

DISTRIBUSI JARINGAN MENGGUNAKAN ROUTING OSPF DENGAN METODE REDISTRIBUTION

Adia Pratama Nugraha Permana
Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Informatika
Universitas BSI Bandung
Email: kisahsiber@gmail.com

Ricky Firmansyah
AMIK BSI Bandung
Email: ricky.rym@bsi.ac.id

ABSTRAK

Pembangunan jaringan komputer dari satu area menjadi beberapa area akan menggunakan beberapa router sebagai gateway, maka manajemen jaringan resikonya akan semakin besar dan rumit. Sehingga dibutuhkan pengaturan routing dengan jarak yang terpendek dan cepat dalam mengirimkan paket-paket data sampai ke tujuan. Penelitian ini fokus pada bagaimana membuat sebuah topologi jaringan yang baru dimana routing OSPF diterapkan pada jalur utama dan menerapkan Redistribution pada setiap router yang terhubung kepada masing-masing client sebagai penghubung dan penerus distribusi routing dari jalur utama menuju jalur client. Bertepatan dengan bertambahnya router di sebuah area akan bertambah pula informasi yang harus dimiliki oleh router pada area yang sama dalam waktu yang sama, maka OSPF lah yang paling tepat untuk proses routing tersebut. Redistribution adalah metode routing yang digunakan untuk meredistribusikan atau meneruskan suatu routing ke routing yang lain agar dapat saling menukarkan atau men-advertise routing table masing-masing. Hasil penelitian ini, berdasarkan pada penjumlahan nilai metric dijkstra dengan metric redistribute pada penelitian ini, jalur terbaik (best path) dengan nilai metric yang lebih kecil akan dipilih sebagai jalur pendistribusian terbaik dari best path lain yang memiliki metric yang lebih besar. Selain itu, redistribution dapat menghubungkan routing dynamic OSPF dengan routing static yang terhubung pada masing-masing client.

Kata kunci: jaringan komputer, OSPF, redistribute, route.

ABSTRACT

Build a computer network from one area to multiple areas will use multiple routers as a gateway, makes network risk management will be even greater and more complicated. So it takes the routing settings with the shortest distance and fast in sending data packets to the destination. This research focuses on how to create a new network topology where OSPF routing is implemented on the main path and implement Redistribution on each router connected to each client as a link and router routing distribution from the main path to the client path. Coinciding with increasing the router in an area will also increase the information that must be owned by the router in the same area at the same time, the OSPF is the most appropriate for the routing process. Redistribution is a routing method used to redistribute or forward a routing to another routing in order to exchange or advertise each other's routing table. The result of this paper based on the metrics summation with metric redistribute in this study, the best path with value smaller metrics will be selected as the best distribution path from other best paths that have larger metrics. In addition, redistribution can connect dynamic OSPF routing with static routing connected to each client.

Keywords: computer network, OSPF, redistribute, route.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jaringan komputer memungkinkan kelompok kerja berkomunikasi lebih efisien, memberikan kemampuan kepada media komunikasi untuk mempercepat proses kerja yang lebih baik dari segi ruang dan waktu dimana semuanya membantu team lebih produktif (Munandar & Badrul, 2015). Ketika pembangunan jaringan komputer dari satu area menjadi beberapa area akan menggunakan beberapa router sebagai gateway, maka manajemen jaringan resikonya akan semakin besar dan rumit. Sehingga dibutuhkan

pengaturan *routing* dengan jarak yang terpendek dan cepat dalam mengirimkan paket-paket data sampai ke tujuan (Achmad, 2015). *Open Shortest Path First* (OSPF) adalah salah satu jenis *routing*, lebih baik, lebih kuat, lebih cepat dari pendahulunya. OSPF di rancang untuk melampaui kemampuan dari keterbatasan *distance vector routing*. Bertepatan dengan bertambahnya router di sebuah area akan bertambah pula informasi yang harus dimiliki oleh *router* pada area yang sama dalam waktu yang sama. maka OSPF lah yang paling tepat untuk proses *routing* tersebut (Dwiyanto, Putra, & Krisnaningsih, 2015). Akan tetapi, OSPF tidaklah sempurna. Oleh karena itu, kadangkala kita perlu menentukan dan memprediksi *traffic* secara manual. Sebagai contoh, beberapa aplikasi *firewall*, *voice*, dan aplikasi tertentu mengharuskan kita untuk menentukan rute *traffic* secara manual. *Redistribution* adalah metode *routing* yang digunakan untuk mendistribusikan atau meneruskan suatu *routing* ke *routing* yang lain agar dapat saling menukarkan atau meng-advertise *routing table* masing-masing (Masykur, 2016).

Perkembangan teknologi jaringan komputer dan internet dapat dirasakan oleh setiap lapisan masyarakat termasuk suatu lembaga atau instansi salah satunya adalah sekolah. Tidak hanya menjadi tempat belajar bagi para siswanya, sekolah merupakan tempat bekerja bagi karyawan yang ada seperti kepala sekolah, wakil kepala sekolah, staff administrasi, pustakawan, dan lain-lain. SMK Unggulan Terpadu PGII Bandung atau SMK UT PGII merupakan salah satu unit sekolah dibawah Yayasan Pendidikan PGII selain dari empat unit lainnya yaitu SMP PGII 1 Bandung, SMA PGII 1 Bandung, SMP PGII 2 Bandung dan SMA PGII 2 Bandung. Mengingat kebutuhan jaringan komputer begitu penting di SMK UT PGII terutama untuk pertukaran data yang cepat dan mudah tidak hanya dalam ruang lingkup SMK UT PGII saja tetapi dengan unit-unit sekolah di bawah Yayasan Pendidikan PGII lainnya, maka untuk mengatasi masalah di atas perlu dibangunnya suatu rancangan baru agar jaringan komputer di masing - masing unit dapat terhubung satu sama lain dan bekerja secara maksimal. Berdasarkan pada uraian di atas, penelitian ini fokus pada bagaimana membuat sebuah topologi jaringan yang baru dimana *routing* OSPF diterapkan pada jalur utama (*backbone*) dan menerapkan *Redistribution* pada setiap router yang terhubung kepada masing- masing client sebagai penghubung dan penerus distribusi *routing* dari jalur utama (*backbone*) menuju jalur client.

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Jaringan Komputer

Jaringan komputer adalah suatu sistem yang terdiri atas komputer dan perangkat jaringan lainnya yang bekerja sama untuk mencapai tujuan tertentu (Firmansyah, 2014). Tujuan dari jaringan komputer adalah untuk berkomunikasi dan berbagi sumber daya, baik penggunaan software maupun hardware. Jaringan komputer dapat terbentuk apabila terdapat lebih dari satu komputer yang dihubungkan menggunakan media transmisi. Media transmisi yang digunakan dapat berupa kabel, gelombang radio maupun cahaya tergantung daripada kebutuhan. Jaringan komputer dapat terhubung dengan hardware maupun software dari berbagai vendor karena telah memiliki standarisasi secara internasional. Internet merupakan jaringan komputer terbesar yang dapat menghubungkan komputer dari dan ke seluruh dunia. Walaupun internet merupakan jaringan komputer, internet dapat diakses melalui perangkat lain seperti laptop, tablet/smartphone, gadget, smart TV, IP camera maupun perangkat lainnya yang memiliki standarisasi jaringan komputer. Setiap perangkat yang terhubung dalam jaringan harus memiliki alamat unik yang dikenal dengan nama alamat IP (IP Address). Disebut unik karena alamat tersebut harus berbeda antara satu dan yang lainnya. Terdapat dua versi IP Address yang digunakan saat ini yaitu IPv4 dan IPv6 (Firmansyah, 2018).

