

**ANALISIS PROTOKOL ROUTING OSPF (OPEN SHORTEST PATH FIRST) PADA
WIRELESS MESH NETWORK DALAM KASUS TRAFFIC DATA VOICE**

SKRIPSI

Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:

Sofri Nada Cristanto

NIM: 125150200111119



PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2016

PENGESAHAN

ANALISIS PROTOKOL ROUTING OSPF (OPEN SHORTEST PATH FIRST) PADA
WIRELESS MESH NETWORK DALAM KASUS TRAFFIC DATA VOICE

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :
SOFRI NADA CRISTANTO
NIM: 125150200111119

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Rakhmadhany Primananda, S.T, M.Kom.

NIK: -

Sabriansyah Rizqika A, S.T, M.Eng.

NIK: 19820809 201212 1 004

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Informatika

Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D

NIP: 19710518 200312 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah SKRIPSI ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata dalam naskah SKRIPSI ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia SKRIPSI ini digugurkan dan gelar akademik yang saya peroleh (SARJANA) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70)



Malang, Juli 2016

Sofri Nada Cristanto

125150200111119

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang. Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT karena dengan limpahan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Protokol *Routing OSPF (Open Shortest Path First)* pada *Wireles Mesh Network* dalam kasus *traffic data Voice*”. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabatnya dan semua doa yang mengalir untuk kebaikan-kebaikan dalam muka bumi ini hingga akhir zaman. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Komputer di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang (FILKOM UB).

Dalam kesempatan ini penulis juga ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang mendukung dalam proses penyelesaian skripsi ini, yakni :

1. Rakhmadhany Primananda, S.T, M.Kom, selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dan memberikan banyak saran kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Sabriansyah Rizqika Akbar, S.T, M.Eng, selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan terkait dengan penulisan dan dokumen sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D, selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.
4. Seluruh Dosen FILKOM UB yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama masa perkuliahan berlangsung.
5. Seluruh Civitas Akademika FILKOM UB yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama menempuh studi di Fakultas Ilmu Komputer, Jurusan Teknik Informatika Universitas Brawijaya dan selama penyelesaian skripsi ini.
6. Kedua Orang Tua Penulis serta keluarga besar atas segala do’a, nasihat, dukungan baik moril maupun materiil dalam melancarkan skripsi ini.

7. Markas Besar Tentara Nasional Indonesia beserta seluruh jajarannya dari Pusat hingga Provinsi yang memberikan beasiswa P APK (Perwira Karir) dan juga tunjangan skripsi sehingga memberikan motivasi tambahan untuk menyelesaikan skripsi ini.
8. Sahabat serta teman-teman penulis, 11 PT dan seluruh teman-teman, serta teman-teman angkatan 2012 hingga 2014, Indana Zulfa, dan Network Ranger yang selalu memberikan bantuan, dukungan, motivasi dan berbagi informasi demi kelancaran skripsi.

Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat dibutuhkan sebagai pedoman untuk menyempurnakan skripsi ini agar lebih baik. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi diri sendiri maupun bagi semua pihak.

Malang, Agustus 2016

Penulis
sofrinada@gmail.com



ABSTRAK

Sofri Nada Cristanto. 2016. Analisis Protokol routing OSPF (*Open Shortest Path First*) pada *Wireless Mesh Network* dalam kasus *traffic data Voice*. Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya, Malang.

Dosen Pembimbing : Rakhmadhany Primananda, S.T, M.Kom , Sabriansyah Rizqika Akbar, S.T, M.Eng.

Dunia Jaringan Internet saat ini sudah sangat berkembang pesat, terbukti dengan adanya jaringan dimana-mana. *Mesh Network* adalah salah satu topologi yang sering dapat kita jumpai seperti yang digunakan beberapa perusahaan besar dan bahkan dengan alasan tertentu *mesh* adalah solusi dari permasalahan jaringan. *Wireless Mesh Network* adalah kumpulan dari akses point berupa *mobile ad hoc network* yang saling terhubung dan secara luas merupakan solusi dari permasalahan jaringan secara global. *Wireless Mesh Network* secara pesat berkembang dan pada penerapannya dapat dikaitkan dengan protokol routing seperti OSPF. Protokol routing OSPF adalah protokol routing yang memberikan *rule* untuk mengirimkan paket data berdasarkan kepadatan *traffic*, dan bukan jarak antar *hop* dengan menggunakan algoritma *link-state*. Menggunakan dua kualitas suara dari parameter uji berupa *voice* yakni *high quality* (GSM) dan *low quality* (PCM) memberikan perbandingan hasil dalam simulasi untuk menguji banyaknya paket yang hilang selama proses transmisi data. Penelitian penulis menggunakan simulasi dari topologi WMN dengan protokol routing OSPF untuk menguji *traffic data voice* karena *voice* sangat rentan terhadap paket *loss*. Hasilnya adalah memang terjadi *loss* dan paket mengalami penundaan atau *delay* selama 2 detik, selain *delay* juga terdapat 10% persen data yang hilang selama proses transmisi.

Kata kunci: *Wireless Mesh Network, OSPF, Voice*

ABSTRACT

Sofri Nada Cristanto. 2016. *Routing Protocol Analysis OSPF (Open Shortest Path First) in Wireless Mesh Network in Case of Data Traffic Voice.*

Computer Science Faculty, Brawijaya University, Malang. Advisor : Rakhmadhany Primananda, S.T, M.Kom , Sabriansyah Rizqika Akbar, S.T, M.Eng.

Network World Internet now is growing rapidly, as evidenced by the presence of a part of network everywhere. Mesh Network topology is one that often can be encountered as used several large companies and even for certain reasons mesh is the solution of network problems. Wireless Mesh Network is a collection of the access point in the form of a mobile ad hoc network of interconnected and broadly the solution of problems of a global network. Wireless Mesh Network is rapidly evolving and the applicability can be associated with routing protocols such as OSPF. OSPF routing protocol is a routing protocol that provides a rule to transmit data packets based on traffic density, and not the distance between hop by using a link-state algorithm. Using two drive quality sound of the test parameters such as the high quality of voice (GSM) and low quality (PCM) provide a comparison of the results in simulation to test the number of packets lost during data transmission. The study authors used a simulation of WMN topology with the OSPF routing protocol to test the voice data for voice traffic are highly susceptible to packet loss. The result is indeed happening and packet loss or delay delayed for 2 seconds, in addition to the delay also happened 10% percent of data lost during transmission.

Keywords: *Wireless Mesh Network, OSPF, Voice*



DAFTAR ISI

PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat.....	4
1.4.1 Bagi Penyusun	4
1.4.2 Bagi Mahasiswa.....	4
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Pembahasan	5
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	6
2.1 Landasan Teori	6
2.2 Routing Dinamis Open Shortest Path First (OSPF).....	7
2.3 Parameter Data Penelitian.....	10
2.3.1 QUALITY OF SERVICE.....	10
2.4 Wireless Mesh Network (WMN).....	12
2.5 OPNET Network Simulator	14
2.6 Voice.....	15
2.7 Codec	16
BAB 3 METODOLOGI	17
3.1 Penentuan Objek	17
3.2 Studi Literatur	18
3.3 Analisis Kebutuhan.....	18
3.3.1 Kebutuhan Fungsional	18
3.3.2 Kebutuhan Non Fungsional.....	18
3.4 Simulasi	19



3.4.1	Skenario dan Langkah Simulasi penerapan Protokol <i>Routing</i> OSPF	20
3.4.2	Lingkungan Penelitian	21
3.5	Pengujian dan Analisis	21
3.6	Pengambilan Kesimpulan.....	21
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		23
4.1	Skenario Percobaan	23
4.2	Perbandingan High Quality (GSM) dan Low Quality (PCM) dalam WMN.....	48
4.2.1	Perbandingan <i>Jitter</i>	48
4.2.2	Perbandingan <i>Delay</i> (End to End Delay)	50
4.2.3	Perbandingan <i>Throughput</i>	52
4.2.4	Perbandingan Waktu Konvergensi.....	54
4.2.5	Perbandingan <i>Packet Loss</i>	55
4.3	Tabel Perbandingan Hasil Skenario Percobaan GSM dan PCM	57
4.4	Hasil Analisis.....	60
BAB 5 PENUTUP		63
5.1	Kesimpulan.....	63
5.2	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA		65



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Perbandingan dengan penelitian sebelumnya..... 6

Tabel 4. 1 Hasil pengujian jitter pada WMN dalam scenario GSM (high) dan PCM (low) 57

Tabel 4. 2 Hasil pengujian delay (end to end) pada WMN dalam scenario GSM (high) dan PCM (low)..... 58

Tabel 4. 3 Hasil pengujian throughput pada WMN dalam scenario GSM (high) dan PCM (low)..... 59

Tabel 4. 4 Hasil pengujian Waktu Konvergensi pada WMN dalam scenario GSM (high) dan PCM (low)..... 59

Tabel 4. 5 Hasil pengujian Packet Loss pada WMN dalam scenario GSM (high) dan PCM (low)..... 60



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tipe Routing dalam OSPF9

Gambar 2. 2 Tipe Area dalam OSPF10

Gambar 2. 3 Level tingkatan dalam Wireless Mesh Network meliputi Gateway hingga end-user.....13

Gambar 3. 1 Diagram Alir Metode Penelitian.....17

Gambar 3. 2 Arsitektur Wireless Mesh Network dengan perencanaan Optimasi protokol routing OSPF.....19

Gambar 3. 3 Alur atau skenario pengerjaan analisis protokol routing OSPF terhadap Wireless Mesh Network20

Gambar 4. 1 Bentuk topologi dari Wireless Mesh Network yang memiliki 8 router dan 16 client / host yang saling terhubung, switch, dan server dari voice. Topologi tersebut sudah disiapkan untuk scenario voice Heavy load (GSM quality)..... 24

Gambar 4. 2 Runtime Simulator yang diset berjalan 4 menit dan menampilkan grafik pengerjaan dari proses simulasi tersebut dengan satuan (event/second) dari topologi 8 GSM yang diuji 24

Gambar 4. 3 Grafik average time dari OSPF Hello Traffic Sent (bits/sec)..... 25

Gambar 4. 4 Grafik average time dari OSPF Network Convergence 25

Gambar 4. 5 Grafik average time dari parameter uji Jitter dalam voice 26

Gambar 4. 6 Grafik average time dari parameter uji end-to-end delay..... 26

Gambar 4. 7 Grafik average time dari parameter uji Throughput dalam WMN .. 27

Gambar 4. 8 Grafik average time dari parameter uji Packet Loss 27

Gambar 4. 9 Bentuk topologi dari Wireless Mesh Network yang memiliki 8 router dan 16 client / host yang saling terhubung, switch, dan server dari voice. Topologi tersebut sudah disiapkan untuk scenario voice Light load (PCM quality) 28

Gambar 4. 10 Runtime Simulator yang diset berjalan 4 menit dan menampilkan grafik pengerjaan dari proses simulasi tersebut dengan satuan (event/second) dari topologi 8 PCM yang diuji 28

