ini memiliki keterbatasan alamat yang dapat dipergunakan. Total alamat yang dipergunakan hanya  $2^{32}$  alamat. Dengan semakin banyak jumlah komputer yang terhubung, lama kelamaan persediaan alamat tersebut akan habis. Untuk mengatasi masalah tersebut, dikembangkanlah IPv6 yang mempunyai jumlah alamat lebih banyak, yaitu  $2^{128}$  alamat. Jumlah alamat yang banyak tersebut diprediksi akan mencukupi kebutuhan pengalamatan sampai beberapa waktu ke depan.

Konfigurasi *routing* pada *router* dapat menggunakan *routing* statik atau dinamik. Untuk jaringan komputer yang tidak terlalu besar, penggunaan *routing* statik akan lebih menguntungkan karena konfigurasinya tidak terlalu sulit dan tidak memakan banyak sumber daya. Namun jika digunakan pada jaringan komputer berukuran besar, *routing* statik akan menyulitkan administrator yang bertugas untuk mengatur dan menjaga konfigurasi tabel *routing* agar komunikasi dalam jaringan tersebut tetap dapat dilakukan.

Untuk itu, digunakanlah *routing* dinamik yang dapat beradaptasi dengan keadaan jaringan di setiap waktu.

Tipe *routing* dinamik yang akan dipergunakan dalam penelitian ini adalah *Open Shortest Path First* (OSPF). Penelitian akan membahas tentang fitur-fitur dan keunggulan yang dimiliki oleh OSPF. Kemudian simulasi penggunaan protokol *routing* dinamik OSPF pada jaringan Unpar, dan hasil simulasi dari implementasi protokol *routing* dinamik OSPF. Jaringan Unpar yang disimulasikan akan dibuat dengan pengalamatan IPv6.

## **1.2. Tujuan**

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Meningkatkan ketersediaan/availability koneksi antar komputer di jaringan internal Unpar dengan menggunakan protokol *routing* dinamik OSPF.
2. Mempersiapkan migrasi jaringan internal Unpar di kemudian hari dengan menggunakan IPv6 jika suatu saat kebutuhan IPv4 sudah tidak mencukupi lagi.

## **1.3. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Hanya mensimulasikan jaringan kabel dan router utama yang menghubungkan gedung-gedung di kampus Unpar di jalan Ciumbuleuit.
2. Seluruh jaringan diasumsikan menggunakan kartu jaringan dengan kecepatan transfer 100mbps.

## **1.4. Metodologi Penelitian**

Tahap – tahap yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :

1. Melakukan studi pustaka mengenai IPv6 protokol *routing* dinamik.
2. Merancang pengalamatan jaringan dengan menggunakan IPv6.
3. Mengimplementasikan OSPF pada jaringan yang telah dirancang.

4. Melakukan pengujian terhadap protokol routing dinamik OSPF.
5. Penarikan kesimpulan.

### **1.5. Sistematika Pembahasan**

Sistematika dalam penelitian ini adalah :

#### **BAB 1. PENDAHULUAN**

Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika pembahasan.

#### **BAB 2. DASAR TEORI**

Pada bab ini akan dibahas mengenai ipv6, protokol *routing*, protokol *routing* dinamik, dan OSPF.

#### **BAB 3. PERANCANGAN DAN PENGUJIAN**

Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan jaringan Unpar dengan menggunakan pengalamatan Ipv6. Kemudian dilakukan pengujian terhadap jaringan yang telah dibangun.

#### **BAB 4. KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini akan dibahas mengenai kesimpulan dan saran yang dapat digunakan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

# **BAB 2**

## **TEORI DASAR**

### **2.1. Internet Protocol Version 6 (IPv6)**

#### **2.1.1. Pendahuluan**

IPv6 atau yang dikenal juga dengan IPNG (IP Next Generation) adalah penerus dari IPv4 yang sekarang sudah mulai terasa sulitnya untuk mendapatkan alokasi alamat ip. IPv6 menggunakan 128 bit untuk pengalamatan, sehingga jumlah alamat maksimal yang dapat dipergunakan adalah  $3,4 \times 10^{38}$  ( $2^{128}$ ) alamat. Total alamat yang sangat besar ini bertujuan untuk menyediakan ruang alamat yang tidak akan habis (hingga beberapa masa ke depan), dan membentuk infrastruktur *routing* yang disusun secara hierarkis, sehingga mengurangi kompleksitas proses *routing* dan tabel *routing*.

#### **2.1.2. Jenis-jenis alamat IPv6**

IPv6 mendukung beberapa jenis format prefix, yakni sebagai berikut:

- Alamat Unicast, digunakan untuk komunikasi secara point-to-point, yaitu secara langsung antara dua host dalam sebuah jaringan.
- Alamat Multicast, digunakan untuk komunikasi one-to-many, yaitu antara satu host ke banyak host yang berada dalam group yang sama.
- Alamat Anycast, digunakan untuk komunikasi one-to-one-of-many, yaitu komunikasi antara satu host kepada anggota terdekat dari sebuah group.

Jika dilihat dari cakupan alamatnya, alamat unicast dan anycast terbagi menjadi alamat-alamat berikut:

- Link-Local, merupakan sebuah jenis alamat yang digunakan oleh sebuah komputer agar dapat berkomunikasi dengan komputer lainnya dalam satu subnet.

- Site-Local, merupakan sebuah jenis alamat yang digunakan oleh sebuah komputer agar dapat berkomunikasi dengan komputer lainnya dalam sebuah intranet.
- Global Address, merupakan sebuah jenis alamat yang digunakan oleh sebuah komputer agar dapat berkomunikasi dengan komputer lainnya dalam Internet berbasis IPv6.

### 2.1.3. Representasi Alamat

Ada tiga jenis bentuk konvensional untuk merepresentasikan alamat IPv6 sebagai string teks, yaitu :

1. Bentuk yang disukai adalah `x:x:x:x:x:x:x`, `x` adalah nilai heksadesimal dari 8 satuan yang mana setiap satuan terdiri atas 16 bit.