1.2.2 Routing

Routing merupakan proses dimana sesuatu dibawa dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Contoh riil sesuatu yang membutuhkan perutean adalah surat, panggilan telepon, perjalanan kereta api, dan lain sebagainya. Pada suatu jaringan router adalah perangkat yang digunakan untuk merutekan trafik jaringan. Untuk dapat melakukan perutean, suatu router, atau entitas apapun yang membangun *routing*, melakukan beberapa langkah berikut ini:

- a. Mengetahui Alamat tujuan
- b. Mengenal sumber-sumber informasi perutean.
- c. Menemukan rute-rute.

Pada suatu sistem jaringan komputer, router mempelajari informasi *routing* dari sumber-sumber *routing*-nya yang terletak di dalam tabel *routing* (*routing table*). Router akan berpedoman pada tabel ini untuk menyatakan port mana yang digunakan memforward paket-paket yang ditujukan kepadanya (Edi, 2006).

1.2.3 Open Shortest Path First (OSPF)

Open Shortest Path First (OSPF) adalah salah satu jenis routing, lebih baik, lebih kuat, lebih cepat dari pendahulunya. OSPF di rancang untuk melampaui kemampuan dari keterbatasan *distance vector routing*. Bertepatan dengan bertambahnya router di sebuah area akan bertambah pula informasi yang harus dimiliki oleh router pada area yang sama dalam waktu yang sama. maka OSPF lah yang paling tepat untuk proses routing tersebut (Dwiyanto, Putra, & Krisnaningsih, 2015).

1.2.4 Route Redistribution (RR)

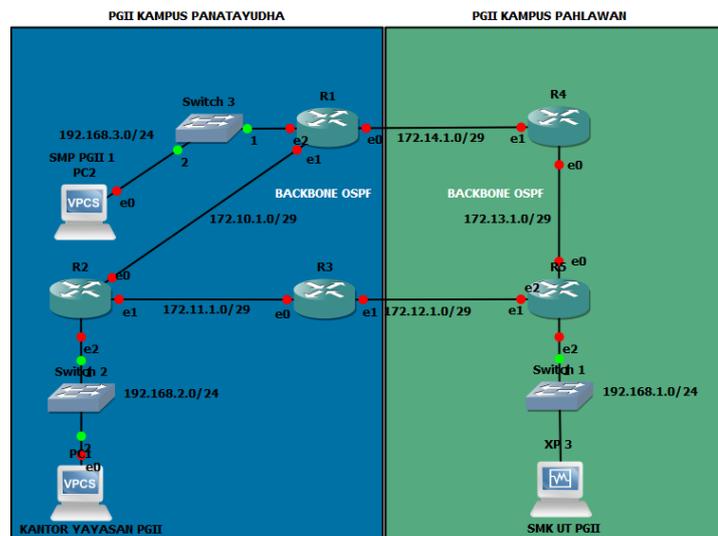
Route Redistribution (RR) adalah pilihan konfigurasi lokal ke router. RR menentukan penyebaran informasi routing dari satu proses protokol ke protokol lain di dalam router yang sama. Salah satu contoh dasar penerapan RR adalah OSPF, router perlu menjalankan proses RIP dan proses OSPF dan menyuntikkan rute OSPF ke instance RIP. Dengan demikian, vendor router memperkenalkan RR untuk mengatasi kebutuhan operasi jaringan. Baru-baru ini terdapat konfigurasi beberapa jaringan kampus/universitas besar menemukan bahwa RR memang banyak digunakan. Namun, bertentangan dengan protokol routing tradisional, yaitu tidak ada standar yang secara formal mendefinisikan fungsionalitas RR. RR telah menjadi bagian integral dari desain jaringan IP, namun kestabilannya tampak peka terhadap kegagalan jaringan dan kesalahan konfigurasi (Le, Xie, & Zhang, 2008).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode analisa penelitian yaitu analisa kebutuhan, desain, testing dan implementasi. Sedangkan untuk metode pengumpulan data yang secara umum dilakukan yaitu observasi, wawancara, dan studi pustaka. Kebutuhan yang diperlukan untuk menerapkan *routing* OSPF dan *Redistribution* pada topologi jaringan yang baru adalah beberapa *software* dan *hardware* yang menunjang agar topologi tersebut dapat berjalan dengan baik. Skema jaringan usulan di SMK UT PGII bersama dengan unit-unit sekolah lainnya dibawah Yayasan Pendidikan PGII Bandung menggunakan *routing* OSPF sebagai metode pencarian rute terpendek dan tercepat serta menerapkan *Redistribution* sebagai penghubung dan penerus distribusi *routing* dari jalur utama (*backbone*) menuju jalur *client*, maka dilakukan pengujian *test* menggunakan *Ping* dan *Traceroute* serta melakukan perhitungan akhir untuk memperoleh jalur terbaik (*best path*) untuk pendistribusian data dan informasi di skema jaringan usulan. Tahap ini menggunakan *software* GNS3, *Virtual Box* dan *Mikrotik RouterOS*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut merupakan gambar dari skema jaringan yang dibuat dengan menerapkan *routing* OSPF dan metode *Redistribution*.



Gambar 1. Skema Jaringan

3.1 Rancangan Jaringan

Konfigurasi pada tahapan rancangan aplikasi di masing-masing *router* di jalur utama (*backbone*) menggunakan fitur *Command Line Interface* (CLI) pada *mikrotik RouterOS* agar rancangan *routing* OSPF dengan Metode *Redistribution* berjalan dengan baik. Sebagai contoh konfigurasi secara menyeluruh diambil dari *router* R1. Pada *point* ini seperti pada Gambar 2 bertujuan untuk menambahkan dan menentukan IP *address* serta *interface* yang digunakan.

```
[admin@R1] > ip address add address=172.14.1.1/29 interface=ether1_
[admin@R1] > ip address add address=172.10.1.1/29 interface=ether2_
[admin@R1] > ip address add address=192.168.40.1/29 interface=ether3_
```

Gambar 2. Konfigurasi IP Router R1

Kelas IP yang digunakan merupakan IP kelas B yaitu 172.14.1.1 dengan *prefix* /29 untuk jumlah *host address* sebanyak 6 *address* dan untuk *interface* ditentukan pada *ether1*. Untuk penjelasan konfigurasi *routing* OSPF di ambil dari *router* R1 pada *point* pertama hal yang harus terlebih dahulu dilakukan adalah menentukan *router-id* pada *routing* OSPF dengan menggunakan IP *address* 172.14.1.1 sebagai *router-id*. *Point* kedua seperti yang tertera pada Gambar 3 melakukan konfigurasi *routing* OSPF pada network 172.14.1.0 dengan *prefix* /29 yang ada pada *router* R1, serta area OSPF yang digunakan yaitu jalur utama (*backbone*).

```
[admin@R1] > routing ospf instance set 0 router-id=172.14.1.1
[admin@R1] > routing ospf network add network=172.14.1.0/29 area=backbone_
[admin@R1] > routing ospf network add network=172.10.1.0/29 area=backbone_
[admin@R1] > routing ospf network add network=192.168.40.0/29 area=backbone_
```