Gambar 4. 11 Grafik average time dari OSPF Hello Traffic Sent (bits/sec)..... 29



Gambar 4. 12 Grafik average time dari OSPF Network Convergence	29
Gambar 4. 13 Grafik average time dari parameter uji Jitter dalam voice	30
Gambar 4. 14 Grafik average time dari parameter uji end-to-end delay.....	30
Gambar 4. 15 Grafik average time dari parameter uji Throughput dalam WMN	31
Gambar 4. 16 Grafik average time dari parameter uji Packet Loss	31
Gambar 4. 17 Bentuk topologi dari Wireless Mesh Network yang memiliki 16 router dan 24 client / host yang saling terhubung, switch, dan server dari voice. Topologi tersebut sudah disiapkan untuk scenario voice Heavy load (GSM quality)	32
Gambar 4. 18 Runtime Simulator yang diset berjalan 4 menit dan menampilkan grafik pengerjaan dari proses simulasi tersebut dengan satuan (event/second) dari topologi 16 GSM yang diuji	32
Gambar 4. 19 Grafik average time dari OSPF Hello Traffic Sent (bits/sec).....	33
Gambar 4. 20 Grafik average time dari OSPF Network Convergence	33
Gambar 4. 21 Grafik average time dari parameter uji Jitter dalam voice	34
Gambar 4. 22 Grafik average time dari parameter uji end-to-end delay.....	34
Gambar 4. 23 Grafik average time dari parameter uji Throughput dalam WMN	35
Gambar 4. 24 Grafik average time dari parameter uji Packet Loss	35
Gambar 4. 25 Bentuk topologi dari Wireless Mesh Network yang memiliki 16 router dan 24 client / host yang saling terhubung, switch, dan server dari voice. Topologi tersebut sudah disiapkan untuk scenario voice Low load (PCM quality)	36
Gambar 4. 26 Runtime Simulator yang diset berjalan 4 menit dan menampilkan grafik pengerjaan dari proses simulasi tersebut dengan satuan (event/second) dari topologi 16 PCM yang diuji	36
Gambar 4. 27 Grafik average time dari OSPF Hello Traffic Sent (bits/sec).....	37
Gambar 4. 28 Grafik average time dari OSPF Network Convergence	37
Gambar 4. 29 Grafik average time dari parameter uji Jitter dalam voice	38
Gambar 4. 30 Grafik average time dari parameter uji end-to-end delay.....	38
Gambar 4. 31 Grafik average time dari parameter uji Throughput dalam WMN	39



Gambar 4. 32 Grafik average time dari parameter uji Packet Loss	39
Gambar 4. 33 Bentuk topologi dari Wireless Mesh Network yang memiliki 32 router dan 40 client / host yang saling terhubung, switch, dan server dari voice. Topologi tersebut sudah disiapkan untuk scenario voice High load (GSM quality)	40
Gambar 4. 34 Runtime Simulator yang diset berjalan 4 menit dan menampilkan grafik pengerjaan dari proses simulasi tersebut dengan satuan (event/second) dari topologi 32 GSM yang diuji	40
Gambar 4. 35 Grafik average time dari OSPF Hello Traffic Sent (bits/sec).....	41
Gambar 4. 36 Grafik average time dari OSPF Network Convergence	41
Gambar 4. 37 Grafik average time dari parameter uji Jitter dalam voice	42
Gambar 4. 38 Grafik average time dari parameter uji end-to-end delay.....	42
Gambar 4. 39 Grafik average time dari parameter uji Throughput dalam WMN	43
Gambar 4. 40 Grafik average time dari parameter uji Packet Loss	43
Gambar 4. 41 Bentuk topologi dari Wireless Mesh Network yang memiliki 32 router dan 40 client / host yang saling terhubung, switch, dan server dari voice. Topologi tersebut sudah disiapkan untuk scenario voice low load (PCM quality)	44
Gambar 4. 42 Runtime Simulator yang diset berjalan 4 menit dan menampilkan grafik pengerjaan dari proses simulasi tersebut dengan satuan (event/second) dari topologi 32 PCM yang diuji	44
Gambar 4. 43 Grafik average time dari OSPF Hello Traffic Sent (bits/sec).....	45
Gambar 4. 44 Grafik average time dari OSPF Network Convergence	45
Gambar 4. 45 Grafik average time dari parameter uji Jitter dalam voice	46
Gambar 4. 46 Grafik average time dari parameter uji end-to-end delay.....	46
Gambar 4. 47 Grafik average time dari parameter uji Throughput dalam WMN	47
Gambar 4. 48 Grafik average time dari parameter uji Packet Loss	47
Gambar 4. 49 Grafik perbandingan jitter dari topologi yang berisi 8 router dan 16 client dengan kualitas High (GSM) dan Low (PCM)	48
Gambar 4. 50 Grafik perbandingan jitter dari topologi yang berisi 16 router dan 24 client dengan kualitas High (GSM) dan Low (PCM)	49

Gambar 4. 51 Grafik perbandingan jitter dari topologi yang berisi 32 router dan 40 client dengan kualitas High (GSM) dan Low (PCM)	49
Gambar 4. 52 Grafik perbandingan end to end delay dari topologi yang berisi 8 router dan 16 client dengan kualitas High (GSM) dan Low (PCM)	50
Gambar 4. 53 Grafik perbandingan end to end delay dari topologi yang berisi 16 router dan 24 client dengan kualitas High (GSM) dan Low (PCM)	51
Gambar 4. 54 Grafik perbandingan end to end delay dari topologi yang berisi 32 router dan 40 client dengan kualitas High (GSM) dan Low (PCM)	51
Gambar 4. 55 Grafik perbandingan throughput dari topologi yang berisi 8 router dan 16 client dengan kualitas High (GSM) dan Low (PCM)	52
Gambar 4. 56 Grafik perbandingan throughput dari topologi yang berisi 16 router dan 24 client dengan kualitas High (GSM) dan Low (PCM)	53
Gambar 4. 57 Grafik perbandingan throughput dari topologi yang berisi 16 router dan 24 client dengan kualitas High (GSM) dan Low (PCM)	53
Gambar 4. 58 Grafik perbandingan waktu konvergensi dari topologi yang berisi 8 router dan 16 client dengan kualitas High (GSM) dan Low (PCM)	54
Gambar 4. 59 Grafik perbandingan waktu konvergensi dari topologi yang berisi 16 router dan 24 client dengan kualitas High (GSM) dan Low (PCM)	54
Gambar 4. 60 Grafik perbandingan waktu konvergensi dari topologi yang berisi 32 router dan 40 client dengan kualitas High (GSM) dan Low (PCM)	55



BAB 1 PENDAHULUAN

Jaringan komputer memiliki elemen-elemen yang dipetakan secara fungsional di dalamnya. Elemen yang dipetakan tersebut adalah topologi sebuah jaringan. Topologi memiliki komponen yang saling terkait agar dapat melakukan proses pengiriman, pertukaran, dan penerimaan data untuk berkomunikasi dengan jaringan yang berada diluar (*internet*) maupun di dalam (*intranet*). *Mesh* merupakan topologi yang berbentuk jala dimana semua elemen saling terkait satu sama lain. OSPF adalah protokol routing yang bersifat dinamis sehingga dapat menentukan sendiri jalur untuk proses transmisi data.

1.1 Latar Belakang

Dunia Jaringan Internet saat ini sudah sangat berkembang pesat, terbukti dengan adanya jaringan dimana-mana. *Mesh Network* adalah salah satu topologi yang sering dapat kita jumpai seperti yang digunakan beberapa perusahaan besar dan bahkan dengan alasan tertentu *mesh* adalah solusi dari permasalahan jaringan. *Wireless Mesh Network* adalah kumpulan dari beberapa *ad hoc network* yang saling terkoneksi secara *wireless* sehingga *secara* luas merupakan solusi dari permasalahan jaringan secara global karena berhasil menyediakan akses internet (Baumann, 2007). *Wireless Mesh Network* secara pesat berkembang dan pada penerapannya dapat dikaitkan dengan protokol routing seperti OSPF. Keterkaitan tersebut dapat dilihat dari beberapa teknologi yang memiliki konsep seperti *mobile ad hoc*, atau MANET selain itu teknologi saat ini juga memungkinkan OSPF untuk menyediakan tambahan-tambahan dalam proses *developing* (Fuertes, 2012). OSPF adalah *link-state algorithm*, dimana algoritma ini lebih mementingkan jalur dengan *traffic* yang rendah dibandingkan jarak antar *hop*.

Mesh atau biasa disebut dengan topologi jala memiliki tiap node atau routernya harus bersifat dinamis sehingga memungkinkan router untuk memilih sendiri jalur routingnya dengan pertimbangan apakah jalur yang akan dia hadapi padat atau tidak, setelah itu router akan mempertimbangkan jalur dengan traffic terendah untuk mengirim paket ke tujuan. OSPF adalah protokol yang cocok untuk

hal tersebut, karena pada dasarnya OSPF sendiri bersifat dinamis dan dapat diimplementasikan untuk kasus seperti ini dan OSPF menggunakan *mesh point to point* untuk simulasi pada network (Alwan, 2006).

OSPF adalah protokol routing yang mengirimkan paket datanya dengan berdasar pada kepadatan *traffic* bukan pada jarak antar *hop* dengan algoritma *link-state*. Kelebihan protokol ini yakni menggunakan algoritma link-state yang memungkinkan untuk dapat digunakan dalam tipe *router* seperti *Host*, *Network* dan *Subnetwork routes*. (Bahl, 2012). OSPF menggunakan rumus untuk menghitung *cost* dengan nilai sebesar 10^8 dibagi dengan *bandwidth* sebagai nilai defaultnya. Protokol ini menggunakan rumus untuk menghitung nilai *cost* dalam satuan megabits per detik (Mbps). Menggunakan OSPF untuk topologi berbentuk *Mesh* seperti *Wireless Mesh Network* dapat dilakukan mengingat OSPF sendiri adalah protokol routing yang merepresentasikan topologi jaringan secara penuh dan dapat membantu *network partitioning* dalam beberapa *routing area* untuk satu *internetwork* secara penuh (Fuertes, 2012).

Proses analisis tentunya juga harus terdapat data yang diuji didalamnya, data uji tersebut dapat berupa QoS dan waktu konvergensi, data uji tersebut memiliki beberapa parameter untuk dianalisis didalam QoS seperti *delay*, *jitter*, dan *packet loss*. Dalam prosesnya, parameter tersebut merupakan permasalahan yang menghasilkan hasil data analitik yang dapat menghasilkan kesimpulan berupa efisiensi routing. Proses pengujian dapat menggunakan media *voice* karena dapat dijadikan sebagai sarana atau parameter uji dalam scenario pengujian. Pengujian dilakukan dengan cara mensimulasikan topologi WMN yang menggunakan protokol routing OSPF dengan data uji berupa *voice*. Data uji ini dirasa tepat karena *voice* memiliki sifat yang rentan terhadap *loss* dan *delay*. Dari *loss* dan *delay* tersebut dapat terlihat kinerja dari protokol *routing* dalam proses transmisi data *voice* tersebut didalam topologi *wireless mesh network*.

Perbandingan yang dilakukan untuk analisis dalam pengujian adalah kualitas data dari *voice*, terdapat 2 kualitas data yakni GSM dan PCM. GSM adalah singkatan dari Global System for Mobile Communication, yakni sebuah teknologi

komunikasi seluler atau berbasis mobile yang bersifat digital. Teknologi ini memanfaatkan gelombang mikro dan pengiriman sinyal yang dibagi berdasarkan waktu sehingga sinyal informasi yang dikirim akan sampai kepada tujuan, GSM dijadikan sebagai standard komunikasi global untuk seluler. Sedangkan PCM adalah singkatan dari Pulse Code Modulation, yakni bentuk representasi digital dari sinyal suara analog. PCM digunakan sebagai parameter uji karena kualitasnya yang berada dibawah GSM.