Contoh :

- `FEDC:BA98:7654:3210:ABCD:1234:5678:90EF`
- `1080:0:0:0:8:800:200C:417A`

2. Ada beberapa metode dalam pengalokasian gaya tertentu dari alamat IPv6, hal ini khususnya untuk alamat yang berisi string nol bit yang panjang. Dalam rangka untuk membuat mudah penulisan alamat yang berisi bit nol, spesial sintaks tersedia untuk memadatkan nilai nol. Penggunaan tanda “`::`” menandakan kumpulan dari tiap-tiap nilai nol sepanjang 16 bit yang berurutan. Tanda “`::`” hanya dapat tampil sekali dalam sebuah alamat. Tanda “`::`” juga dapat digunakan untuk memadatkan kumpulan nilai 16 bit yang terdapat pada awal alamat.

Contoh :

- `1080:0:0:0:8:800:200C:417A`
- `FF01:0:0:0:0:0:0:101`
- `0:0:0:0:0:0:0:1`
- `0:0:0:0:0:0:0:0`

Dapat direpresentasikan sebagai berikut :

- `1080::8:800:200C:417A`
- `FF01::101`



- ::1
  - ::
3. Bentuk alternatif yang kadang-kadang lebih tepat ketika dihadapkan dengan lingkungan gabungan dari IPv4 dan IPv6 adalah x:x:x:x:x:d.d.d.d, dimana x menandakan nilai heksadesimal dari enam satuan yang masing-masing terdiri atas 16 bit, dan d adalah nilai decimal dari empat satuan yang masing-masing terdiri dari 7 bit (standar representasi IPv4).

Contoh :

- 0:0:0:0:0:13.1.68.3
- 0:0:0:0:FFFF:129.144.52.38

Atau dalam bentuk dipadatkan :

- ::13.1.68.3
- ::FF:129.144.52.38

## 2.2. Router

*Router* adalah suatu alat jaringan komputer yang digunakan untuk mengirimkan paket data dari suatu jaringan menuju tujuannya melalui proses yang dikenal sebagai *routing*. Proses *routing* terjadi di layer 3 dari tujuh lapisan OSI layer. *Router* adalah komputer yang memiliki komponen dasar yang sama seperti komputer PC biasa, tetapi *router* di desain untuk melakukan fungsi tertentu. Misalkan untuk menghubungkan dan menyediakan proses komunikasi diantara dua jaringan dan menentukan jalur terbaik untuk perjalanan data melalui jaringan yang terhubung. *Router* menggunakan protokol *routing* untuk menentukan jalur terbaik untuk setiap paket data yang akan dikirimkannya.

## 2.3. Routing

*Routing* adalah proses pemilihan jalur di jaringan yang digunakan untuk mengirimkan paket data ke alamat tujuan. *Router* membuat keputusan *routing* berdasarkan IP address tujuan dari paket. Istilah *routing* digunakan untuk pemilihan jalur sebuah paket dari sebuah jaringan ke jaringan lain yang saling

terhubung melalui *router*. *Router* hanya memperhatikan network tujuan dan jalur terbaik untuk menuju ke network tujuan.

Pada suatu sistem jaringan komputer, *router* menyimpan informasi tentang *routing* didalam tabel *routing*. *Router* akan berpedoman pada tabel *routing* ini untuk menentukan jalur mana yang digunakan untuk mencapai network tujuan terhadap paket-paket yang dilewatkan kepadanya.

*Router* menggunakan tabel *routing* untuk menentukan tujuan pengiriman paket. Jika sebuah paket tiba di sebuah *router*, dan *router* tersebut tidak memiliki tabel *routing* yang sesuai dengan tujuannya, maka *router* akan membuang paket tersebut. Agar *router* dapat bekerja dengan baik, seluruh *router* dalam sebuah jaringan harus memiliki rute ke semua jaringan yang ada.

### **2.3.1. Protokol *Routing***

Protokol *routing* adalah komunikasi yang terjadi antara *router*. Protokol *routing* memungkinkan *router* untuk membagi informasi tentang jaringan dan hubungannya dengan *router* sekitarnya. *Router* menggunakan informasi ini untuk membangun tabel *routing*.

### **2.3.2. Klasifikasi Protokol *Routing***

Protokol *routing* diklasifikasikan menjadi 2 yaitu :

- **Distance Vector**

Algoritma yang digunakan untuk protokol *routing* ini yaitu algoritma Bellman dan algoritma Ford-Fulkerson. Dengan distance vector, setiap *router* mengirimkan informasi tabel *routing* yang dimilikinya ke *router* lain yang saling terhubung. Informasi ini kemudian diteruskan oleh *router* tersebut ke *router* yang lainnya yang terhubung dengannya. Jadi dengan metoda distance vector tabel *routing* dibuat berdasarkan informasi yang didapat dari tangan ke dua.

Distance vector mengupdate perubahan topologi setiap 30 detik. Hal ini memungkinkan perubahan di suatu *router* belum sempat diketahui oleh *router* lainnya, sehingga dapat menyebabkan terjadinya *routing* loop. *Routing* loop menyebabkan paket dikirim berulang ulang mengelilingi jaringan sampai akhirnya paket dibuang (drop) oleh *router*. Jika terjadi

*routing* loop maka jaringan akan dipenuhi oleh paket-paket yang tidak pernah sampai ke tujuan. Contoh dari protokol *routing* distance vector adalah IGRP, RIP, dll.

- **Link State**

Algoritma yang digunakan untuk protokol *routing* ini yaitu algoritma Dijkstra. Link State mengumpulkan informasi lengkap mengenai topologi dan jaringan. Protokol *routing* Link State meng-update tabel *routing* berdasarkan perubahan topologi yang terjadi (*event triggered update*) sehingga mempunyai waktu *convergence* (waktu yang di perlukan oleh semua *router* di dalam jaringan untuk mengikuti perubahan topologi jaringan) yang lebih cepat.

Kelemahan dari protokol ini adalah *router* membutuhkan sumber daya yang lebih tinggi, karena proses komputasi yang dilakukan lebih rumit. Contoh dari protokol *routing* link state adalah OSPF dan IS-IS (Intermediate System – Intermediate System).