Gambar 3. Konfigurasi OSPF Router R1

Rancangan jaringan usulan ini satu-satunya area OSPF yang digunakan hanyalah pada jalur utama (*backbone*) saja karena penelitian ini menggunakan sistem *single area* OSPF. Sedangkan untuk konfigurasi *Redistribute* sebagai sistem distribusi jaringan dari *backbone* menuju *client* dapat dilihat pada Gambar 4. Cara konfigurasi IP *Address* dan OSPF yang sama juga diterapkan pada setiap *router* di jalur utama (*backbone*) yaitu R2 sampai dengan R5.

```
[admin@R1] > routing ospf instance set 0 redistribute-static=as-type-1_
[admin@R1] > routing ospf instance set 0 redistribute-connected=as-type-1_
```

Gambar 4. Konfigurasi Redistribute Router R1

Contoh hasil konfigurasi *routing* OSPF yang telah dilakukan pada setiap *router* di jalur utama (*backbone*) berdasarkan hasil konfigurasi pada *router* R1 sebagai berikut :

```
admin@R1 > routing ospf instance pr
Flags: X - disabled, * - default
0 * name="default" router-id=172.14.1.1 distribute-default=never
  redistribute-connected=as-type-1 redistribute-static=as-type-1
  redistribute-rip=no redistribute-bgp=no redistribute-other-ospf=no
  metric-default=1 metric-connected=20 metric-static=20 metric-rip=20
  metric-bgp=auto metric-other-ospf=auto in-filter=ospf-in
  out-filter=ospf-out
admin@R1 >
```

Gambar 5. Routing OSPF Pada Router R1

Konfigurasi OSPF dan *Router-id* telah selesai. Konfigurasi *Router-id* bisa saja tidak dilakukan, tetapi jika tidak dilakukan, maka *router* yang telah terkonfigurasi oleh OSPF akan memilih IP Address yang memiliki nilai tertinggi pada *router interface* sebagai *Router-id*. Sebagai contoh terdapat pada *router R1*, dimana jika tidak memilih *Router-id* dengan IP Address 172.14.1.1 maka OSPF akan secara otomatis memilih IP Address dengan nilai tertinggi yang dimiliki *router R1* yaitu 192.168.40.1.

```
admin@R1 > routing ospf neighbor pr
0 instance=default router-id=172.11.1.1 address=172.10.1.2 interface=ether2
  priority=1 dr-address=172.10.1.1 backup-dr-address=172.10.1.2 state="Full"
  state-changes=4 ls-retransmits=0 ls-requests=0 db-summaries=0
  adjacency=46m9s

1 instance=default router-id=172.13.1.1 address=172.14.1.2 interface=ether1
  priority=1 dr-address=172.14.1.1 backup-dr-address=172.14.1.2 state="Full"
  state-changes=4 ls-retransmits=0 ls-requests=0 db-summaries=0
  adjacency=46m50s
```

Gambar 6. Neighbor OSPF Router R1

Router R1 telah berhasil melakukan proses pertukaran informasi *routing*. Pada gambar tersebut memperlihatkan terbentuknya proses *adjency router*. Yang dimaksud dengan *adjency router* merupakan proses pertukaran informasi *routing* dengan *router* tetangga atau terdekat. Dalam contoh tersebut *router R1* telah berhasil melakukan proses pertukaran informasi *routing* dengan *router R2* yang memiliki *Router-id* 172.11.1.1 dan *router R4* dengan *Router-id* 172.13.1.1. Dalam proses *Adjency Router* terdapat dua sistem yang disebut *Designated Router (DR)* dan *Backup Designated Router (BDR)*. DR merupakan jalur utama dalam proses *Adjency Router*, dan BDR merupakan jalur backup dalam proses *Adjency Router*.

#	DST-ADDRESS	PREF-SRC	GATEWAY	DISTANCE
0	ADC 172.10.1.0/29	172.10.1.1	ether2	0
1	ADo 172.11.1.0/29		172.10.1.2	110
2	ADo 172.12.1.0/29		172.10.1.2	110
3	ADo 172.13.1.0/29		172.14.1.2	110
4	ADC 172.14.1.0/29	172.14.1.1	ether1	0
5	ADo 192.168.1.0/24		172.14.1.2	110
6	ADC 192.168.3.0/24	192.168.3.1	ether3	0

Gambar 7. Table Routing Router R1

Gambar 7 di atas menampilkan informasi *update table routing* yang berada di *router R1*. Untuk point pertama terdapat simbol *Active Dynamic OSPF (ADo)* yang memperlihatkan bahwa *router R1* telah berhasil *connected* dengan *router* lain melalui *Routing OSPF*. Sedangkan *point* kedua menunjukkan *update table routing per-network* dimana ketika terjadi perubahan informasi *routing* akan secara otomatis diperbaharui (*update*).

```
Flags: X - disabled, I - inactive, D - dynamic, P - passive
0 D interface-ether3 cost=10 priority=1 authentication=none
authentication-key="" authentication-key-id=1 network-type=broadcast
instance-id=0 retransmit-interval=5s transmit-delay=1s
hello-interval=10s dead-interval=40s use-bfd=no ip-address=192.168.40.2
used-network-type=broadcast state-designated-router instance-default
area=backbone neighbors=0 adjacent-neighbors=0
designated-router=192.168.40.2 backup-designated-router=0.0.0.0

1 D interface-ether2 cost=10 priority=1 authentication=none
authentication-key="" authentication-key-id=1 network-type=broadcast
instance-id=0 retransmit-interval=5s transmit-delay=1s
hello-interval=10s dead-interval=40s use-bfd=no ip-address=172.10.1.1
used-network-type=broadcast state-designated-router instance-default
area=backbone neighbors=1 adjacent-neighbors=1
designated-router=172.10.1.1 backup-designated-router=172.10.1.2

2 D interface-ether1 cost=10 priority=1 authentication=none
authentication-key="" authentication-key-id=1 network-type=broadcast
instance-id=0 retransmit-interval=5s transmit-delay=1s
hello-interval=10s dead-interval=40s use-bfd=no ip-address=172.14.1.1
used-network-type=broadcast state-designated-router instance-default
area=backbone neighbors=1 adjacent-neighbors=1
designated-router=172.14.1.1 backup-designated-router=172.14.1.2

-- [Q quit] [D dump] [down]
```

Gambar 8. OSPF Interface Pada Router R1

Ether1, *ether2*, dan *ether3* pada router R1 telah berhasil terkonfigurasi sebagai bagian dari jalur utama (*backbone*) di routing OSPF, untuk penjelasan pertama memperlihatkan bahwa masing-masing *interface* dari *ether1* hingga *ether3* telah diunggah ke jalur utama (*backbone*). Lalu pada penjelasan kedua proses pemilihan *router-id* dan *type-network* telah berhasil dilakukan. Sedangkan pada penjelasan ketiga memperlihatkan *Designated Router* (DR) dan *Backup Designer Router* (BDR) dapat digunakan sebagai jalur utama serta *backup* jalur pertukaran informasi routing. Dan pada penjelasan terakhir memperlihatkan hasil waktu pengiriman *Hello Packet* (*Hello-Interval*) antar *adjency router* sebesar 10 second.