Permasalahan dalam penelitian ini terdapat pada topologi *mesh network* karena banyaknya *router* yang digunakan sehingga dalam proses pengiriman data *voice* rentan terhadap *loss* dan *delay* selama transmisi berlangsung. Selain dari sisi topologi tersebut, permasalahan juga datang dari sisi hasilnya, karena hasil rata-rata grafik pengujian menunjukkan angka yang cukup dipertimbangkan untuk kategori paket data yang hilang dan juga delay yang cukup besar.

1.2 Rumusan Masalah

Judul:

Analisis Protokol Routing OSPF (Open Shortest Path First) pada Wireless Mesh Network dalam Kasus Traffic Data Voice

Pertanyaan penelitian:

1. Bagaimana merancang dan mensimulasikan protokol *routing OSPF* pada topologi *Wireless Mesh Network*?
2. Bagaimana mensimulasikan tipe data *voice* sebagai sarana pengujian dalam topologi WMN dan protokol routing OSPF dalam proses pengiriman data?
3. Bagaimana hasil pengujian dari parameter QoS dan waktu konvergensi terhadap topologi tersebut?

1.3 Tujuan

Tujuan umum:

Tujuan secara umum dari penelitian ini adalah untuk melihat hasil dari simulasi penggunaan data uji *voice* yang ditransmisikan dalam topologi WMN dengan protokol *routing OSPF* dan untuk mengatasi permasalahan yang telah

dipaparkan dalam Latar Belakang serta dapat mengatasi permasalahan dalam kasus Traffic Data Voice.

Tujuan khusus:

1. Menerapkan protokol *routing* OSPF pada topologi jaringan komputer khususnya *mesh network*
2. Menguji apakah *voice* sebagai sarana uji protokol OSPF dapat mensimulasikan kinerja protocol routing menjadi lebih efisien
3. Melakukan analisis terhadap berbagai permasalahan yang terjadi dalam simulasi dengan parameter uji berupa perbandingan QoS

1.4 Manfaat

1.4.1 Bagi Penyusun

- Dapat mengetahui sistematika dan kinerja dari OSPF sebagai protokol *routing* pada topologi jaringan komputer khususnya *mesh network*
- Mendapat pengetahuan umum dan diharapkan mampu menerapkan protokol *routing* OSPF pada topologi jaringan komputer sesuai dengan bidang ilmu peneliti

1.4.2 Bagi Mahasiswa

- Sebagai referensi pembelajaran bagi mahasiswa dengan ilmu yang sesuai dengan bidangnya
- Sebagai acuan untuk melaksanakan penelitian tugas akhir dengan tema yang sama

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, peneliti melakukan simulasi protokol *routing* OSPF pada topologi jaringan komputer dengan membatasi area penelitian hanya sebatas satu topologi berbentuk *mesh network* yang akan dibentuk dalam simulator. Masing-masing *router* mensimulasikan OSPF dengan konfigurasi dinamis. Segala macam konfigurasi dilakukan pada simulator OPNET dan modul *voicenya* dengan menggunakan *router* tipe *wlan_ethernet_router_adv*, *host wlan_wkstn_adv*, *server ethernet_server*, dan *switch ethernet16_switch*.

1.6 Sistematika Pembahasan

Sistematika penyusunan laporan dibentuk sebagai uraian atau gambaran dari laporan penelitian secara umum yang meliputi beberapa bab diantaranya yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Menguraikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah dari *traffic data voice* menggunakan protokol routing OSPF

BAB II LANDASAN KEPUSTAKAAN

Menguraikan studi literatur atau kajian pustaka yang terkait dengan penelitian yang sedang dilakukan.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Menguraikan gambaran dari perancangan sistem yang sedang diteliti dan kemudian membuat laporan dari implementasi.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Menguraikan hasil pengujian berdasarkan perancangan dan implementasi dari bab sebelumnya dan kemudian hasil pengujian tersebut di analisis apakah sudah tepat sasaran atau sudah sesuai dengan rumusan dan lingkup masalah.

BAB VI PENUTUP

Menguraikan kesimpulan dan saran berdasarkan metode dan hasil penelitian yang telah dilakukan dari bab-bab sebelumnya.

BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

Teori dan konsep yang menunjang dari penelitian yang dilakukan adalah penelitian sebelumnya yang dilakukan pihak lain yang dipublikasikan berupa paper atau jurnal. Konsep dan teori umum termasuk dalam Jaringan Komputer. Jaringan komputer adalah sebuah sistem yang terdiri dari dua atau lebih komputer yang saling terhubung satu sama lain melalui media transmisi atau media komunikasi sehingga dapat saling berbagi data, aplikasi maupun berbagi perangkat keras komputer.

2.1 Landasan Teori

Berikut adalah data mengenai penelitian-penelitian sejenis yang pernah dilakukan :

Tabel 2. 1 Tabel Perbandingan dengan penelitian sebelumnya

No	Judul	Penulis	Perbandingan	
			Kajian Pustaka	Skripsi Penulis
1.	Efficient Routing Protocol to Support QoS in Wireless Mesh Network	Chems-eddine Bemoussat, Fedoua Didi, Mohamed Feham	Fokus kepada teknologi mesh namun hanya mengambil qos untuk melakukan perbandingan parameter dalam hal efisiensi routing protokol dengan AODV dan Q-CBRP	Selain mengambil parameter qos, penulis juga meneliti routing overhead sebagai parameter untuk pengambilan data dengan routing protokol OSPF
2.	Layered issues in wireless mesh network	Pardeep Seelwal	Membahas topologi yang dikhususkan pada mesh dengan pembahasan mendalam per layer	Membahas topologi yang dikhususkan pada mesh dengan fokus pada topologi berbentuk mesh dan pembahasan mendalam mengenai protokol yang akan

				diimlemen pada topologi
3.	OSPF over multi-hop ad hoc wireless communication	Emmanuel Baccelli, Juan Antonio Cordero, Ohilippe Jacquer	Membahas protokol yang dikhususkan untuk diimplementasikan kepada teknologi ad hoc	Membahas protokol yang dikhususkan untuk diimplementasikan kepada tekonologi mesh
4.	Routing across wired and wireless mesh networks : Experimental Compound Internetworking with OSPF	Juan Antonnio Cordero Fuertes, Matthias Philipp, Emmanuel Baccelli	Penelitian dilakukan dengan dua obyek yaitu wired dan wireless untuk teknologi mesh dengan protokol ospf	Penelitian dilakukan dengan satu obyek yaitu wireless untuk teknologi mesh dengan protokol ospf

Dalam jaringan komputer terdapat istilah topologi, yaitu pemetaan terhadap elemen-elemen yang berfungsi sebagai media dalam melakukan proses tukar data, yaitu berupa *router*, *server*, *client*, dan *switch*. Di dalam *router* terdapat istilah protokol routing yang berfungsi untuk mengatur kinerja dari proses pengiriman data, yaitu OSPF. Konsep terkait OSPF (*Open Shortest Path First*) adalah mengenai protokol *routing* dan desain topologi jaringan komputer. *Mesh Network* juga merupakan teknologi dalam bidang penataan topoogi jaringan komputer yang berbentuk seperti jala. Jaringan Komputer atau *Network Topology* hingga saat ini memerlukan sumberdaya demi ketersediaan yang sangat tinggi dengan berbagai tipe dan level telekomunikasi. Topologi terkini yang berbentuk *mesh* atau jala, memiliki proses *routing* dalam *wireless mesh network* mengkombinasikan konsep *wireless technology* yang sudah ada, termasuk dalam teknologi *mobile*, ad hoc, dan sensor network (Waharte, 2006).

2.2 Routing Dinamis Open Shortest Path First (OSPF)

OSPF merupakan sebuah routing yang hanya bekerja pada jaringan internal suatu organisasi atau perusahaan. Maksud jaringan internal yaitu dimana Anda masih memiliki hak untuk mengatur atau memodifikasinya. Atau dengan kata lain,

Anda masih memiliki hak administrasi terhadap jaringan tersebut. Jika Anda sudah tidak memiliki hak untuk menggunakan dan mengaturnya, maka jaringan tersebut dapat dikategorikan sebagai jaringan eksternal.

OSPF merupakan routing protokol yang menggunakan konsep hirarki routing, artinya OSPF membagi-bagi jaringan menjadi beberapa tingkatan. Tingkatan-tingkatan ini diwujudkan dengan menggunakan sistem pengelompokan area. Dengan menggunakan konsep hirarki routing ini sistem penyebaran informasinya menjadi lebih teratur dan tersegmentasi, tidak menyebar ke sana ke mari dengan sembarangan.

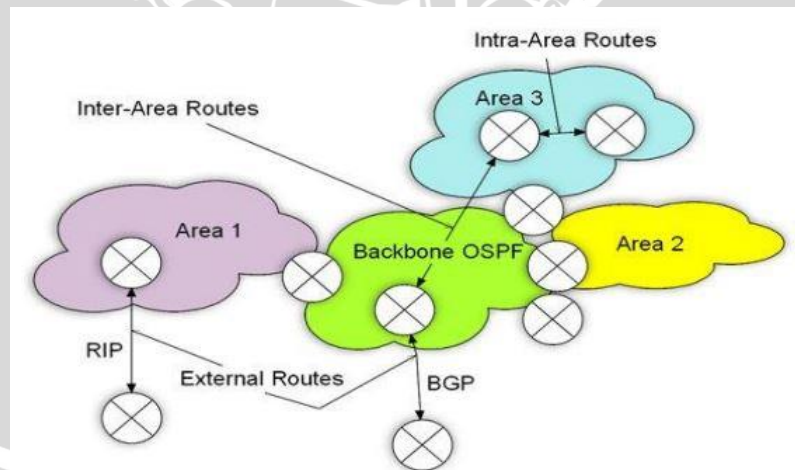
Teknologi yang digunakan oleh routing protokol ini adalah teknologi *link-state* yang memang didesain untuk bekerja dengan sangat efisien dalam proses pengiriman update informasi rute. Hal ini membuat routing protokol OSPF menjadi sangat cocok untuk terus dikembangkan menjadi network berskala besar. Pengguna OSPF biasanya adalah para administrator jaringan berskala sedang sampai besar. Jaringan dengan jumlah router lebih dari sepuluh buah, dengan banyak lokasi-lokasi remote yang perlu juga dijangkau dari pusat, dengan jumlah pengguna jaringan lebih dari lima ratus perangkat komputer, mungkin sudah layak menggunakan routing protokol ini.

Router OSPF mempunyai sebuah mekanisme untuk dapat menemukan router tetangganya dan dapat membuka hubungan. Mekanisme tersebut disebut dengan istilah "*Hello protocol*". Dalam membentuk hubungan dengan tetangganya, router OSPF akan mengirimkan sebuah paket berukuran kecil secara periodik ke dalam jaringan atau ke sebuah perangkat yang terhubung langsung dengannya. Paket kecil tersebut dinamai dengan istilah Hello packet. Pada kondisi normal, Hello packet dikirimkan berkala setiap *10 detik sekali (dalam media broadcast multiaccess)* dan *30 detik sekali (dalam media Point-to-Point)*. Hello packet berisikan informasi dasar yang ada pada router pengirim seperti informasi tabel routing yang berisi alamat network tujuan, *interface* dengan router terdekat, dan *metric* yang berisi nilai yang menunjukkan jarak ke tujuan. Hello packet pada umumnya dikirim dengan menggunakan multicast address untuk menuju ke

semua router yang menjalankan OSPF (IP multicast 224.0.0.5). Semua router yang menjalankan OSPF pasti akan mendengarkan protocol hello ini dan juga akan mengirimkan hello packet-nya secara berkala.