### 2.3.3. Open Shortest Path First (OSPF) [PAR-98]

OSPF adalah sebuah protokol *routing* yang dikembangkan untuk jaringan IP oleh *Internet Engineering Task Force* (IETF). Sesuai dengan namanya protokol ini memiliki 2 (dua) karakteristik utama. Pertama protokol ini bersifat terbuka artinya spesifikasi dari protokol ini terbuka untuk umum dan yang kedua adalah *routing* dari OSPF ini berbasis algoritma SPF.

OSPF adalah protokol *routing* dinamik, yang dapat mendeteksi perubahan topologi yang terjadi di dalam sebuah AS, misalkan karena interface yang tidak berfungsi dan segera melakukan kalkulasi rute baru yang bebas dari perulangan.

OSPF termasuk dalam *link-state routing protocol*. LSA (*Link State Advertisement*) adalah kumpulan informasi yang berisi tentang status link di setiap *router*. LSA inilah yang setiap periode tertentu dikirimkan ke

*router* yang saling terhubung dalam sebuah domain OSPF tertentu. LSA ini berisi link id, state of the link, dan cost menuju network tetangga.

OSPF memiliki kemampuan pengelompokan terhadap network tertentu. Pengelompokan tersebut dikenal dengan area. Topologi di sebuah area akan membuat informasi mengenai area tersebut tidak bisa diketahui oleh area lainnya. Penyembunyian informasi ini akan menyebabkan penurunan yang signifikan terhadap trafik *routing* yang didistribusikan oleh setiap *router*.

#### **2.3.3.1. Karakteristik OSPF**

Karakteristik dari protokol *routing* OSPF adalah sebagai berikut :

- setiap *router* yang berada dalam satu domain, memiliki database yang identik satu sama lain.
- jaringan yang berukuran besar akan dipecah menjadi area-area yang lebih kecil.
- jalur yang dapat digunakan untuk mencapai tujuan umumnya lebih dari 1.
- tidak mengandung rute berulang.

#### **2.3.3.2. Keuntungan dan Kerugian OSPF**

Pada protokol OSPF, setiap *router* akan menghitung rute secara independen terhadap *router* lainnya. Keuntungan dari protokol *routing* link state adalah :

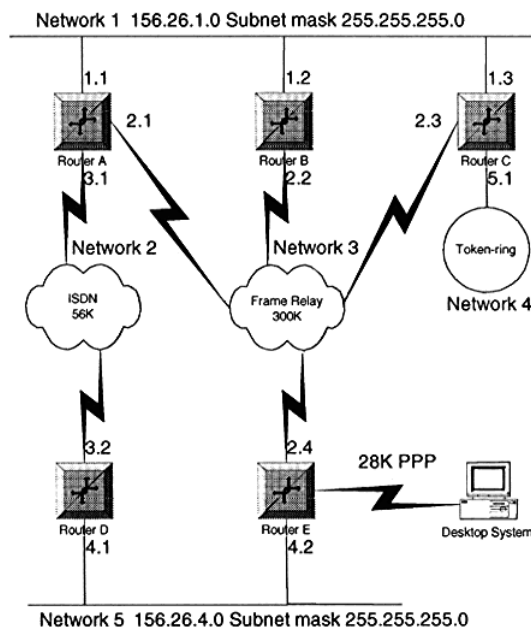
- bereaksi secara cepat terhadap perubahan yang terjadi di jaringan.
- paket yang dikirimkan berukuran sangat kecil.

Sedangkan kerugian yang dimiliki oleh protokol *routing* OSPF adalah :

- membutuhkan memori berukuran besar.
- lebih sulit untuk dikonfigurasi.

#### **2.3.3.3. Cara Kerja OSPF**

OSPF akan diilustrasikan pada gambar 2.1 berikut ini [Parkhurst-98]. *Router A* memiliki 3 *interface* atau link yang aktif. Setiap *interface* memiliki alamat ip dan subnet mask tersendiri. Alamat ip dan subnet mask menentukan *interface* mana yang terhubung ke suatu *network*. Cost dari setiap link ditentukan dari *bandwidth* yang dimiliki oleh link tersebut. Semakin besar *bandwidth* yang dimiliki, semakin kecil cost yang dimiliki oleh link tersebut.



Gambar 2.1 Contoh *Network* OSPF

Salah satu cara untuk menghitung cost adalah membagi 100.000.000 dengan *bandwidth* yang dimiliki oleh sebuah link. Mengacu pada gambar 2.1, bila jaringan ethernet dianggap memiliki *bandwidth* 10 mbps, maka cost untuk link tersebut adalah 10. Link ISDN akan memiliki cost 1786, dan link *frame relay* akan memiliki cost 333 (semua cost dibulatkan menjadi bilangan bulat terdekat).

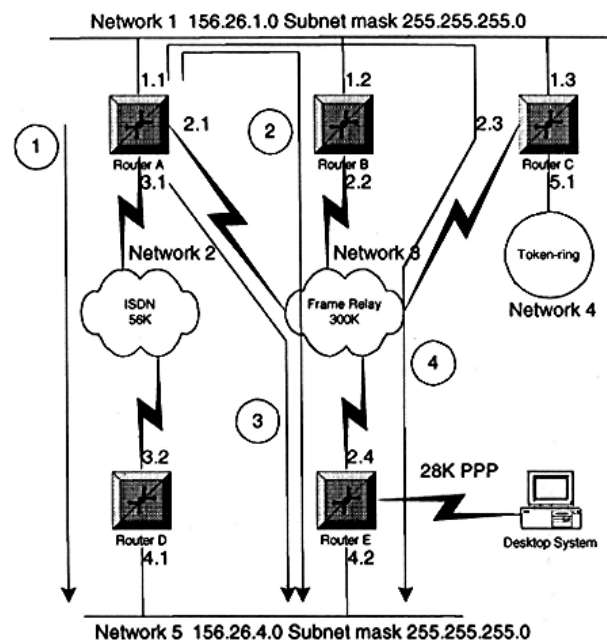
Local *link state* dari setiap *router* kemudian telah terbentuk . Dan *link state* untuk *router A* ditampilkan pada tabel 2.1. *Router A* akan mengirimkan local *link state* yang dimilikinya ke setiap *router* yang terhubung, dan setiap *router* akan mengirimkan informasi tersebut ke

jaringan sampai semua *router* memiliki *link state database* yang lengkap dan sama isinya.