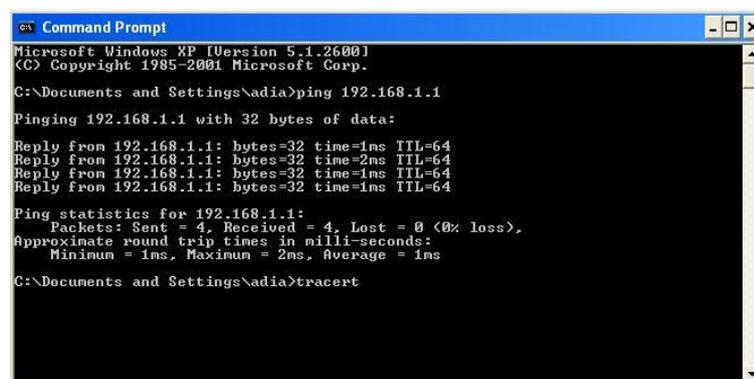
```
[admin@R1] > routing ospf instance pr
Flags: X - disabled, * - default
0 * name="default" router-id=172.14.1.1 distribute-default=never
redistribute-connected=as-type-1 redistribute-static=as-type-1
redistribute-rip=no redistribute-bgp=no redistribute-other-ospf=no
metric-default=1 metric-connected=20 metric-static=20 metric-rip=20
metric-bgp=auto metric-other-ospf=auto in-filter=ospf-in
out-filter=ospf-out
[admin@R1] > _
```

Gambar 9. Hasil Redistribute Router R1

Gambar 9 di atas Merupakan hasil dari konfigurasi *redistribute* di router R1 yang terhubung langsung dengan jalur *client*. Tujuan dari konfigurasi tersebut untuk meneruskan *table routing* dari jalur utama (*backbone*) kepada jalur *client* sehingga dapat saling menukarkan informasi serta menghubungkan dua tipe routing yang berbeda dimana pada jalur utama (*backbone*) menggunakan *dynamic routing* yaitu OSPF sedangkan pada jalur *client* menggunakan *static routing*.

3.2 Pengujian Jaringan

Dalam pengujian ini digunakan *ping* dan *traceroute* terhadap koneksi pada masing-masing router yang ada di jalur utama (*backbone*) ke *client* atau sebaliknya. *Test* koneksi dilakukan dari *client* SMK UT PGII menuju masing-masing router di jalur utama (*backbone*).



```
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\adia>ping 192.168.1.1

Pinging 192.168.1.1 with 32 bytes of data:

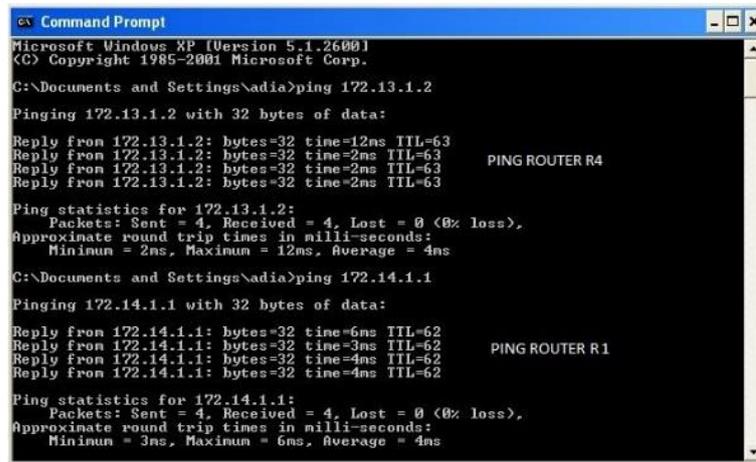
Reply from 192.168.1.1: bytes=32 time=1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.1: bytes=32 time=2ms TTL=64
Reply from 192.168.1.1: bytes=32 time=1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.1: bytes=32 time=1ms TTL=64

Ping statistics for 192.168.1.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 2ms, Average = 1ms

C:\Documents and Settings\adia>tracert
```

Gambar 10. Test Ping Ke Gateway Router R5

Gambar 10 di atas merupakan salah satu *test* diambil dari PC *client* SMK UT PGII dengan menggunakan *ping* ke arah *gateway router* R5. Hasil *test* terlihat normal.



```
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\adia>ping 172.13.1.2

Pinging 172.13.1.2 with 32 bytes of data:

Reply from 172.13.1.2: bytes=32 time=12ms TTL=63
Reply from 172.13.1.2: bytes=32 time=2ms TTL=63
Reply from 172.13.1.2: bytes=32 time=2ms TTL=63
Reply from 172.13.1.2: bytes=32 time=2ms TTL=63

Ping statistics for 172.13.1.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 2ms, Maximum = 12ms, Average = 4ms

C:\Documents and Settings\adia>ping 172.14.1.1

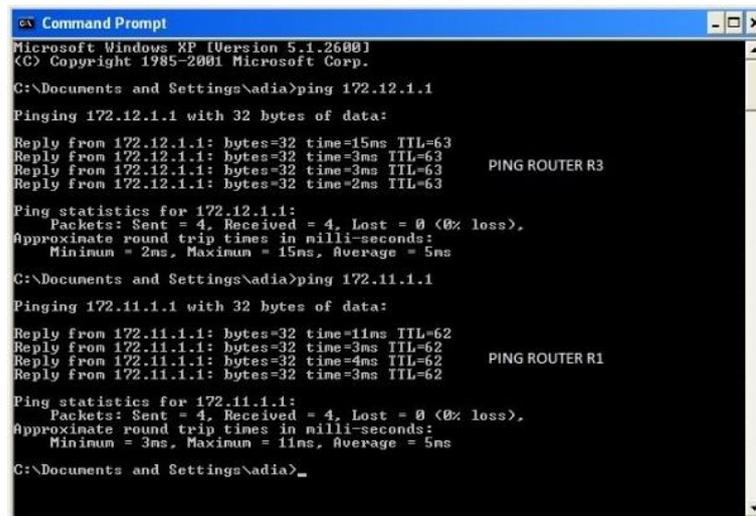
Pinging 172.14.1.1 with 32 bytes of data:

Reply from 172.14.1.1: bytes=32 time=6ms TTL=62
Reply from 172.14.1.1: bytes=32 time=3ms TTL=62
Reply from 172.14.1.1: bytes=32 time=4ms TTL=62
Reply from 172.14.1.1: bytes=32 time=4ms TTL=62

Ping statistics for 172.14.1.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 3ms, Maximum = 6ms, Average = 4ms
```