2.2.1 Topologi Open Shortest Path First (OSPF)

Topologi OSPF memiliki 4 type dari router yang digunakan yaitu *Internal Routers (IR)*, *Backbone Router (BR)*, *Area Border Router (ABR)*, dan *Autonomous System Border Router (ASBR)*. *Internal Router* memiliki karakteristik bahwa *router* di dalam topologi dimiliki oleh OSPF area dan digunakan secara bersama-sama untuk memelihara database tunggal yang digunakan untuk menemukan jarak terdekat dari jalur untuk area lainnya. *Backbone Router* adalah router yang memiliki koneksi ke *backbone area*. *Area Border Router* memiliki spesifikasi *interface router* yang terhubung ke lebih dari satu area dengan *backbone area*. ABR bertugas untuk meringkas informasi *routing* dari tiap area yang terhubung dan meneruskan informasi tersebut ke *backbone area* untuk proses distribusi lebih lanjut. *Autonomous System Border Router* memiliki *router* yang berfungsi untuk mendistribusikan ulang informasi *routing* antara OSPF area dengan non-OSPF *running areas*. Topologi yang terbentuk seperti pada **Gambar 2.1** berikut:



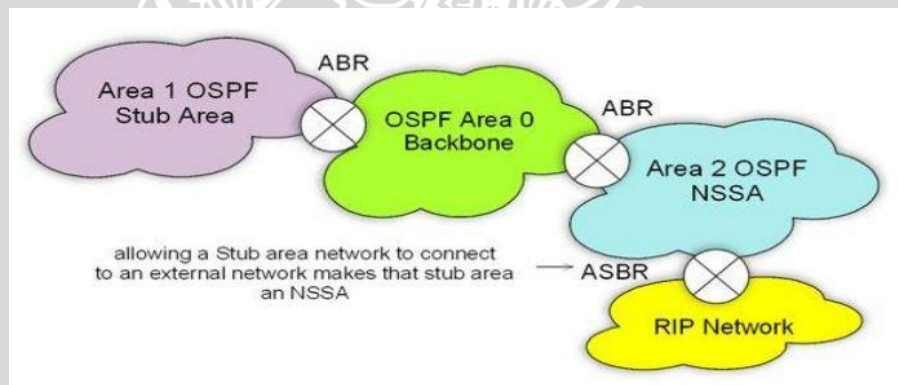
Sumber: P. R. Gundalwar, Dr. V. N. Chanvan (2013)

Gambar 2. 1 Tipe Routing dalam OSPF

Gambar 2.1 menjelaskan bahwa area dalam OSPF diidentifikasi sejumlah 32-bit angka. OSPF menggunakan dua kategori dalam area, yaitu *backbone area*

dan *regular area*. Area backbone didefinisikan dengan nomor 0.0.0.0 yang memiliki fungsi sebagai basis untuk area OSPF yang lain. Area ini terinterkoneksi ke area yang lain untuk kecepatan pengiriman data dan efisiensi transmisi dari paket IP untuk menemukan jalur terpendek. Sedangkan area Reguler mengatur struktur yang berbeda di area yang terpotong (*Stub Area*), area yang terpotong sepenuhnya (*Totally Stub Area*), dan bukan area yang terpotong (*Not So-Stubby Area / NSSA*). Area yang terpotong menyediakan jalan keluar satu gerbang untuk dapat keluar dari pembentukan jaringan. Router yang berada dalam area terpotong (*Stub Area*) dapat menjangkau ke jaringan luar dengan menggunakan jalur tetap yang diinjeksi oleh ABR. Di lain sisi, *Totally Stub Area* hanya memperbolehkan *routing intra-area* dan *default routes* digunakan untuk mengirimkan *traffic* ke luar area. Sedangkan ASBR mengubah *stub area* menjadi NSSA dengan cara menghubungkan jaringan di luar yang sedang berjalan dengan protocol *routing* yang lain seperti yang ditunjukkan dalam tipe area OSPF pada

Gambar 2.2.



Sumber: P. R. Gundalwar, Dr. V. N. Chanvan (2013)

Gambar 2. 2 Tipe Area dalam OSPF

2.3 Parameter Data Penelitian

Proses penulisan penelitian memiliki beberapa data yakni perhitungan, dan data atau parameter dari masing-masing elemen tersebut yang memiliki penjelasan khusus seperti yang dipaparkan dalam sub berikut.

2.3.1 QUALITY OF SERVICE

QoS adalah parameter yang akan diukur dari penelitian ini. Parameter uji berupa *delay*, *jitter* dan *packet loss*. QoS adalah ukuran dari suatu layanan yang

dianggap memuaskan oleh pengguna dan diukur dari bagaimana layanan tersebut dapat menyampaikan informasi dengan baik dan akurat dalam satuan waktu tertentu. Berikut adalah jenis dari parameter QoS :

- THROUGHPUT

Throughput adalah kecepatan atau *rate* dari data transfer yang diukur dalam *bit per second* (bps) yang sampai secara akurat atau efektif ke tujuan. Rumus dari *throughput* yaitu :

$$\text{Throughput} = \frac{P_{received}}{T_{total}} \dots\dots\dots \text{(Rumus 1)}$$

Dengan kata lain, (Yekti, 2012) mendefinisikan bahwa *throughput* dapat dihitung dari jumlah data yang sampai ke *node* tujuan dibagi dengan total data yang dikirim dari *source* atau sumber.

- JITTER

Jitter adalah variasi dari paket yang datang yang disebabkan oleh panjang antrian atau *queue*, dan pengaruh dari waktu respon dalam penyusunan ulang paket hingga sampai di *node* tujuan. Jitter memiliki keterkaitan terhadap *latency* yang menunjukkan seberapa banyak *delay* pada saat transmisi data di dalam jaringan. Penyebab *jitter* juga dapat dipengaruhi oleh *delay* yang terjadi pada switch dan *router*.

- PACKET LOSS

Packet loss adalah perhitungan dari berapa paket data yang hilang selama proses pengiriman data. Hal tersebut dapat terjadi karena *collision* atau peristiwa tabrakan antar data dan *congestion* atau antrian dalam pengiriman data pada jaringan. Jika terjadi *packet loss* maka jaringan akan melakukan pengiriman ulang data dan dapat berpengaruh pada tingkat efisiensi pengiriman paket data. *Packet loss* dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Rasio Packet Loss} = \frac{\text{Paket dikirim} - \text{Paket diterima}}{\text{Paket dikirim}} * 100 \% \dots\dots\dots \text{(Rumus 2)}$$



Dengan kata lain, hasil rasio dari *packet loss* adalah selisih antara jumlah paket yang dikirim dan diterima ke tujuan, dibagi dengan jumlah paket diterima, lalu diprosentasekan dalam satuan persen (Widi, 2014).

- DELAY

Delay adalah gangguan dalam proses transmisi yaitu berupa terlambatnya paket tersebut datang ke tujuan. Delay juga dapat diartikan bahwa dalam sebuah jaringan, paket yang dikirim memerlukan waktu yang lebih lama untuk mencapai tujuan karena adanya antrian yang panjang (Yekti, 2012). Delay memiliki dampak yang cukup penting bagi *client*, dimana nilainya bergantung kepada jenis layanan. *Delay* dapat mempengaruhi parameter QoS yang lain seperti *throughput* dan *jitter*.

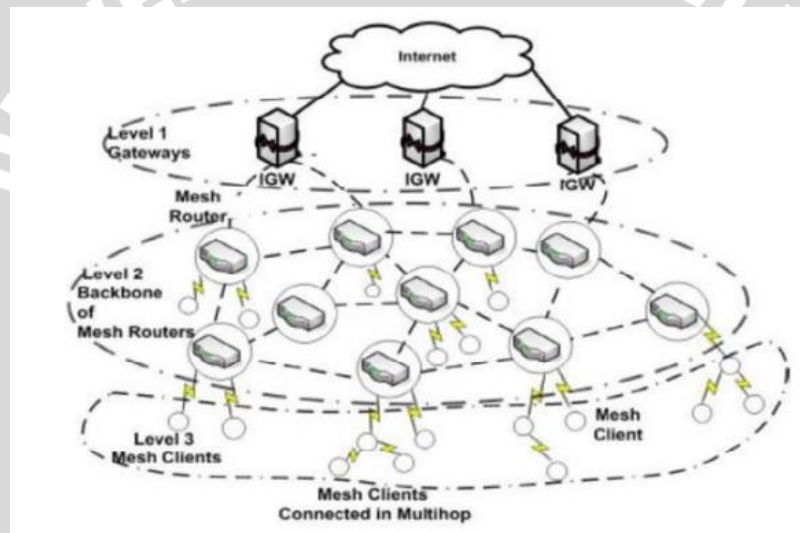
- WAKTU KONVERGENSI

Waktu konvergensi adalah waktu yang dibutuhkan jaringan untuk menyesuaikan tabel *routing* jika terjadi permasalahan berupa *down* pada satu atau beberapa router yang menimbulkan perubahan informasi routing. Konvergensi juga merupakan sebuah keadaan beberapa router yang memiliki informasi topologi yang sama mengenai *internetwork* dimana mereka beroperasi, konvergensi adalah proses penting dalam keadaan routing dinamis agar pemahaman antar router dapat disamakan sehingga tidak menimbulkan kerancuan dalam topologi.

2.4 Wireless Mesh Network (WMN)

Wireless Mesh Network atau WMN adalah jenis dari topologi jaringan yang memiliki node yang saling tergabung dan tidak hanya menerima atau mengirim data dari sumbernya, tapi juga berfungsi sebagai relay atau media *transmitter* untuk node lain dalam proses pengiriman data. Topologi yang digunakan dalam jaringan ini adalah topologi mesh (Atlantic, 2014). Kedudukan dari setiap node adalah setara, tidak ada node utama/pusat dan tidak ada yang bertindak sebagai pelayan dari atasannya sehingga setiap node bertindak sebagai sumber atau *source* dan *sink* dari lalu lintas jaringan (Methley, 2009).

Komponen penyusun dari Wireless Mesh Network terdiri dari dua tipe node yaitu mesh router dan mesh client. Mesh router merupakan perangkat jaringan yang tidak hanya berfungsi sebagai gateway/bridge seperti pada wireless router, namun juga memiliki fungsi routing tambahan untuk mendukung jaringan mesh. Perangkat yang mendukung sebagai mesh router dapat berupa wireless router, embedded system, laptop, dan dekstop PC. Sedangkan mesh client merupakan perangkat pengguna yang juga dapat difungsikan sebagai router, namun dengan spesifikasi yang lebih sederhana dibanding mesh router. Perangkat yang mendukung sebagai mesh client dapat berupa laptop, dekstop PC, smartphone, RFID reader, dll (Akyildiz & Xudong, 2005).



Sumber: 3 level tingkatan dalam *mesh networks* (Bemoussat, 2012)

Gambar 2. 3 Level tingkatan dalam Wireless Mesh Network meliputi Gateway hingga end-user

Dalam penelitian (Bemoussat, 2012) pada **gambar 2.3** menyatakan bahwa terdapat 3 level dalam *mesh network*, yakni level 1 berisi tentang perbedaan antar *gateway* dalam WMN yang mengalirkan data keluar lingkungan sistem. Level 2 berisi tentang *mesh node* yaitu *wireless AP* yang biasa menangani Level 3. Level 3 berisi penuh akan *user device* yang meminta layanan ke level 2 dan diteruskan ke level 1.

2.5 OPNET Network Simulator

Simulator OPNET kini telah diakuisisi dan dikenal dengan nama baru yaitu RIVERBED, dalam proses pengembangan untuk *network engineer*, OPNET dapat digunakan untuk membuat simulasi dari berbagai macam topologi.