Tabel 2.1 *Link state* untuk *Router A*

<i>Interface</i>	<i>Interface State</i>	<i>IP Address</i>	<i>Subnet Mask</i>	<i>Cost</i>
Ethernet	UP	156.26.1.1	255.255.255.0	10
<i>Frame relay</i>	UP	156.26.2.1	255.255.255.0	333
ISDN	UP	156.26.3.1	255.255.255.0	1786

Setelah setiap *router* memiliki *link state database* yang lengkap, setiap *router* dapat menghitung rute terpendek. Melanjutkan topology sebelumnya, ada banyak rute yang dapat dipilih oleh *router A* saat akan menuju *network 5* yang ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Rute yang dapat dipergunakan OSPF

Ada 4 rute yang dapat dipilih oleh *Router A*, yaitu :

1. ISDN (1786) + Ethernet (10) = 1798
2. Ethernet (10) + *Frame relay* (333) + Ethernet(10) = 353
3. *Frame relay* (333) + Ethernet (10) = 343
4. Ethernet (10) + *Frame relay* (333) + Ethernet (10) = 353

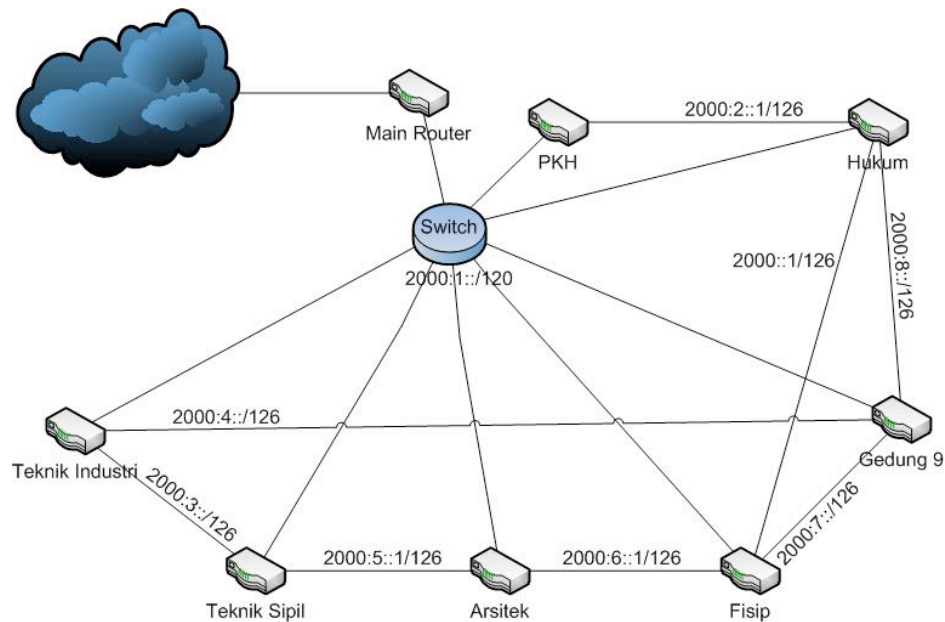
Rute terpendek ditunjukkan dengan rute ke 3, jadi rute inilah yang akan digunakan oleh *Router A* di *tabel routingnya* untuk menuju ke *network 5*.

# BAB 3

## PERANCANGAN DAN PENGUJIAN

### 3.1 Perancangan Alamat IPv6 Untuk Jaringan Internal Unpar

Perancangan alamat ipv6 untuk jaringan komputer internal Unpar ditunjukkan pada gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Topologi Jaringan Internal Unpar

Pada jaringan internal Unpar, terdapat beberapa *router* yang terhubung dengan *MainRouter*. Setiap *router* tersebut memiliki jalur cadangan ke *router* lain untuk menuju ke *MainRouter*. Sehingga apabila jalur utama bermasalah (yang terhubung dengan *MainRouter*), *MainRouter* tetap dapat dicapai.

Detail pengalamatan di setiap *router* akan ditunjukkan pada tabel-tabel berikut ini.



Tabel 3.1 alamat ip di *MainRouter*

<b>Interface</b>	<b>Alamat IPv6</b>
Ethernet1	2000:1::1/120
Loopback1	2000:9::1/120

Tabel 3.2 alamat ip di *router* PKH

<b>Interface</b>	<b>Alamat IPv6</b>
Ethernet1	2000:2::1/126
Ethernet2	2000:1::8/120
Loopback1	2000:a::1/120

Tabel 3.3 alamat ip di *router* Hukum

<b>Interface</b>	<b>Alamat IPv6</b>
Ethernet1	2000:1::d/120
Ethernet2	2000:8::1/126
Ethernet3	2000:2::2/126
Ethernet4	2000::1/126
Loopback1	2000:f::1/120

Tabel 3.4 alamat ip di *router* FISIP

<b>Interface</b>	<b>Alamat IPv6</b>
Ethernet1	2000:6::2/126
Ethernet2	2000:1::c/120
Ethernet3	2000:7::1/126
Ethernet4	2000::2/126
Loopback1	2000:e::1/120

Tabel 3.5 alamat ip di *router* Teknik Sipil

<b>Interface</b>	<b>Alamat IPv6</b>
Ethernet1	2000:3::2/126
Ethernet2	2000:1::a/120
Ethernet3	2000:5::1/126
Loopback1	2000:c::1/120

Tabel 3.6 alamat ip di *router* Arsitek

<b>Interface</b>	<b>Alamat IPv6</b>
Ethernet1	2000:5::2/126
Ethernet2	2000:1::b/120
Ethernet3	2000:6::1/126
Loopback1	2000:d::1/120

Tabel 3.7 alamat ip di *router* Teknik Industri

Interface	Alamat IPv6
Ethernet1	2000:1::9/120
Ethernet2	2000:3::1/126
Ethernet3	2000:4::1/126
Loopback1	2000:b::1/120