Gambar 11. Test Ping ke Router R4 dan Router R1

Gambar 11 merupakan salah satu *test* dilakukan dari PC *client* SMK UT PGII menggunakan *ping* menuju *router* R4 dan *router* R1, hasil *test* terlihat normal.



```
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\adia>ping 172.12.1.1

Pinging 172.12.1.1 with 32 bytes of data:

Reply from 172.12.1.1: bytes=32 time=15ms TTL=63
Reply from 172.12.1.1: bytes=32 time=3ms TTL=63
Reply from 172.12.1.1: bytes=32 time=3ms TTL=63
Reply from 172.12.1.1: bytes=32 time=2ms TTL=63

Ping statistics for 172.12.1.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 2ms, Maximum = 15ms, Average = 5ms

C:\Documents and Settings\adia>ping 172.11.1.1

Pinging 172.11.1.1 with 32 bytes of data:

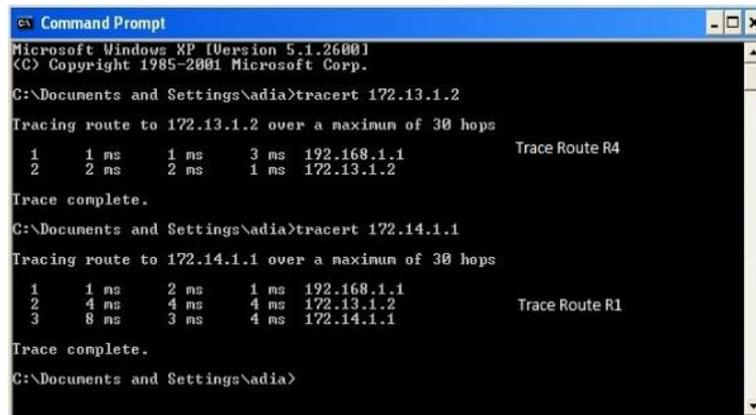
Reply from 172.11.1.1: bytes=32 time=11ms TTL=62
Reply from 172.11.1.1: bytes=32 time=3ms TTL=62
Reply from 172.11.1.1: bytes=32 time=4ms TTL=62
Reply from 172.11.1.1: bytes=32 time=3ms TTL=62

Ping statistics for 172.11.1.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 3ms, Maximum = 11ms, Average = 5ms

C:\Documents and Settings\adia>
```

Gambar 12. Hasil Test Ping Ke Router R3 dan Router R2

Gambar 12 di atas menampilkan hasil *Test Ping* yang terakhir diambil dari PC *client* SMK UT PGII ke arah *router* R3 dan R2. Hasil *test* terlihat normal.



```
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\adia>tracert 172.13.1.2

Tracing route to 172.13.1.2 over a maximum of 30 hops:

  0  1 ms    1 ms    3 ms  192.168.1.1      Trace Route R4
  1  2 ms    2 ms    1 ms  172.13.1.2

Trace complete.

C:\Documents and Settings\adia>tracert 172.14.1.1

Tracing route to 172.14.1.1 over a maximum of 30 hops:

  0  1 ms    2 ms    1 ms  192.168.1.1      Trace Route R1
  1  4 ms    4 ms    4 ms  172.13.1.2
  2  8 ms    3 ms    4 ms  172.14.1.1

Trace complete.

C:\Documents and Settings\adia>
```

Gambar 13. Hasil Traceroute Ke Router R4 dan Router R1

Gambar 13 di atas menampilkan proses *traceroute* kepada *router* R4 dan *router* R1 melalui *PC client* SMK UT PGII. Hasil akhir dari *traceroute* menuju *router* R4 melewati 2 *hop*, sedangkan menuju *router* R3 melewati 3 *hop*.

3.3 Pengujian Sistem Kerja OSPF

Ketika sebuah *router* dalam *Routing* OSPF belum mencapai kondisi *Adjency* maka *router* tersebut tidak akan bisa saling menukarkan informasi. Adapun beberapa *point* dari sebuah *router* untuk mencapai kondisi *Adjency* diantaranya:

3.3.1 Hello Packet

Hello Packet akan menentukan apakah *router-router* yang bertetangga dapat mencapai kondisi *Adjency* atau tidak. *Hello Packet* memiliki nama lain yang disebut dengan *Router ID* (RID).

```
[admin@R1] > routing ospf interface pr detail status
Flags: X - disabled, I - inactive, D - dynamic, P - passive
0 D interface=ether2 cost=10 priority=1 authentication=none
authentication-key="" authentication-key-id=1 network-type=broadcast 1
instance-id=0 retransmit-interval=5s transmit-delay=1s
2 hello-interval=10s dead-interval=40s 3 bfd=no ip-address=172.10.1.1
used-network-type=broadcast state=designated-router instance=default
area=backbone neighbors=1 adjacent-neighbors=1
designated-router=172.10.1.1 backup-designated-router=172.10.1.2

1 D interface=ether1 cost=10 priority=1 authentication=none
authentication-key="" authentication-key-id=1 network-type=broadcast
instance-id=0 retransmit-interval=5s transmit-delay=1s
hello-interval=10s dead-interval=40s use-bfd=no ip-address=172.14.1.1
used-network-type=broadcast state=backup instance=default area=backbone
neighbors=1 adjacent-neighbors=1 designated-router=172.14.1.2
backup-designated-router=172.14.1.1
[admin@R1] >
```

Gambar 14. Informasi *Hello Packet* pada *Router* R1

Network Type yang digunakan adalah tipe Broadcast. *Hello Packet* akan dikirim dengan menggunakan *multicast* dan akan terbentuk *Designated Router* (DR) dan *Backup Designated Router* (BDR). Keterangan *Network Type* pada Gambar 14 ditandai dengan nomor 1. *Dead Interval* merupakan waktu yang digunakan untuk menunggu pengiriman paket dari *router* lain. Pada Gambar 14 tertera bahwa *Dead Interval* yang dibutuhkan mencapai 40 detik. *Dead Interval* ditandai dengan nomor 2. *Hello Interval* merupakan waktu yang dibutuhkan untuk pengiriman paket ke *router* lain. Pada Gambar 14 tertera bahwa waktu yang dibutuhkan mencapai 10 detik. *Hello Interval* ditandai dengan nomor 3.

3.3.2 Database Description (DBD)

Database Description (DBD) berisi paket informasi yang akan dikirimkan kepada *router* terdekat. Sebelum mampu mengirimkan DBD tersebut, sebuah *router* tidak akan dapat saling bertukar informasi dengan *router* terdekatnya.

```
[admin@R5] > routing ospf neighbor pr detail
append count-only follow from where
brief file follow-only interval without-paging 1
[admin@R5] > routing ospf neighbor pr detail
0 instance=default router-id=172.12.1.1 address=172.12.1.1 interface=ether2
priority=1 dr-address=172.12.1.2 backup-dr-address=172.12.1.1 state=full
state-changes=4 ls-retransmits=0 ls-requests=0 db-summaries=0
adjacency=6m5s 2

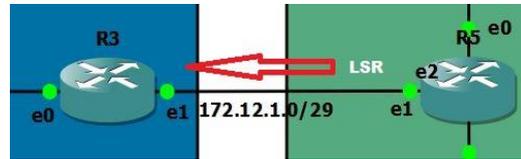
1 instance=default router-id=172.14.1.2 address=172.13.1.2 interface=ether1
priority=1 dr-address=172.13.1.2 backup-dr-address=172.13.1.1 state=full
state-changes=6 ls-retransmits=0 ls-requests=0 db-summaries=0
adjacency=6m45s
[admin@R5] > ip add pr
```

Gambar 15. Informasi *Database Description* (DBD) *Router* R5

Sebagai contoh, disini akan dijelaskan paket informasi DBD yang berada di *router* R5 melalui Gambar 15 pada *point* pertama *router* R5 telah berhasil mengirimkan paket informasi ke *router* R3 yang memiliki *router-id* 172.12.1.1 melalui *interface ether2*. Sedangkan pada *point* kedua *router* R5 telah berhasil pula mengirimkan paket informasi ke *router* R3 yang memiliki *router-id* 172.14.1.2 melalui *interface ether1*.

3.3.3 Link State Request (LSR)

Menurut (Towidjojo, 2016) *Link State Request* (LSR) digunakan sebuah *router* untuk meminta informasi yang ada dalam *Database* milik *router* lain. Informasi ini bisa saja memiliki informasi spesifik maupun informasi tambahan yang dimiliki oleh *router* lain. Contoh proses pengiriman LSR oleh dapat dijelaskan pada Gambar 16.