Dengan adanya OPNET network simulator, diharapkan dapat mensimulasikan jalannya alur efisiensi routing di dalam topologi mesh. Simulator yang digunakan support pelaksanaan implementasi protokol OSPF. Nantinya OPNET sebagai simulator tersebut akan menampilkan topologi *mesh* beserta protokol *routing* OSPF yang berjalan di dalamnya yang disetting dengan permasalahan seputar jaringan yaitu QoS, dan routing overhead beserta waktu konvergensi.

Penelitian ini difokuskan untuk membuat sebuah simulator yang berjalan dengan mengimplementasikan protokol OSPF di dalam topologi *mesh network*, dalam proses pengukuran dan analisis efisiensi routing. Di dalam simulator, dikatakan routing telah mencapai hasil yang efisien adalah apabila dalam simulator tersebut proses pengiriman paket data tidak melebihi batas-batas nilai dari parameter yang ditentukan yaitu QoS, *routing overhead*, dan waktu konvergensi.

Dengan menggunakan OPNET, peneliti membuat topologi yang dimaksud. Topologi yang dibuat adalah *Wireless Mesh Network* dimana elemen dalam topologi tersebut adalah *wireless router* dan *wireless client*. Kedua entitas tersebut akan dijadikan perbandingan juga dalam skenario yakni perbandingan jumlah *router* dan *client*. Entitas lain dalam topologi adalah *switch* dan *server*. Kedua entitas ini hanya bersifat menerima transmisi data dari keseluruhan *router* dan *client*, kedua entitas tersebut tidak dibandingkan. Semua entitas dipetakan sehingga membentuk arsitektur *wireless mesh network* secara keseluruhan. Topologi yang sudah jadi akan dibagi menjadi 3 dalam hal jumlah router dan client, yakni :

- 8 router dengan 16 client
- 16 router dengan 24 client
- 32 router dengan 40 client.

Masing-masing dari ketiga topologi tersebut memiliki 2 skema pengujian, yakni

- 8 router dengan 16 client untuk kualitas uji GSM
- 8 router dengan 16 client untuk kualitas uji PCM
- 16 router dengan 24 client untuk kualitas uji GSM
- 16 router dengan 24 client untuk kualitas uji PCM
- 32 router dengan 40 client untuk kualitas uji GSM
- 32 router dengan 40 client untuk kualitas uji PCM

2.6 Voice

Voice adalah parameter uji yang rentan untuk loss. Selain itu voice juga parameter yang cocok digunakan untuk pengiriman antar router secara wireless karena sangat rentan untuk terkena delay dan loss ketika melewati proses transmisi antar wireless router. Selain hal tersebut, performa voice dalam teknologi wireless juga sangat dipengaruhi oleh jarak dan tipe dari link. Karena menggunakan wireless, maka link yang digunakan tentu adalah udara, maka dari itu untuk teknologi wireless mesh network adalah jarak yang dapat membuat konerja dan hasil dari performa *voice* memiliki perbedaan dan dapat digunakan untuk parameter uji. Jarak yang dimaksud adalah jarak antar router. Jarak antara satu router dengan router yang lainnya yang memiliki kerapatan berbeda-beda juga mempengaruhi kecepatan transmisi dari *voice*.

Proses dalam scenario menggunakan dua kualitas data dari *voice* yaitu GSM dan PCM. GSM adalah tipe data dengan kualitas *high* dan PCM adalah tipe data dengan kualitas *low*. GSM dan PCM dijadikan sarana uji karena GSM memiliki kapasitas yang lebih besar karena menggunakan teknologi digital. Spesifikasi teknologinya adalah terdapat satu ukuran frekuensi dimana dalam frekuensi tersebut terdapat beberapa kanal, kanal tersebut digunakan sebagai jalur untuk transmisi data. Keunggulannya adalah karena kanal tersebut dapat digunakan banyak pengguna, dan tidak khusus terhadap pengguna saja, sehingga saat pengguna tidak mengirim informasi, kanal dapat digunakan oleh pengguna lain. kelebihan lainnya adalah teknologi digital dapat mengirimkan servis lainnya seperti

gambar dan video, kemanan yang baik, kualitas suara yang jernih, dan bersifat *mobile*.

Sedangkan penggunaan PCM adalah sebagai pembanding dari GSM karena kebalikan dari GSM, PCM melakukan proses konversi sinyal dan bekerja dalam lingkungan analog. Selain hal tersebut, PCM dijadikan sebagai pembanding yang lebih rendah kualitasnya daripada GSM karena PCM memiliki kanal (PCM30) yang lebih pendek dan lebih kecil jangkauannya, Karena dua sifat yang berbeda inilah alasan menjadikan GSM dan PCM sebagai dua pembanding dalam proses pengujian. Dalam teknologi *wireless*, hasil dari analisis dapat berubah secara signifikan karena pengaruh dari tipe data dan media transmisi, secara umum selama jarak masih dapat ditoleransi dalam batas maksimal teknologi *router wireless*, maka hasil masih dapat dikatakan baik atau *efisien* dalam proses transmisi(Dilekci,2013).

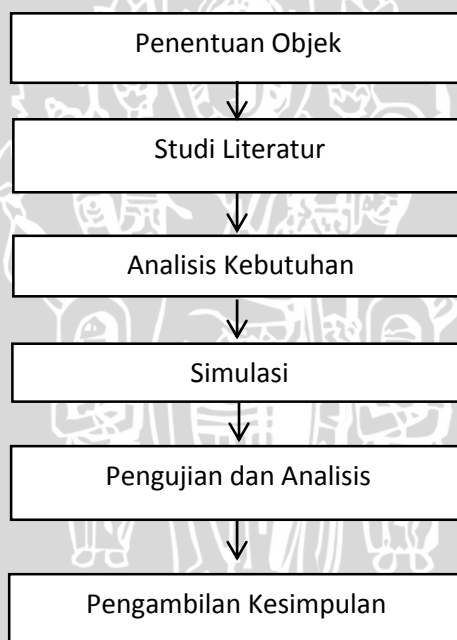
2.7 Codec

Codec merupakan istilah dari *code / decode* yang memiliki fungsi untuk mengompres dan mengekstrak file berupa media seperti audio atau video. *Codec* mengubah data ke dalam bentuk lain untuk disimpan dan ditransmisikan dan mengubahnya kembali agar dapat digunakan. Dalam penelitian ini, *codec* adalah cara untuk mengompres file berupa *voice* ke dalam ukuran yang dapat diatur sehingga dapat mempermudah proses transmisi data pada suatu topologi dalam jaringan.

Penelitian ini menggunakan *codec* G.711 yang merupakan standard dari ITU (*International Telecommunication Union*) untuk *audio companding*, dimana dalam proses tersebut *codec* akan mengurangi efek merugikan dari saluran suara dengan rentang yang terbatas. Hal tersebut dilakukan agar mendapatkan hasil yang lebih jernih setelah proses transmisi selesai. G.711 digunakan karena secara formal merupakan *default application* dari PCM. Dalam frekuensi *voice*. G.711 adalah *codecyang* cocok untuk skema perbandingan transmisi data dalam penelitian untuk perbandingan GSM dan PCM. G.711 adalah *codec* yang menghasilkan suara dalam kualitas 64 kbits/sec dan melewati sinyal *audio* di kisaran 300 – 3.400 Hz.

BAB 3 METODOLOGI

Metodologi penelitian merupakan pembahasan metodologi yang akan digunakan untuk analisis dan simulasi menggunakan protokol routing OSPF. Metodologi penelitian dalam penelitian ini meliputi penentuan objek, studi literatur, analisis kebutuhan, analisis dan perancangan sisten, implementasi, pengujian dan analisis, penentuan objek, dan yang terakhir adalah pengambilan kesimpulan. Penelitian ini bertipe analitik, dengan kata lain menganalisis dan melihat adanya sebuah topologi jaringan yang menggunakan protokol routing OSPF tersebut dapat melakukan efisiensi routing. Pada **Gambar 3.1** diagram alir penelitian dimulai dari menentukan obyek, mencari referensi, analisa kebutuhan, melakukan simulasi, lalu menguji dan menarik kesimpulan.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Metode Penelitian

3.1 Penentuan Objek

Objek yang dijadikan sebagai bahan penelitian adalah simulasi dari topologi jaringan yang memiliki elemen didalamnya seperti *router*, *server*, dan *client*. Semua elemen tersebut akan diatur oleh protokol *routing* OSPF yang bertindak sebagai protokol routing dalam rangka mencapai efisiensi dalam proses kirim dan terima paket data antar router dalam topologi tersebut. Pada tahap ini juga

dilakukan pengumpulan materi dan pembelajaran mengenai prinsip kerja *routing* dinamis dan protokol *routing* OSPF.

3.2 Studi Literatur

Studi Literatur yang digunakan sebagai bahan penunjang pemahaman penulisan serta pengerjaan penelitian didapatkan dari jurnal penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya dimana jurnal penelitian tersebut memiliki keterkaitan dengan analisis dan simulasi algoritma *routing* OSPF dalam Jaringan *wireless mesh network* sebagai referensi dalam penelitian ini.

3.3 Analisis Kebutuhan

Proses yang terjadi adalah analisis terhadap kebutuhan *software* dan *hardware* yang dibutuhkan serta perancangan sistem yang akan dibangun berdasarkan literatur yang ada. Analisis kebutuhan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui jenis kebutuhan apa saja yang dibutuhkan terkait dengan pengujian *traffic data voice* menggunakan protokol *routing* OSPF.

3.3.1 Kebutuhan Fungsional

Berikut adalah spesifikasi kebutuhan fungsional untuk penelitian :

- a) Simulasi topologi jaringan beserta elemen yang terdapat didalamnya berupa *router*, *server*, dan *client*.
- b) Protokol *routing* OSPF yang digunakan untuk memberikan aturan *routing* dalam jaringan *mesh*.

3.3.2 Kebutuhan Non Fungsional

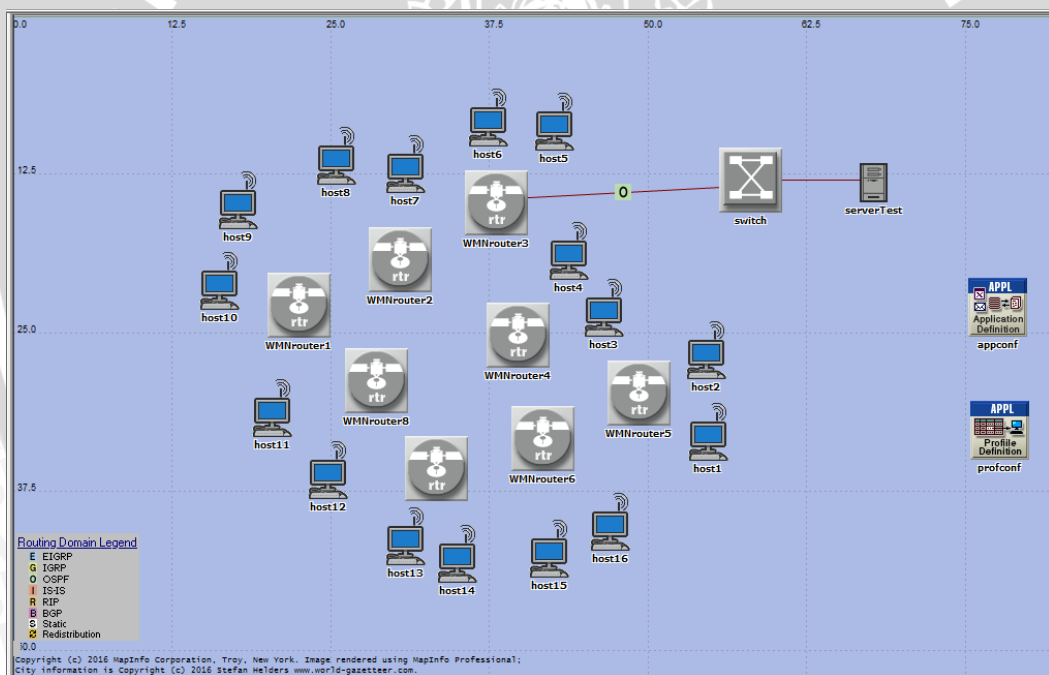
Berikut adalah spesifikasi kebutuhan non fungsional untuk penelitian :