Tabel 3.8 alamat ip di *router* Gedung 9

Interface	Alamat IPv6
Ethernet2	2000:8::2/126
Ethernet3	2000:1::e/120
Ethernet4	2000:7::2/126
Ethernet5	2000:4::2/126
Loopback1	2000:11::1/120

### 3.2 Tabel *Routing*

Berikut ini adalah tabel *routing* di setiap *router* setelah menggunakan OSPF di setiap *router*nya. Dari gambar masing-masing tabel *routing*, dapat dipastikan bahwa keseluruhan jaringan dapat diakses oleh setiap *router*.

```
[admin@MainRouter] > ipv6 route print_
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic,
C - connect, S - static, r - rip, o - ospf, b - bgp, U - unreachable
#   DST-ADDRESS   GATEWAY   DISTANCE
0  ADo  2000::/126    fe80::20c:29ff:fe06:f... 110
1  ADC  2000:1::/120 ether1     0
2  ADo  2000:2::/126 fe80::20c:29ff:fe08:3... 110
3  ADo  2000:3::/126 fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
   fe80::20c:29ff:feb1:1...
4  ADo  2000:4::/126 fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
5  ADo  2000:5::/126 fe80::20c:29ff:feb1:1... 110
   fe80::20c:29ff:fece:8...
6  ADo  2000:6::/126 fe80::20c:29ff:fece:8... 110
   fe80::20c:29ff:fe63:c...
7  ADo  2000:7::/126 fe80::20c:29ff:fe63:c... 110
8  ADo  2000:8::/126 fe80::20c:29ff:fe06:f... 110
9  ADC  2000:9::/120 lobridge  0
10 ADo  2000:a::/120 fe80::20c:29ff:fe08:3... 110
11 ADo  2000:b::/120 fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
12 ADo  2000:c::/120 fe80::20c:29ff:feb1:1... 110
13 ADo  2000:d::/120 fe80::20c:29ff:fece:8... 110
14 ADo  2000:e::/120 fe80::20c:29ff:fece:8... 110
   fe80::20c:29ff:fe63:c...
15 ADo  2000:f::/120 fe80::20c:29ff:fe06:f... 110
16 ADo  2000:11::/120 fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
   fe80::20c:29ff:fe63:c...
```

Gambar 3.2 tabel *routing* di MainRouter

```

[admin@PKH] > ipv6 route print_
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic,
C - connect, S - static, r - rip, o - ospf, b - bgp, U - unreachable
#   DST-ADDRESS   GATEWAY   DISTANCE
0  ADo  2000::/126    fe80::20c:29ff:fe06:f... 110
1  ADC  2000:1::/120  ether2     0
2  ADC  2000:2::/126  ether1     0
3  ADo  2000:3::/126    fe80::20c:29ff:feb1:1... 110
   fe80::20c:29ff:fed6:e...
4  ADo  2000:4::/126    fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
5  ADo  2000:5::/126    fe80::20c:29ff:feb1:1... 110
   fe80::20c:29ff:fece:8...
6  ADo  2000:6::/126    fe80::20c:29ff:fece:8... 110
   fe80::20c:29ff:fe63:c...
7  ADo  2000:7::/126    fe80::20c:29ff:fe63:c... 110
8  ADo  2000:8::/126    fe80::20c:29ff:fe06:f... 110
9  ADo  2000:9::/120    fe80::20c:29ff:feb3:7... 110
10 ADC  2000:a::/120    lobridge   0
11 ADo  2000:b::/120    fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
12 ADo  2000:c::/120    fe80::20c:29ff:feb1:1... 110
13 ADo  2000:d::/120    fe80::20c:29ff:fece:8... 110
14 ADo  2000:e::/120    fe80::20c:29ff:fece:8... 110
   fe80::20c:29ff:fe63:c...
15 ADo  2000:f::/120    fe80::20c:29ff:fe06:f... 110
16 ADo  2000:11::/120   fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
   fe80::20c:29ff:fe63:c...

```

Gambar 3.3 tabel *routing* di *router* PKH

```

[admin@Hukum] > ipv route print_
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic,
C - connect, S - static, r - rip, o - ospf, b - bgp, U - unreachable
#   DST-ADDRESS   GATEWAY   DISTANCE
0  ADC  2000::/126    ether4     0
1  ADC  2000:1::/120  ether1     0
2  ADC  2000:2::/126  ether3     0
3  Do   2000:2::/126    fe80::20c:29ff:fe08:3... 110
4  ADo  2000:3::/126    fe80::20c:29ff:feb1:1... 110
   fe80::20c:29ff:fed6:e...
5  ADo  2000:4::/126    fe80::20c:29ff:fe2c:6... 110
   fe80::20c:29ff:fed6:e...
6  ADo  2000:5::/126    fe80::20c:29ff:feb1:1... 110
   fe80::20c:29ff:fece:8...
7  ADo  2000:6::/126    fe80::20c:29ff:fece:8... 110
   fe80::20c:29ff:fe63:c...
8  ADo  2000:7::/126    fe80::20c:29ff:fe2c:6... 110
   fe80::20c:29ff:fe63:c...
9  ADC  2000:8::/126    ether2     0
10 ADo  2000:9::/120    fe80::20c:29ff:feb3:7... 110
11 ADo  2000:a::/120    fe80::20c:29ff:fe08:3... 110
12 ADo  2000:b::/120    fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
13 ADo  2000:c::/120    fe80::20c:29ff:feb1:1... 110
14 ADo  2000:d::/120    fe80::20c:29ff:fece:8... 110
15 ADo  2000:e::/120    fe80::20c:29ff:fece:8... 110
   fe80::20c:29ff:fe63:c...
16 ADC  2000:f::/120    lobridge   0
17 ADo  2000:11::/120   fe80::20c:29ff:fe2c:6... 110