Gambar 16. Proses Kerja *Link State Request* (LSR)

Berdasarkan pada Gambar 16. *router* R5 mengirimkan informasi yang di-request oleh *router* R5 kepada *router* R3. Hasil dari *request* yang dilakukan oleh *router* R5 dapat dilihat dalam *Database Description* (DR) *router* R3 seperti dalam Gambar 17.

```
[admin@R3] > routing ospf neighbor pr detail
0 instance=default router-id=172.11.1.1 address=172.11.1.1 interface=ether1
priority=1 dr-address=172.11.1.2 backup-dr-address=172.11.1.1 state="Full"
state-changes=4 ls-retransmits=0 ls-requests=0 db-summaries=0
adjacency=3h2m0s

1 instance=default router-id=172.13.1.1 address=172.12.1.2 interface=ether2
priority=1 dr-address=172.12.1.2 backup-dr-address=172.12.1.1 state="Full"
state-changes=6 ls-retransmits=0 ls-requests=0 db-summaries=0
adjacency=3h2m45s
[admin@R3] > _
```

Gambar 17. *Link State Request* Oleh *Router* R5 di *Router* R3

3.3.4 Link State Update (LSU)

Link State Update (LSU) merupakan paket yang membawa sekumpulan *Link State Advertisement* (LSA). Banyak LSA yang dapat dibawa oleh sebuah LSU *packet* dan semuanya digunakan untuk melakukan update informasi *routing* (*Routing Update*). Pada gambar 18 dapat dilihat bagaimana LSA beroperasi pada LSU.

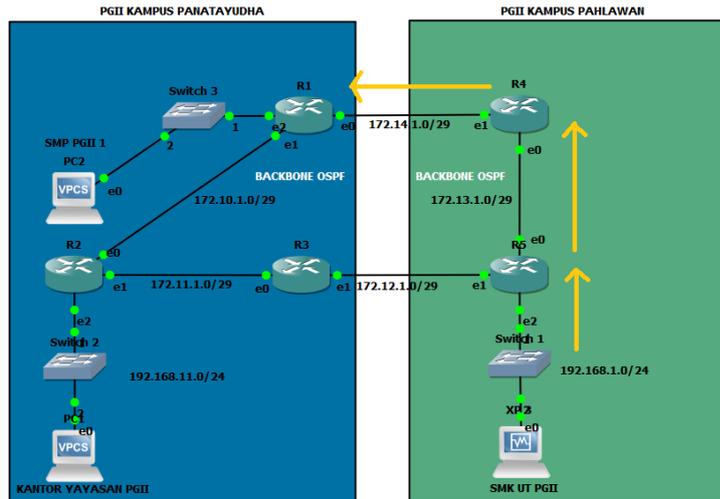
```
[admin@R5] > routing ospf lsa pr
AREA   TYPE   ID          ORIGINATOR  SEQUENCE-NUMBER  AGE
backbone  router  172.11.1.1  172.11.1.1  0x80000000        1445
backbone  router  172.12.1.1  172.12.1.1  0x80000009        1529
backbone  router  172.13.1.1  172.13.1.1  0x8000000A        1563
backbone  router  172.14.1.1  172.14.1.1  0x8000000A        1476
backbone  router  172.14.1.2  172.14.1.2  0x8000000A        1517
backbone  network 172.10.1.1  172.14.1.1  0x80000007        1476
backbone  network 172.11.1.2  172.12.1.1  0x80000007        1529
backbone  network 172.12.1.2  172.13.1.1  0x80000007        1563
backbone  network 172.13.1.2  172.14.1.2  0x80000007        1616
backbone  network 172.14.1.2  172.14.1.2  0x80000007        1517
external  as-external 192.168.1.0 172.13.1.1  0x80000007        1660
external  as-external 192.168.3.0 172.14.1.1  0x80000007        1514
[admin@R5] > _
```

Gambar 18. *Link State Advertisement* pada *Router* R5

3.4 Pengujian Jalur Terbaik (*Best Path*)

3.4.1 Jalur Pertama *Best Path*

Jalur pertama *best path*, diambil contoh dari komputer *client* SMK UT PGII menuju *router* R1 yang telah ditandai dengan panah pada Gambar 19. Pada jalur *best path* yang pertama *cost* pada *interface ether3* *router* R5 bernilai 20, *cost* kedua pada *ether1* *router* R5 bernilai 10, dan *cost* ketiga pada *ether1* *router* R1 bernilai 20. Maka total keseluruhan *cost* pada jalur pertama sebesar 50 *cost*.



Gambar 19. Jalur Pertama Best Path

Pengujian jalur pertama menggunakan *ping* dan *tracert* dapat dilihat pada gambar 20 di bawah ini.

```
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\adia>ping 172.14.1.1

Pinging 172.14.1.1 with 32 bytes of data:

Reply from 172.14.1.1: bytes=32 time=18ms TTL=62
Reply from 172.14.1.1: bytes=32 time=3ms TTL=62
Reply from 172.14.1.1: bytes=32 time=4ms TTL=62
Reply from 172.14.1.1: bytes=32 time=3ms TTL=62

Ping statistics for 172.14.1.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 3ms, Maximum = 18ms, Average = 7ms

C:\Documents and Settings\adia>tracert 172.14.1.1

Tracing route to 172.14.1.1 over a maximum of 30 hops:

  0  1 ms    1 ms    1 ms  192.168.1.1
  1  2 ms    2 ms    4 ms  172.13.1.2
  2  3 ms    3 ms    3 ms  172.14.1.1

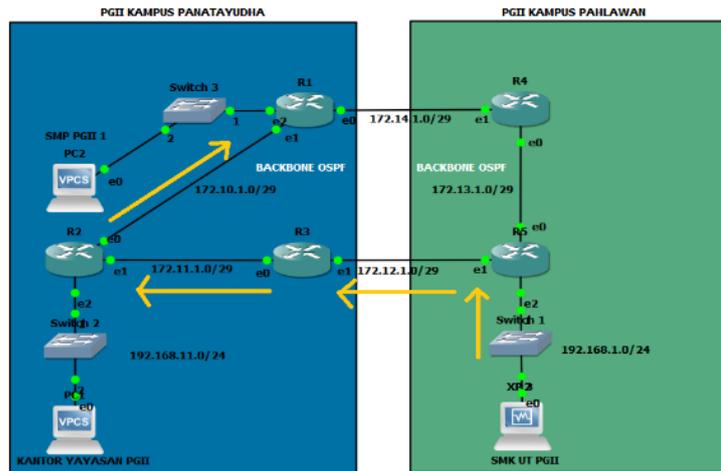
Trace complete.

C:\Documents and Settings\adia>_
```

Gambar 20. Uji Jalur Pertama Menggunakan Ping dan Traceroute

3.4.2 Jalur Kedua Best Path

Jalur kedua *best path*, contoh diambil dari komputer *client* SMK UT PGII menuju *router* R1 yang telah ditandai dengan panah pada Gambar 21. Pada jalur *best path* yang kedua *cost* pada *interface ether3* *router* R5 bernilai 20, *cost* kedua pada *ether2* *router* R3 bernilai 10, *cost* ketiga pada *ether2* *router* R2 bernilai 20, dan *cost* keempat pada *ether2* *router* R1 bernilai 30. Maka total keseluruhan *cost* pada jalur kedua sebesar 80 *cost*.