- a) Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Keras (Hardware)
 - PC sebagai hardware yang dapat menjalankan simulator untuk membuat topologi *mesh* yang diimplemen protokol *routing* OSPF dan sebagai hardware dalam topologi
- b) Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Lunak (Software)
 - Windows 8.1 sebagai sistem operasi komputer
 - OPNET sebagai simulator dalam proses *routing* OSPF

- Modul dalam simulator untuk melihat aliran data dalam topologi agar *traffic data voice* nya

3.4 Simulasi

Sistem dibangun dengan menggunakan simulator. Simulator yang digunakan dapat berupa software OPNET. Simulator mensimulasikan kinerja topologi jaringan yang memiliki beberapa buah *router* yang terhubung satu sama lain dan menjadi elemen aktif dalam topologi tersebut. *Router* tersebut telah diimplementasikan protokol *routing* OSPF yang mengatur pengiriman paket data sehingga dengan adanya protokol atau pengaturan dari protokol tersebut, *bandwith* yang dialokasikan pada topologi tersebut dapat dimanfaatkan secara lebih efisien. Pengaturan tersebut dilakukan dengan cara mencari jarak terdekat dari *router* pengirim ke *router* selanjutnya sebagai penerima.



Sumber : Perancangan (2016)

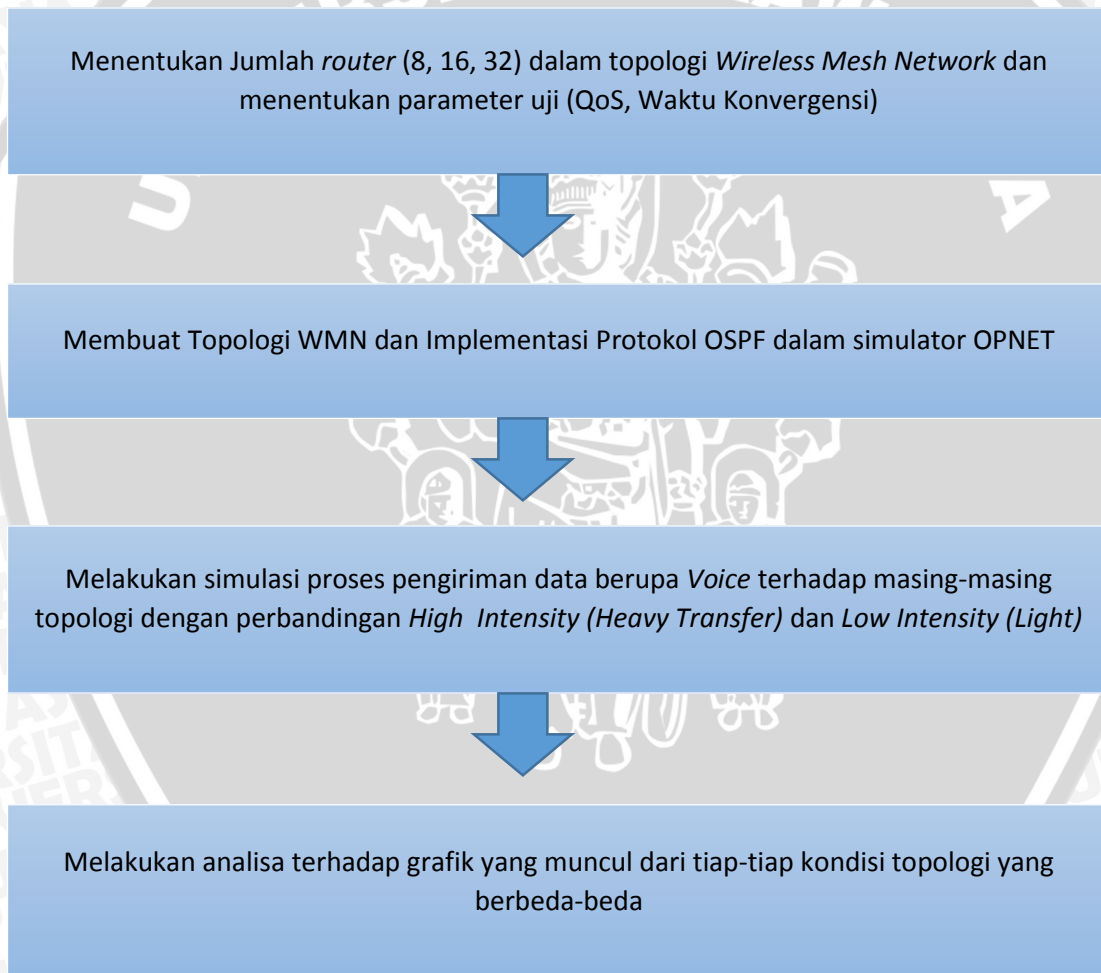
Gambar 3. 2 Topologi Wireless Mesh Network dengan perencanaan Optimasi Protokol routing OSPF

Dalam proses perancangan yang dipaparkan oleh **gambar 3.2** tersebut, terdapat 8 router *wireless mesh* didalam satu *backbone mesh*. Satu *router* memiliki 2 buah *client* yang tersambung untuk proses pengiriman data. Tiap-tiap router

mesh memiliki protokol routing yang dapat mengatur tiap proses pengiriman packet sehingga tiap *node* memiliki logika sendiri selama proses berlangsung menggunakan protokol routing OSPF.

3.4.1 Skenario dan Langkah Simulasi penerapan Protokol *Routing* OSPF

Skenario dilakukan untuk mendapatkan data dari pengujian terhadap topologi *wireless mesh network* (wmn) dimana tiap-tiap nodenya diimplemen protokol routing OSPF. Dalam proses routing memiliki alur atau skenario dalam langkah simulasi untuk pengiriman data, alur tersebut dipaparkan seperti berikut :



Sumber : Perancangan (2016)

Gambar 3. 3 Alur atau skenario pengerjaan analisis protokol routing OSPF terhadap Wireless Mesh Network

3.4.2 Lingkungan Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian mengenai simulasi *routing* protokol OSPF dalam topologi *wireless mesh network* mencakup perangkat *router wireless*, *host* atau *client*, *server* sebagai penerima aliran data, dan *switch* yang menghubungkan *router wireless* ke *server*. Adapun dalam lingkup pengembangan di dalam simulasi dibatasi oleh perangkat lunak dari OPNET sebagai simulator topologi untuk penerapan protokol *routing*. Ketersediaan jenis *node / client*, *router*, beserta tiap-tiap opsi dari penelitian mengikuti format yang ditetapkan oleh simulator.

3.5 Pengujian dan Analisis

Tahapan pengujian dan analisis dilakukan dari hasil simulasi dalam simulator mulai dari pemetaan elemen hingga pengujian menggunakan *traffic load* untuk menentukan hasil optimal dari sistem yang sudah dibuat. Uji coba dilakukan dengan cara *me-running* hasil pemetaan dalam simulator, apabila dalam proses pengiriman data dengan gangguan beberapa parameter dalam jaringan tersebut segala aktifitas *routing* masih berjalan lancar sehingga membuat aliran paket data lebih efisien dan merata maka pengujian dinyatakan sukses. Namun apabila dalam simulator yang sudah dipetakan tiap elemen tersebut masih ada aliran data yang terhenti karena efek dari parameter tersebut sehingga menyebabkan *routing* yang tidak merata maka hasil tersebut masih belum dapat dikatakan efisien.

Parameter yang dijadikan tolak ukur dalam proses pengujian adalah QoS, routing overhead dan waktu konvergensi dimana paket yang diuji adalah paket yang diatur oleh protokol OSPF.

3.6 Pengambilan Kesimpulan

Kesimpulan akan didapatkan setelah proses uji coba dilakukan. Proses tersebut meliputi tahapan perancangan, implementasi dan uji coba sistem. Kesimpulan yang dapat ditarik secara sementara adalah :

1. OSPF berjalan dengan cara mengantarkan paket data ke *router* yang memiliki jarak jalur terdekat dengan pengirim apabila traffic dalam jaringan tersebut tidak terlalu padat.

2. Aliran data yang lancar disebabkan karena jaringan yang efisien. *Routing* adalah proses pemilihan jalur, sehingga dikatakan efisien apabila tidak terlalu memilih jalur yang jauh walaupun terjadi beberapa permasalahan dalam jaringan di simulator



BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

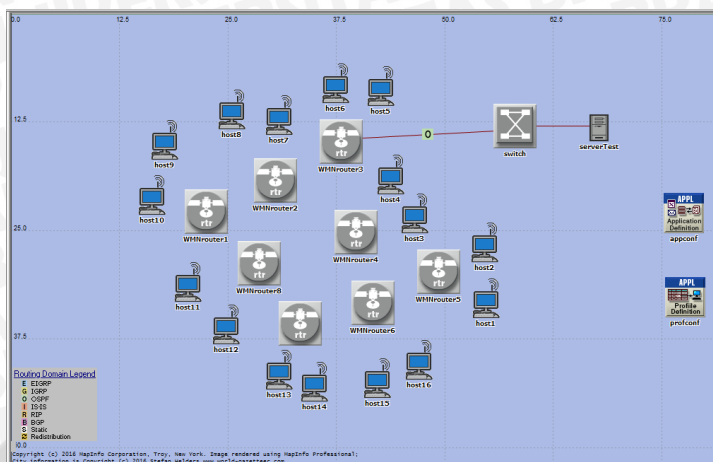
Hasil dan pembahasan berisi tentang proses simulasi dalam OPNET yang dilakukan untuk mengetahui hasil akhir berupa efisiensi *routing*. Pada bab ini juga terdapat hasil pengujian dan kinerja protokol *routing* OSPF dalam topologi *Wireless Mesh Network* dengan parameter untuk dianalisa berupa *delay*, *jitter*, waktu konvergensi, *throughput*, dan *packet loss*. Dari hasil pengujian tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa parameter uji tersebut sangat mempengaruhi kinerja dari keseluruhan elemen dalam topologi.