```

Gambar 3.4 tabel *routing* di *router* Hukum

```

[admin@Fisip] > ipv6 route print_
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic,
C - connect, S - static, r - rip, o - ospf, b - bgp, U - unreachable
#      DST-ADDRESS      GATEWAY      DISTANCE
0 ADC  2000::/126      ether4       0
1 Do   2000::/126      fe80::20c:29ff:fe06:f... 110
2 ADC  2000:1::/120    ether2       0
3 ADo  2000:2::/126    fe80::20c:29ff:fe08:3... 110
4 ADo  2000:3::/126    fe80::20c:29ff:feb1:1... 110
                    fe80::20c:29ff:fed6:e...
5 ADo  2000:4::/126    fe80::20c:29ff:fe2c:6... 110
                    fe80::20c:29ff:fed6:e...
6 ADo  2000:5::/126    fe80::20c:29ff:fece:8... 110
                    fe80::20c:29ff:feb1:1...
                    fe80::20c:29ff:fece:8...
7 ADC  2000:6::/126    ether1       0
8 ADC  2000:7::/126    ether3       0
9 ADo  2000:8::/126    fe80::20c:29ff:fe2c:6... 110
                    fe80::20c:29ff:fe06:f...
10 ADo 2000:9::/120    fe80::20c:29ff:feb3:7... 110
11 ADo 2000:a::/120    fe80::20c:29ff:fe08:3... 110
12 ADo 2000:b::/120    fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
13 ADo 2000:c::/120    fe80::20c:29ff:feb1:1... 110
14 ADo 2000:d::/120    fe80::20c:29ff:fece:8... 110
                    fe80::20c:29ff:fece:8...
15 ADC 2000:e::/120    lobridge     0
16 ADo 2000:f::/120    fe80::20c:29ff:fe06:f... 110
17 ADo 2000:11::/120   fe80::20c:29ff:fe2c:6... 110

```

Gambar 3.5 tabel routing di router FISIP

```

[admin@Sipil] > ipv6 route print_
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic,
C - connect, S - static, r - rip, o - ospf, b - bgp, U - unreachable
#      DST-ADDRESS      GATEWAY      DISTANCE
0 ADo  2000::/126      fe80::20c:29ff:fe06:f... 110
1 ADC  2000:1::/120    ether2       0
2 ADo  2000:2::/126    fe80::20c:29ff:fe08:3... 110
3 ADC  2000:3::/126    ether1       0
4 ADo  2000:4::/126    fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
                    fe80::20c:29ff:fed6:e...
5 ADC  2000:5::/126    ether3       0
6 ADo  2000:6::/126    fe80::20c:29ff:fe63:c... 110
                    fe80::20c:29ff:fece:8...
                    fe80::20c:29ff:fece:8...
7 ADo  2000:7::/126    fe80::20c:29ff:fe63:c... 110
8 ADo  2000:8::/126    fe80::20c:29ff:fe06:f... 110
9 ADo  2000:9::/120    fe80::20c:29ff:feb3:7... 110
10 ADo 2000:a::/120    fe80::20c:29ff:fe08:3... 110
11 ADo 2000:b::/120    fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
                    fe80::20c:29ff:fed6:e...
12 ADC 2000:c::/120    lobridge     0
13 ADo 2000:d::/120    fe80::20c:29ff:fece:8... 110
                    fe80::20c:29ff:fece:8...
14 ADo 2000:e::/120    fe80::20c:29ff:fe63:c... 110
                    fe80::20c:29ff:fece:8...
                    fe80::20c:29ff:fece:8...
15 ADo 2000:f::/120    fe80::20c:29ff:fe06:f... 110
16 ADo 2000:11::/120   fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
                    fe80::20c:29ff:fe63:c...
                    fe80::20c:29ff:fed6:e...

```

Gambar 3.6 tabel routing di router Teknik Sipil

```

[Admin@Arsitek] > ipv6 route print_
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic,
C - connect, S - static, r - rip, o - ospf, b - bgp, U - unreachable
#   DST-ADDRESS      GATEWAY          DISTANCE
0   ADo  2000::/126       fe80::20c:29ff:fe06:f... 110
1   ADC  2000:1::/120     ether2           0
2   ADo  2000:2::/126     fe80::20c:29ff:fe08:3... 110
3   ADo  2000:3::/126     fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
                                fe80::20c:29ff:feb1:1...
                                fe80::20c:29ff:feb1:1...
4   ADo  2000:4::/126     fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
5   ADC  2000:5::/126     ether1           0
6   ADC  2000:6::/126     ether3           0
7   ADo  2000:7::/126     fe80::20c:29ff:fe63:c... 110
                                fe80::20c:29ff:fe63:c...
8   ADo  2000:8::/126     fe80::20c:29ff:fe06:f... 110
9   ADo  2000:9::/120     fe80::20c:29ff:feb3:7... 110
10  ADo  2000:a::/120     fe80::20c:29ff:fe08:3... 110
11  ADo  2000:b::/120     fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
12  ADo  2000:c::/120     fe80::20c:29ff:feb1:1... 110
                                fe80::20c:29ff:feb1:1...
13  ADC  2000:d::/120     lobridge         0
14  ADo  2000:f::/120     fe80::20c:29ff:fe06:f... 110
15  ADo  2000:11::/120   fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
                                fe80::20c:29ff:fe06:f...
                                fe80::20c:29ff:fe63:c...
                                fe80::20c:29ff:fe63:c...

```

Gambar 3.7 tabel *routing* di *router* Arsitek

```

[Admin@TI] > ipv6 route print_
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic,
C - connect, S - static, r - rip, o - ospf, b - bgp, U - unreachable
#   DST-ADDRESS      GATEWAY          DISTANCE
0   ADo  2000::/126       fe80::20c:29ff:fe06:f... 110
1   ADC  2000:1::/120     ether1           0
2   ADo  2000:2::/126     fe80::20c:29ff:fe08:3... 110
3   ADC  2000:3::/126     ether2           0
4   ADC  2000:4::/126     ether3           0
5   ADo  2000:5::/126     fe80::20c:29ff:fece:8... 110
                                fe80::20c:29ff:feb1:1...
                                fe80::20c:29ff:feb1:1...
6   ADo  2000:6::/126     fe80::20c:29ff:fece:8... 110
                                fe80::20c:29ff:fe63:c...
7   ADo  2000:7::/126     fe80::20c:29ff:fe2c:6... 110
                                fe80::20c:29ff:fe63:c...
8   ADo  2000:8::/126     fe80::20c:29ff:fe2c:6... 110
9   ADo  2000:9::/120     fe80::20c:29ff:feb3:7... 110
10  ADo  2000:a::/120     fe80::20c:29ff:fe08:3... 110
11  ADC  2000:b::/120     lobridge         0
12  ADo  2000:c::/120     fe80::20c:29ff:feb1:1... 110
                                fe80::20c:29ff:feb1:1...
13  ADo  2000:d::/120     fe80::20c:29ff:fece:8... 110
14  ADo  2000:e::/120     fe80::20c:29ff:fece:8... 110
                                fe80::20c:29ff:fe63:c...
15  ADo  2000:f::/120     fe80::20c:29ff:fe06:f... 110
16  ADo  2000:11::/120   fe80::20c:29ff:fe2c:6... 110