Gambar 21. Jalur Kedua Best Path

Pengujian jalur kedua menggunakan *ping* dan *traceroute* dapat dilihat pada gambar 22 di bawah ini.

```
Command Prompt
C:\Documents and Settings\adia>ping 172.14.1.1
Pinging 172.14.1.1 with 32 bytes of data:
Reply from 172.14.1.1: bytes=32 time=16ms TTL=61
Reply from 172.14.1.1: bytes=32 time=5ms TTL=61
Reply from 172.14.1.1: bytes=32 time=6ms TTL=61
Reply from 172.14.1.1: bytes=32 time=6ms TTL=61

Ping statistics for 172.14.1.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 5ms, Maximum = 16ms, Average = 8ms

C:\Documents and Settings\adia>tracert 172.14.1.1
Tracing route to 172.14.1.1 over a maximum of 30 hops
  0  2 ms  2 ms  1 ms  192.168.1.1
  1  4 ms  3 ms  4 ms  172.12.1.1
  2  4 ms  5 ms  3 ms  172.11.1.1
  3  5 ms  5 ms  4 ms  172.14.1.1
Trace complete.
```

Gambar 22. Uji Jalur Kedua Menggunakan Ping dan Traceroute

3.5 Prinsip Kerja Berdasarkan Dijkstra

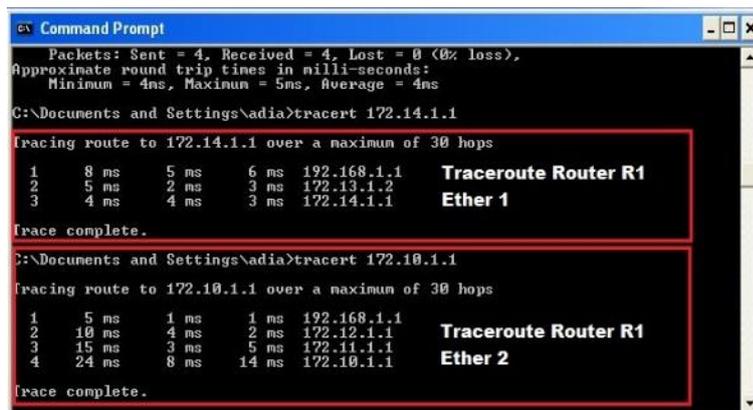
Pengujian ini, ukuran atau *metric dijkstra* yang ada pada setiap *router* yang telah terkonfigurasi oleh *Routing OSPF* dijumlahkan. Hasil dari penjumlahan tersebut akan menjadi parameter bagaimana *metric-metric dijkstra* mempengaruhi prinsip kerja SPF dalam mencari jalur terbaik.

```
[admin@R5] > routing ospf instance pr detail status
Flags: X - disabled, * - default
0 * name="default" router-id=172.13.1.1 distribute-default=never
  redistribute-connected=as-type-1 redistribute-static=as-type-1
  redistribute-rip=no redistribute-bgp=no redistribute-other-ospf=no
  metric-default=1 metric-connected=20 metric-static=20 metric-rip=20
  metric-bgp=auto metric-other-ospf=auto in-filter=ospf-in
  out-filter=ospf-out state=running effective-router-id=172.13.1.1
  dijkstras=26 db-exchanges=0 external-imports=1
[admin@R5] > routing ospf instance pr detail status
Flags: X - disabled, * - default
0 * name="default" router-id=172.13.1.1 distribute-default=never
  redistribute-connected=as-type-1 redistribute-static=as-type-1
  redistribute-rip=no redistribute-bgp=no redistribute-other-ospf=no
  metric-default=1 metric-connected=20 metric-static=20 metric-rip=20
  metric-bgp=auto metric-other-ospf=auto in-filter=ospf-in
  out-filter=ospf-out state=running effective-router-id=172.13.1.1
  dijkstras=26 db-exchanges=0 external-imports=1
[admin@R5] >
```

Gambar 23. Informasi *Metric Dijkstra* pada *Router R5*

Gambar 23 di atas menunjukkan bahwa ukuran atau *metric dijkstra* pada *router R5* bernilai 26. Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa SPF bersifat *non-scalable* yang artinya *metric dijkstra* yang bernilai 26 tidak dapat diubah. Nilai tersebut hanya akan berubah ketika *router* di *shutdown* atau di *reboot* dan ketika *router* telah beroperasi kembali *metric dijkstra* akan secara otomatis menentukan *metric*-nya sendiri.

Selama pengujian berlangsung, nilai *metric dijkstra* pada *router R1* bernilai 25, *router R2* bernilai 22, *router R3* bernilai 25, *router R4* bernilai 30.



Gambar 24. Traceroute Menuju Ether1 dan Ether2 Router R1

Gambar 34 menampilkan proses *traceroute* menuju *router R1* dari *client SMK UT PGII* kepada *interface* yang berbeda yaitu *ether1* dengan IP Address 172.14.1.1 dan *ether2* dengan IP Address 172.10.1.1. Dari hasil *traceroute* tersebut diketahui bahwa untuk mengirimkan informasi menuju *interface ether1* di *router R1* harus melewati jalur *best path* pertama dibandingkan melalui jalur *best path* kedua. Ini dikarenakan jumlah *metric dijkstra* dalam jalur *best path* kedua lebih besar daripada jumlah *metric* dalam jalur *best path* pertama. Untuk lebih jelasnya, dalam penelitian ini telah dilakukan perhitungan dari setiap *metric dijkstra* dari setiap *router* yang ada di jalur *best path* pertama dan kedua terdapat pada Gambar 25.

Best Path 1	Metric Dijkstra	Best Path 2	Metric Dijkstra
Router R5	26	Router R5	26
Router R4	30	Router R3	25
Router R1	25	Router R2	22
		Router R1	25
Jumlah	81		98

Gambar 25. Jumlah Metric Dijkstra Pada Jalur Best Path Pertama dan Kedua

Kesimpulan yang dapat diambil dari pengujian serta perhitungan sistem kerja SPF pada Algoritma *Dijkstra* adalah SPF akan memilih jalur terbaik (*best path*) dengan nilai *metric dijkstra* yang lebih kecil daripada jalur terbaik (*best path*) lain yang memiliki nilai *metric* yang lebih besar. Pada pengujian *Redistribution* dilakukan langkah serupa yaitu melakukan test dengan ping dan *traceroute* dari *client SMK UT PGII* menuju *client SMP PGII 1*. Hanya saja perhitungan dengan menjumlahkan nilai *metric dijkstra* dijumlahkan dengan nilai *metric redistribute* yang akan mempengaruhi pemilihan jalur terbaik dalam proses pendistribusian data. Seperti tercantum pada Gambar 25 bahwa nilai *metric-static* dan *metric-connected* di *router R1* yang terhubung kepada *client SMP PGII 1* masing-masing bernilai 20, maka nilai keseluruhan *metric redistribute* pada proses *redistribution* adalah 40.

```
[admin@R1] > routing ospf instance pr detail status
Flags: X - disabled, * - default
0 * name="default" router-id=172.14.1.1 distribute-default=never
  redistribute-connected=as-type-1 redistribute-static=as-type-1
  redistribute-rip=no redistribute-bgp=no redistribute-other-ospf=no
  metric-default=1 metric-connected=20 metric-static=20 metric-rip=20
  metric-bgp=auto metric-other-ospf=auto in-filter=ospf in
  out-filter=ospf-out state=running effective-router-id=172.14.1.1
  dijkstras=10 db-exchanges=0 external-imports=1
[admin@R1] >
```