4.1 Skenario Percobaan

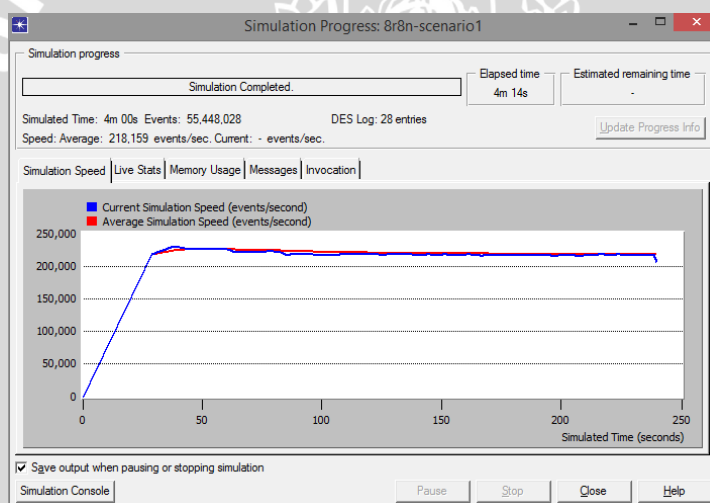
Proses simulasi memiliki beberapa tahap, yaitu pembuatan topologi WMN terlebih dahulu, implementasi protokol *routing* OSPF, dan melakukan simulasi kasus pengiriman data berupa *voice* dengan dua keadaan untuk dibandingkan dalam satu topologi yang sama. Keadaan yang dimaksud yakni *voice* yang memiliki *load* tinggi (*Heavy / GSM Quality*) dan *voice* yang memiliki *load* yang rendah (*Light / PCM Quality*). Semua skenario *voice* diterapkan dalam ketiga keadaan topologi, yakni 8 *router*, 16 *router*, dan 32 *router*. Ketiga kondisi topologi tersebut masing-masing melaksanakan skenario uji *voice heavy* dan juga *light*. Skenario *voice* untuk pengujian juga memiliki setting *codec* yang sama yakni G.711 (*normal and silence*). Hasil yang diambil untuk dianalisa yakni berupa grafik *average* atau rata-rata dari tiap-tiap QoS dan waktu konvergensi. Perbandingan dianalisa dari perbedaan *load heavy* dan *light* untuk tiap-tiap jumlah *router* dan juga hasil dari QoS yang berbeda-beda dari tiap *router*.

Skenario dijelaskan tiap-tiap point dan dibagi menjadi 3 point utama yakni 8, 16 dan 32 dengan masing-masing point dibagi lagi menjadi dua sub point yaitu GSM dan PCM. Tiap skenario akan menampilkan grafik hasil rata-rata sehingga dapat langsung dilakukan analisa. Skenario yang dimaksud merupakan pengujian dari penelitian dengan menggunakan tipe data berupa *voice* yang memiliki dua kualitas suara yaitu GSM dan PCM.

• Skenario 8 router 16 client kualitas GSM (High)



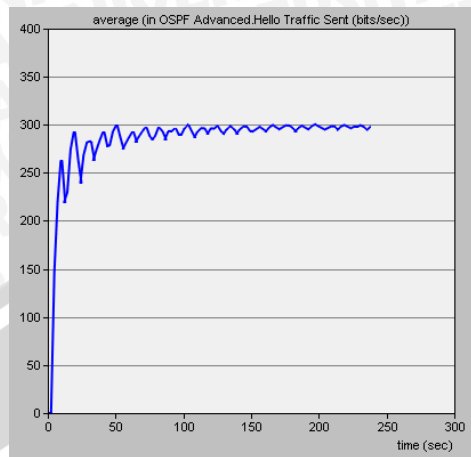
Gambar 4. 1 Bentuk topologi dari Wireless Mesh Network yang memiliki 8 router dan 16 client / host yang saling terhubung, switch, dan server dari voice. Topologi tersebut sudah disiapkan untuk scenario voice Heavy load (GSM quality)



Gambar 4. 2 Runtime Simulator yang diset berjalan 4 menit dan menampilkan grafik pengerjaan dari proses simulasi tersebut dengan satuan (event/second) dari topologi 8 GSM yang diuji

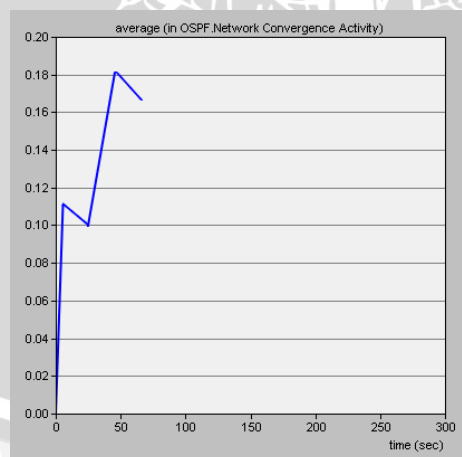
Pada **Gambar 4.2**, selama proses run berlangsung, tidak terjadi kesalahan atau *error messages*. Sehingga hasil dari proses simulasi dapat langsung digunakan untuk dianalisa. Hasil dari simulasi tersebut yang dijadikan parameter uji yakni grafik *average* dari *delay*, *jitter*, *routing convergence*, *packet loss*, dan *throughput*. Sehingga, dapat terlihat efisiensi dari penerapan protokol *routing* adalah ketika penyimpulan data analisa dari semua parameter uji tersebut. Berikut adalah grafik

hasil dari pengujian topologi WMN dengan 8 *router* dan 16 *client* selama 4 menit *runtime* dengan scenario *Voice High Load (heavy)* :



Gambar 4. 3 Grafik average time dari OSPF Hello Traffic Sent (bits/sec)

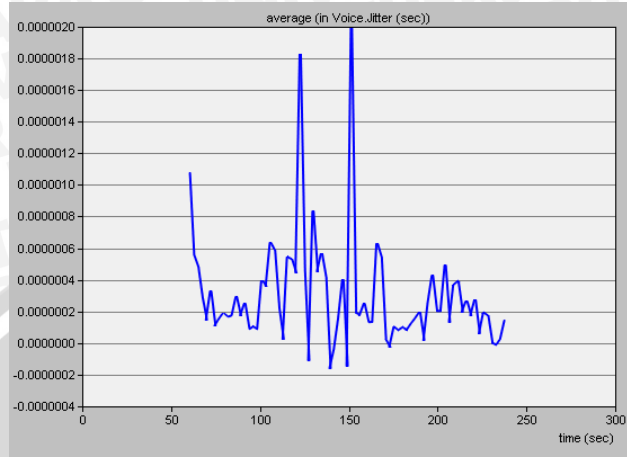
Grafik pada **Gambar 4.3** tersebut menandakan aktivitas pengiriman *hello packet* berjalan stabil setelah detik ke 50 waktu *runtime*. *Hello Traffic* sendiri merupakan scenario dari protokol routing OSPF untuk mengetahui apakah *router* tetangga dari dirinya masih hidup dan mampu bekerjasama untuk mengirimkan paket. Caranya adalah dengan mengirimkan paket kecil berupa *hello messages* yang nantiya akan dibalas oleh *router* tetangga yang mendakan apakah dia masih hidup atau sudah *down*.



Gambar 4. 4 Grafik average time dari OSPF Network Convergence

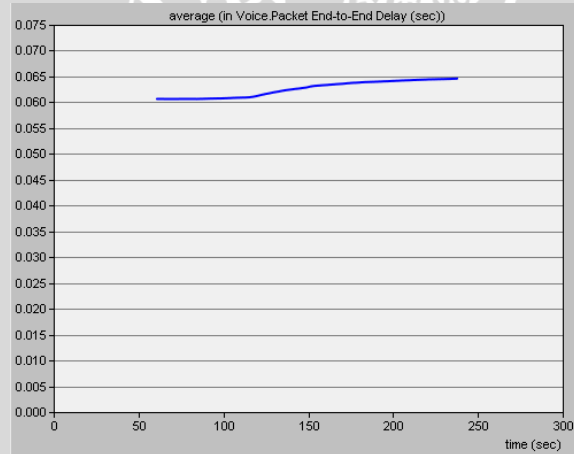
Grafik pada **Gambar 4.4** tersebut menandakan aktivitas dari waktu konvergensi dalam topologi tersebut juga berjalan meningkat dan berhenti di detik ke 100 dari pengujian yang berlangsung selama 4 menit. Konvergensi dalam

simulasi ini adalah ketika *router down* dan network secara keseluruhan memerlukan waktu untuk mengatur ulang jalur pengiriman data sehingga tidak melewati *router* yang mati tersebut.



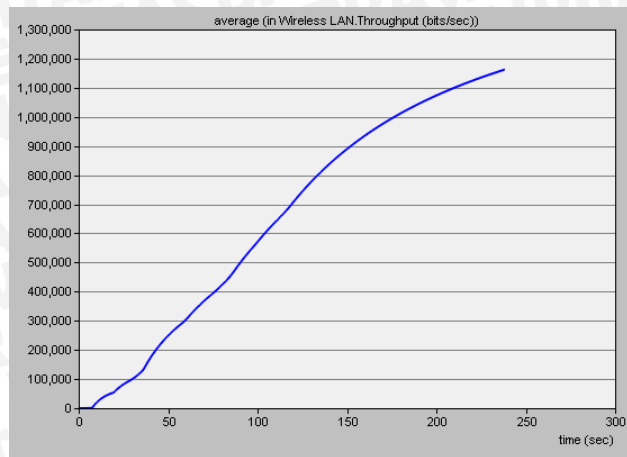
Gambar 4. 5 Grafik average time dari parameter uji Jitter dalam voice

Fluktuasi jitter pada **Gambar 4.5** dalam grafik tersebut menandakan bahwa terdapat variasi delay dalam topologi *Wireless Mesh Network*, sehingga besar atau kecilnya gangguan ini dalam topologi akan sangat berpengaruh terhadap proses pengiriman data.



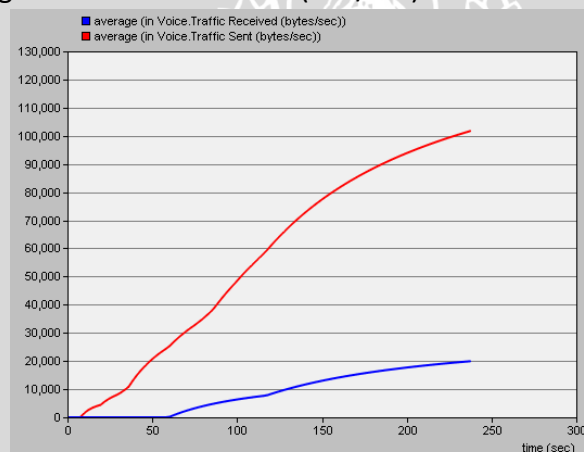
Gambar 4. 6 Grafik average time dari parameter uji end-to-end delay

Pada **Gambar 4.6** Grafik tersebut menyatakan terjadi penundaan pada waktu pengiriman dari sumber (*source*) ke tujuan (*destination*) setelah 50 detik waktu *runtime*.



Gambar 4. 7 Grafik average time dari parameter uji Throughput dalam WMN

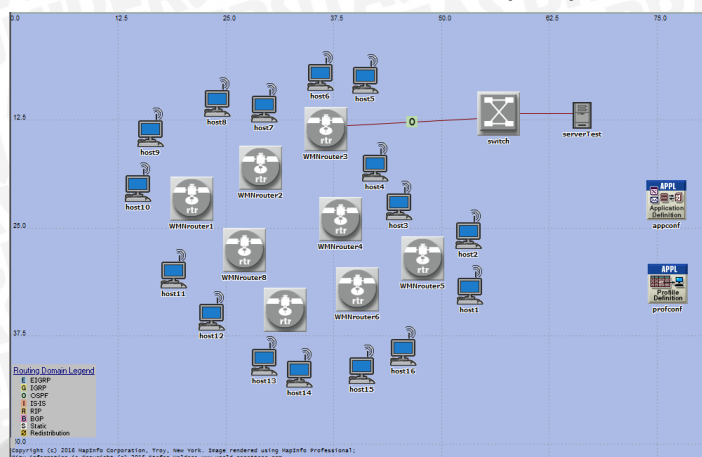
Grafik pada **Gambar 4.7** tersebut menyatakan bahwa terjadi peningkatan transmisi data secara konstan sejak awal waktu *runtime* dan terus-menerus meningkat hingga detik ke 250 pengujian. *Throughput* dalam kasus ini merupakan data *voice* yang dikirim dalam satuan (bits/sec).