```

Gambar 3.8 tabel *routing* di *router* Teknik Industri

```

[admin@Gedung9] > ipv6 route print_
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic,
C - connect, S - static, r - rip, o - ospf, b - bgp, U - unreachable
#   DST-ADDRESS   GATEWAY   DISTANCE
0   ADo  2000::/126    fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
                                fe80::20c:29ff:fe63:c...
1   ADC  2000:1::/120  ether3     0
2   Do  2000:1::/120  fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
                                fe80::20c:29ff:fe63:c...
3   ADo  2000:2::/126  fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
                                fe80::20c:29ff:fe63:c...
4   ADo  2000:3::/126  fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
5   ADC  2000:4::/126  ether5     0
6   ADo  2000:5::/126  fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
                                fe80::20c:29ff:fe63:c...
7   ADo  2000:6::/126  fe80::20c:29ff:fe63:c... 110
8   ADC  2000:7::/126  ether4     0
9   ADC  2000:8::/126  ether2     0
10  ADo  2000:9::/120  fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
                                fe80::20c:29ff:fe63:c...
11  ADo  2000:a::/120  fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
                                fe80::20c:29ff:fe63:c...
12  ADo  2000:b::/120  fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
13  ADo  2000:c::/120  fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
                                fe80::20c:29ff:fe63:c...
14  ADo  2000:d::/120  fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
                                fe80::20c:29ff:fe63:c...
15  ADo  2000:e::/120  fe80::20c:29ff:fe63:c... 110
16  ADo  2000:f::/120  fe80::20c:29ff:fed6:e... 110
                                fe80::20c:29ff:fe63:c...
17  ADC  2000:11::/120 lobridge   0

```

Gambar 3.9 tabel *routing* di *router* Gedung 9

### 3.3 Waktu Convergence

Waktu yang dibutuhkan oleh *router* untuk memperoleh tabel *routing* yang lengkap dapat dilihat pada tabel 3.9 berikut ini.

Tabel 3.9 Waktu convergence setiap *router* (dalam detik)

<i>Router</i>	Skenario 1	Skenario 2
Main <i>Router</i>	10.920645	9.681543
PKH	9.468237	10.35912
Hukum	9.951735	9.166842
Fisip	9.504141	10.236489
Sipil	10.105692	9.579367
Arsitek	9.533714	11.648596
T Industri	9.551201	9.477412
Gedung 9	9.356631	10.684923

Pada skenario 1, penghitungan dilakukan pada kondisi jaringan seluruh *router* dinyalakan. Sedangkan pada skenario 2, penghitungan dilakukan saat terjadi perubahan topologi pada jaringan secara acak.

### 3.4 Besar paket yang dipertukarkan

Besarnya paket yang dipertukarkan pada saat pertukaran informasi *routing* oleh setiap *router* ditunjukkan pada tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.10 Besar paket yang dikirimkan setiap *router* (dalam byte)

<i>Router</i>	Skenario 1	Skenario 2
Main <i>Router</i>	19.906	22.818
PKH	7.868	13.947
Hukum	8.032	11.836
Fisip	8.681	12.052
Sipil	8.706	17.942
Arsitek	8.135	11.549
T Industri	8.028	13.85
Gedung 9	8.536	12.126

Pada skenario 1, penghitungan dilakukan pada kondisi jaringan dimana seluruh *router* dinyalakan. Sedangkan pada skenario 2, penghitungan dilakukan saat terjadi perubahan topologi pada jaringan secara acak.

### 3.5 Penelusuran jalur yang dilewati

Berikut ini adalah pengujian penelusuran jalur dari setiap *router* menuju ke main *router* pada saat jalur antara *router* dan mainrouter terputus.

#### 1. *Router* PKH

Pada *router* PKH, bila jalur utama terputus, maka *router* akan meneruskan paket menuju *router* Hukum di alamat 2000:2::2. Hal tersebut bisa dilihat pada gambar 3.10 berikut ini.

```
[admin@PKH] > tool trace 2000:9::1
ADDRESS                               STATUS
1   2000:2::2 timeout 1ms 10ms
2   2000:9::1 10ms 10ms 10ms
```

Gambar 3.10 penelusuran jalur dari *router* PKH ke MainRouter

#### 2. *Router* Hukum

Pada *router* Hukum, bila jalur utama terputus, maka *router* akan meneruskan paket menuju *router* PKH di alamat 2000:2::1, atau menuju *router* FISIP di alamat 2000::2. Hal tersebut bisa dilihat pada gambar 3.11 berikut ini.

```
[admin@Hukum] > tool trace 2000:9::1
ADDRESS STATUS
1 2000:2::1 10ms 1ms 1ms
2 2000:9::1 10ms 1ms 10ms
[admin@Hukum] > tool trace 2000:9::1
ADDRESS STATUS
1 2000::2 2ms timeout 2ms
2 2000:9::1 66ms 3ms 5ms
```