Gambar 26. Nilai Redistribute Pada Router R1

```
Command Prompt
::\Documents and Settings\adia>ping 192.168.3.1
Pinging 192.168.3.1 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.3.1: bytes=32 time=2ms TTL=62

Ping statistics for 192.168.3.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 2ms, Maximum = 2ms, Average = 2ms

::\Documents and Settings\adia>tracert 192.168.3.1
Tracing route to 192.168.3.1 over a maximum of 30 hops:
  0  3 ms  <1 ms  <1 ms  192.168.1.1
  1  15 ms  1 ms  1 ms  172.13.1.2
  2  2 ms  1 ms  2 ms  192.168.3.1
Trace complete.
```

Gambar 27. Ping dan Traceroute Menuju Client SMP PGII 1

Best Path 1	Metric Dijkstra	Best Path 2	Metric Dijkstra
Router R5	26	Router R5	26
Router R4	30	Router R3	25
Router R1	25	Router R2	22
		Router R1	25
Jumlah Dijkstra	81		98
Jumlah Redistribute	40		40
Total	121		138

Gambar 28. Metric Dijkstra Dijumlahkan Dengan Metric Redistribute

Berdasarkan pada penjumlahan nilai *metric dijkstra* dengan *metric redistribute* dapat diambil kesimpulan bahwa jalur terbaik (*best path*) dengan nilai *metric* yang lebih kecil akan dipilih sebagai jalur pendistribusian terbaik dari *best path* lain yang memiliki *metric* yang lebih besar. Selain itu, *redistribution* dapat menghubungkan *routing dynamic* OSPF dengan *routing static* yang terhubung pada masing-masing *client*.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari hasil implementasi dan penelitian yang telah dilakukan oleh adalah sebagai berikut:

- Penggunaan *Routing* OSPF telah berhasil dilakukan pada jalur utama (*backbone*) untuk proses pendistribusian data dan komunikasi antar *router* dengan baik.

- b. Penggunaan *Routing* OSPF memudahkan pencarian jalur terbaik (best path) untuk pendistribusian data dan pengiriman informasi berdasarkan pada *metric dijkstra* didalam sistem kerja SPF.
- c. Penggunaan Metode *Redistribution* dapat menghubungkan sebuah *routing* ke *routing* lainnya dan mampu memberikan pendistribusian yang baik bersama dengan *Routing* OSPF didalam pengembangan topologi jaringan yang ada di SMK UT PGII.
Beberapa saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut:
 - a. Dalam pengembangan jaringan yang akan dilakukan SMK UT PGII bersama unit-unit sekolah lainnya yang berada dibawah Yayasan Pendidikan PGII Bandung, maka harus melakukan perubahan topologi jaringan yang ada.
 - b. Untuk memudahkan pendistribusian data dan pengiriman informasi dari satu router ke router yang lain dapat menggunakan *Routing* OSPF.
 - c. Untuk memberikan hasil terbaik dalam pendistribusian kepada masing-masing client dapat menggunakan Metode *Redistribution*.
 - d. Untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan ke dalam proses *routing*, metode, dan topologi jaringan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Achmad. (2015). IMPLEMENTASI ROUTING PROTOCOL OPEN SHORTEST PATH FIRST(OSPF) PADA MODEL TOPOLOGY RING. *ISSN 1979-276X Faktor Exacta* 8(2): 92-99, 2015, 92-99.
- [2] Dwiyanto, S., Putra, G. W., & Krisnaningsih, E. (2015). Penerapan Ospf Routing, De-Militarized Zone, Dan Firewall Pada Mikrotik Routerboardtm Dinas Komunikasi Dan Informatika Depok. *ISSN 2406-7768 Jurnal Sistem Informasi Volume.2*, 2015.
- [3] Edi, D. (2006). KAJIAN ALGORITMA ROUTING DALAM JARINGAN KOMPUTER. *Jurnal Informatika UKM, Vol. II, No. 3*, 47-55.
- [4] Firmansyah, R. (2014). RANCANG BANGUN JARINGAN KOMPUTER DENGAN KABEL LISTRIK SEBAGAI MEDIA TRANSMISI UNTUK KOMUNIKASI DATA . *Jurnal Informatika. Vol. II No. 2*, 104-110.
- [5] Firmansyah, R. (2018). *KOMPUTER DAN JARINGAN DASAR*. Bandung: PT. Humaniora Utama Press.
- [6] Le, F., Xie, G. G., & Zhang, H. (2008). Understanding Route Redistribution. *International Conference in Network Protocols (ICNP)* (pp. 2-12). Beijing: International Conference in Network Protocols (ICNP).
- [7] Masykur, F. (2016). PENGGABUNGAN ANTAR ROUTING PROTOCOL MENGGUNAKAN TEKNIK REDISTRIBUTION. *ISBN: 978-602-1180-33-4 Prosiding SNATI F Ke - 3 Tahun 2016*, 39-42.
- [8] Munandar, A., & Badrul, M. (2015). PENERAPAN OPEN VPN IPCOP SEBAGAI SOLUSI PERMASALAHAN JARINGAN PADA PT.KIMIA FARMA TRADING & DISTRIBUTION . *ISSN. 2442-2436 JURNAL TEKNIK KOMPUTER AMIK BSI VOL. 1 NO. 1 FEBRUARI 2015*.
- [9] Nurhayati , A., & Pangestu, A. (2016). SIMULASI ROUTING PROTOKOL BERBASIS DISTANCE VECTOR MENGGUNAKAN GNS3 VERSI 0.8. . *ISSN 1412-0372 JETri, Volume 13, Nomor 2, Februari 2016, Halaman 87 - 101*, 87 - 101.
- [10] Saindra, G., & Pulungan, R. (2012). Reduksi Parameter Quality-Of-Service Menggunakan Rough-Set-Theory Dalam Simulasi Routing Algoritma Dijkstra. *ISSN: 1978-1520, IJCCS, Vol.6, No.1, January 2012, pp. 79~90*, 79 - 90.
- [11] Saputra, D. (2016). IMPLEMENTASI VIRTUAL PRIVATE NETWORK PADA SISTEM INFORMASI PENGELOLAAN KEUANGAN DAERAH PEMERINTAH PROVINSI RIAU. *ISSN : 2301-4474, Vol. 6, No. 2, Desember 2016*, 18-31.
- [12] Sofana, I. (2011). *Teori dan Modul Praktikum Jaringan Komputer* . Bandung: Modula.
- [13] Towidjojo, R. (2016). *MIKROTIK KUNG FU, KITAB 4*. Palu: Jasakom.
- [14] Utomo, P., & Purnama, B. E. (2012). Pengembangan Jaringan Komputer Universitas Surakarta Berdasarkan Perbandingan Protokol Routing Information Protokol (RIP) Dan Protokol Open Shortest Path First (OSPF) . *ISSN: 2302-5700 IJNS – Volume 1 Nomor 1 – November 2012*, 8-25.
- [15] Yani, H., Yusia, P. A., & Rohayani, H. (2013). Analisis dan Perancangan Sistem Manajemen Network Berbasis Virtual Local Area Network (Studi Kasus : PT. Sumbertama Nusa Pertiwi). *ISSN: 2302-3805 Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia 2013, STMIK AMIKOM Yogyakarta, Januari 2013, Halaman 21-25*, 21-25