Gambar 3.11 penelusuran jalur dari *router* hukum ke MainRouter

### 3. Router FISIP

Pada *router* FISIP, bila jalur utama terputus, maka *router* akan meneruskan paket menuju *router* Arsitek di alamat 2000:6::1, atau menuju *router* Gedung 9 di alamat 2000:7::2. Hal tersebut bisa dilihat pada gambar 3.12 berikut ini.

```
[admin@Fisip] > tool trace 2000:9::1
ADDRESS STATUS
1 2000:6::1 10ms 10ms 1ms
2 2000:9::1 11ms 10ms 1ms
[admin@Fisip] > tool trace 2000:9::1
ADDRESS STATUS
1 2000:7::2 10ms 2ms timeout
2 2000:9::1 10ms 1ms 10ms
```

Gambar 3.12 penelusuran jalur dari *router* FISIP ke MainRouter

### 4. Router Sipil

Pada *router* Sipil, bila jalur utama terputus, maka *router* akan meneruskan paket menuju *router* Teknik Industri di alamat 2000:3::1, atau menuju *router* Arsitek di alamat 2000:5::2. Hal tersebut bisa dilihat pada gambar 3.13 berikut ini.

```
[admin@Sipil] > tool trace 2000:9::1
ADDRESS STATUS
1 2000:3::1 1ms 1ms 1ms
2 2000:9::1 1ms 1ms 1ms
[admin@Sipil] > tool trace 2000:9::1
ADDRESS STATUS
1 2000:5::2 1ms 1ms 1ms
2 2000:9::1 1ms 1ms 1ms
```

Gambar 3.13 penelusuran jalur dari *router* Sipil ke MainRouter



## 5. Router Arsitek

Pada *router* Arsitek, bila jalur utama terputus, maka *router* akan meneruskan paket menuju *router* FISIP di alamat 2000:6::2, atau menuju *router* Arsitek di alamat 2000:5::1. Hal tersebut bisa dilihat pada gambar 3.14 berikut ini.

```
[admin@Arsitek] > tool trace 2000:9::1
ADDRESS STATUS
1 2000:6::2 1ms 1ms 1ms
2 2000:9::1 1ms 1ms 1ms
[admin@Arsitek] > tool trace 2000:9::1
ADDRESS STATUS
1 2000:5::1 4ms 1ms 1ms
2 2000:9::1 60ms 3ms 2ms
```

Gambar 3.14 penelusuran jalur dari *router* Arsitek ke MainRouter

## 6. Router Teknik Industri

Pada *router* Hukum, bila jalur utama terputus, maka *router* akan meneruskan paket menuju *router* Sipil di alamat 2000:3::2, atau menuju *router* Gedung 9 di alamat 2000:4::2. Hal tersebut bisa dilihat pada gambar 3.15 berikut ini.

```
[admin@TI] > tool trace 2000:9::1
ADDRESS STATUS
1 2000:3::2 1ms timeout 1ms
2 2000:9::1 1ms 1ms 1ms
[admin@TI] > tool trace 2000:9::1
ADDRESS STATUS
1 2000:4::2 1ms timeout 1ms
2 2000:9::1 1ms 1ms 1ms
```

Gambar 3.15 penelusuran jalur dari *router* Teknik Industri ke MainRouter

## 7. Router Gedung 9

Pada *router* Hukum, bila jalur utama terputus, maka *router* akan meneruskan paket menuju *router* Teknik Industri di alamat 2000:4::1, atau menuju *router* FISIP di alamat 2000:7::1. Hal tersebut bisa dilihat pada gambar 3.16 berikut ini.

```
[admin@Gedung9] > tool trace 2000:9::1
ADDRESS STATUS
1 2000:4::1 1ms 1ms 1ms
2 2000:9::1 1ms 1ms 1ms
[admin@Gedung9] > tool trace 2000:9::1
ADDRESS STATUS
1 2000:7::1 1ms 1ms 1ms
2 2000:9::1 1ms 1ms 1ms
```

Gambar 3.16 penelusuran jalur dari *router* Gedung 9 ke MainRouter

## **BAB 4**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Dari penelitian yang telah dilakukan, penulis akan menyimpulkan beberapa hal berikut:

1. Protokol *routing* dinamik OSPF berhasil mengenali seluruh topologi jaringan yang disimulasikan menggunakan pengalamatan IPv6.
2. Penggunaan protokol *routing* dinamik OSPF telah berhasil diimplementasikan dan dapat membantu tugas administrator jaringan dalam memperbaiki dan menjaga tabel *routing* agar komunikasi antar jaringan tetap dapat berlangsung meskipun ada perubahan topologi jaringan.
3. Waktu *convergence* untuk setiap *router* berkisar antara 9 – 10 detik. Waktu yang cukup singkat untuk seluruh *router* mempelajari topologi jaringan yang ada.
4. Besar paket yang dikirimkan oleh *router* pada saat pertukaran informasi *routing* berkisar antara 8 – 22 byte. Sebuah ukuran yang kecil dan tidak akan membebani jaringan.

Saran penulis untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. dilakukan secara langsung pada jaringan nyata.
2. menggunakan autentikasi untuk pengimplementasian pada setiap *router* yang tergabung untuk menjaga keamanan.

## DAFTAR REFERENSI

- [DOY-09] Doyle, J., Carroll, J., 2005, "Routing TCP/IP, Volume I, Second Ed", Cisco Press.
- [FAU-05] Fauzie, R Mohamad Dikshie (2005) : "Pengantar IPv6 dan Implementasinya Pada FreeBSD", <http://IPv6.ppk.itb.ac.id/~dikshie/>
- [JAF-07] Jaffar, Talal Mohamed (2007) : Simulation-Based Routing Protocols Analysis (Thesis)" Ph.D., Dept. Elect. Eng., Georgia Institute of Technology
- [MED-07] Medhi, D., Ramasamy, K., "Network Routing: Algorithms, Protocols, and Architectures", Morgan Kaufmann, 2007.
- [PAR-98] ParkHurst William R (1998) : Cisco Router OSPF : Design and Implementation Guide Cisco Technical Expert, McGraw-Hill Professional
- [URL-01] Cisco Press, "*OSPF Design Guide*", [http://www.cisco.com/en/US/tech/tk365/technologies\\_white\\_paper09186a0080094e9e.shtml](http://www.cisco.com/en/US/tech/tk365/technologies_white_paper09186a0080094e9e.shtml), 2010.