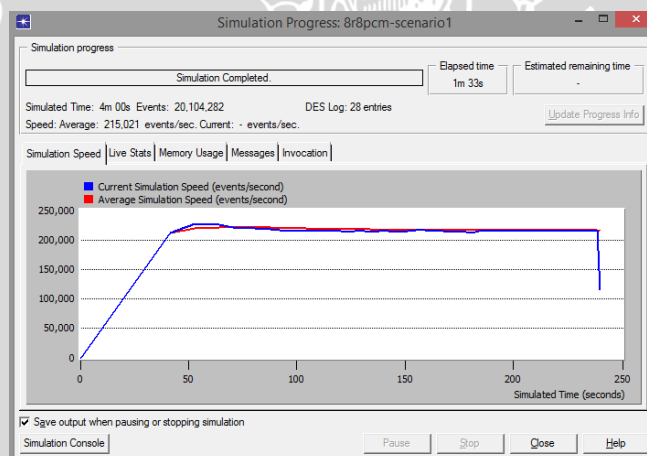
Gambar 4. 8 Grafik average time dari parameter uji Packet Loss

Grafik pada **Gambar 4.8** *Packet Loss* tersebut menyatakan bahwa di dalam topologi terjadi fenomena data yang hilang karena *router wireless* menyebarkan paket data secara acak dalam protokol routing, sehingga banyak data yang hilang hingga detik ke 250 runtime terjadi 90.000 *bytes packet loss*. Hal ini merupakan fenomena yang normal terjadi mengingat paket dikirimkan secara nirkabel dan terdapat banyak *router* dan banyak *host* dalam topologi tersebut.

• Skenario 8 router 16 client kualitas PCM (Low)



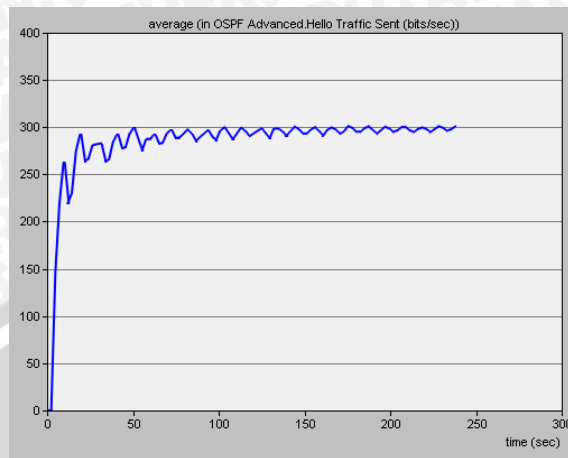
Gambar 4. 9 Bentuk topologi dari Wireless Mesh Network yang memiliki 8 router dan 16 client / host yang saling terhubung, switch, dan server dari voice. Topologi tersebut sudah disiapkan untuk skenario voice Light load (PCM quality)



Gambar 4. 10 Runtime Simulator yang diset berjalan 4 menit dan menampilkan grafik pengerjaan dari proses simulasi tersebut dengan satuan (event/second) dari topologi 8 PCM yang diuji

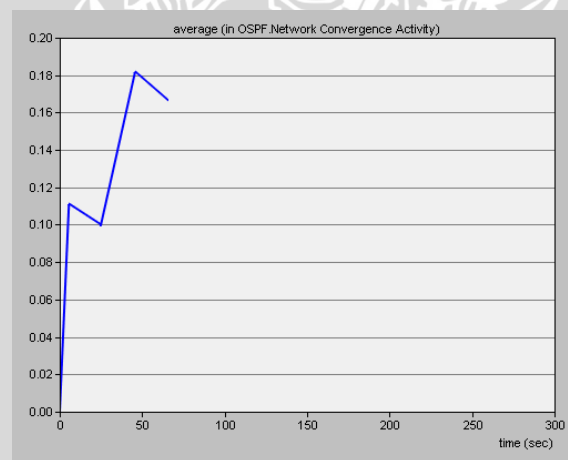
Selama proses run berlangsung pada Gambar 4.10, tidak terjadi kesalahan atau error messages. Sehingga hasil dari proses simulasi dapat langsung digunakan untuk dianalisa. Hasil dari simulasi tersebut yang dijadikan parameter uji yakni grafik average dari delay, jitter, routing convergence, packet loss, dan throughput. Sehingga, dapat terlihat efisiensi dari penerapan protokol routing adalah ketika penyimpulan data analisa dari semua parameter uji tersebut. Berikut adalah grafik

hasil dari pengujian topologi WMN dengan 8 *router* dan 16 *client* selama 4 menit *runtime* dengan scenario *Voice Low Load (light)* :



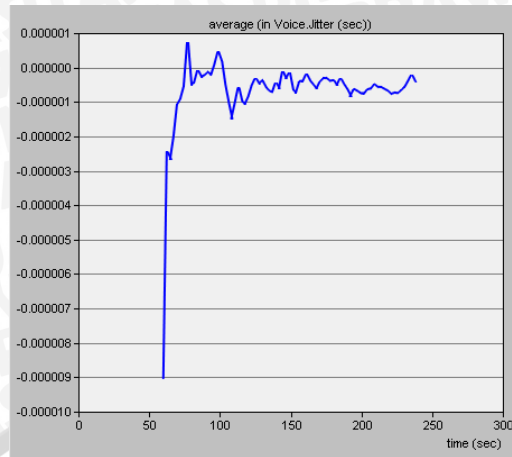
Gambar 4. 11 Grafik average time dari OSPF Hello Traffic Sent (bits/sec)

Grafik pada **Gambar 4.11** tersebut menandakan aktivitas pengiriman *hello packet* berjalan stabil setelah detik ke 50 waktu *runtime*. Skema *hello packet* dari OSPF akan sama apabila dalam pengiriman data tidak ada kasus *router* yang *down*.



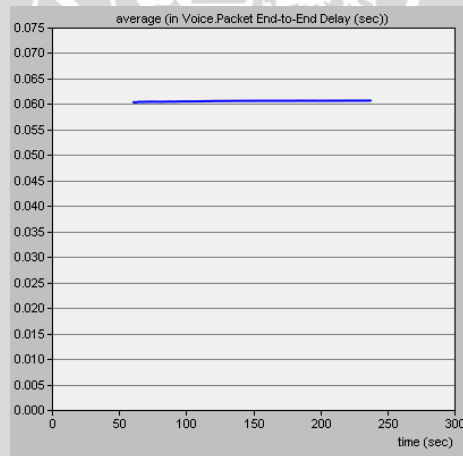
Gambar 4. 12 Grafik average time dari OSPF Network Convergence

Grafik pada **Gambar 4.12** tersebut menandakan aktivitas dari waktu konvergensi dalam topologi tersebut juga berjalan meningkat dan berhenti di detik ke 100 dari pengujian yang berlangsung selama 4 menit.



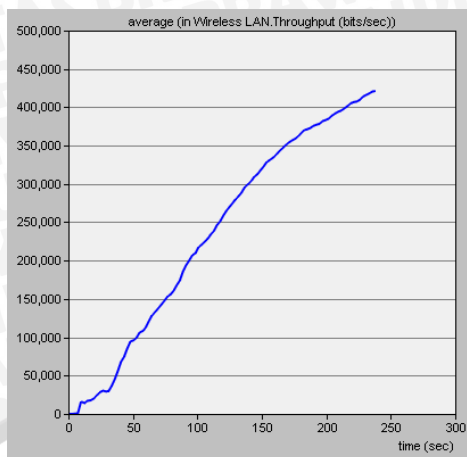
Gambar 4. 13 Grafik average time dari parameter uji Jitter dalam voice

Dalam **Gambar 4.13** tersebut terjadi perbedaan yang besar antara jitter dari skema PCM (*low*) jika dibandingkan dengan GSM (*heavy*). Jitter dalam grafik tersebut menandakan bahwa terdapat variasi delay dalam topologi *Wireless Mesh Network*, sehingga besar atau kecilnya gangguan ini dalam topologi akan sangat berpengaruh terhadap proses pengiriman data. Jitter meningkat drastis setelah detik ke 50 pengujian dan cenderung stabil setelah detik 100.



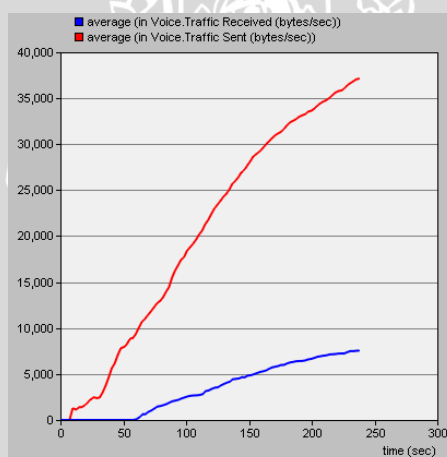
Gambar 4. 14 Grafik average time dari parameter uji end-to-end delay

Grafik pada **Gambar 4.14** tersebut menyatakan terjadi penundaan pada waktu pengiriman dari sumber (*source*) ke tujuan (*destination*) setelah 50 detik waktu *runtime* dan berlangsung secara konstan hingga detik ke 250 dalam nominal bilangan yang sama.



Gambar 4. 15 Grafik average time dari parameter uji Throughput dalam WMN

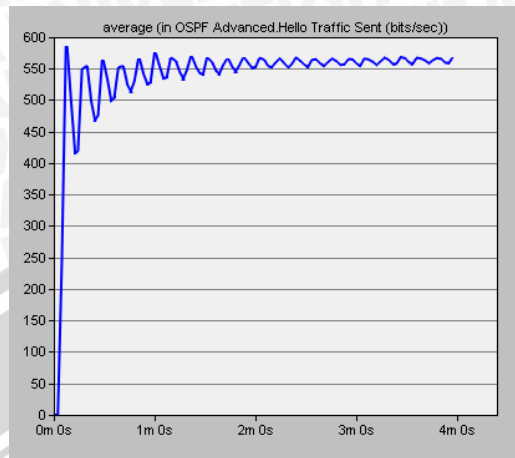
Grafik pada **Gambar 4.15** tersebut menyatakan bahwa terjadi peningkatan transmisi data secara konstan sejak awal waktu *runtime* dan terus-menerus meningkat. *Throughput* dalam kasus ini merupakan data *voice* yang dikirim dalam satuan (bits/sec).



Gambar 4. 16 Grafik average time dari parameter uji Packet Loss

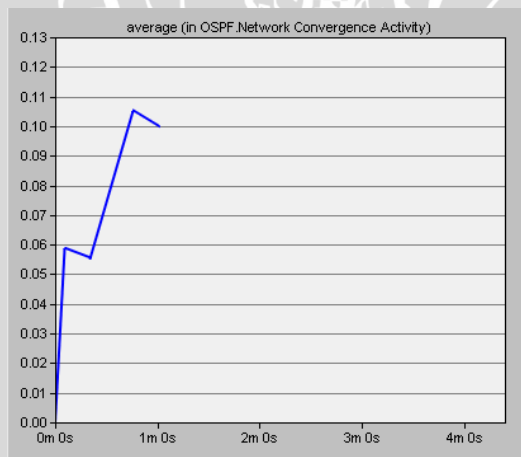
Grafik pada **Gambar 4.16** *Packet Loss* tersebut menyatakan bahwa di dalam topologi terjadi fenomena data yang hilang karena *router wireless* menyebarkan paket data secara acak dalam protokol routing, sehingga banyak data yang hilang sebanyak 30.000 *bytes packet loss*.

hasil dari pengujian topologi WMN dengan 16 *router* dan 24 *client* selama 4 menit *runtime* dengan scenario *Voice High Load (Heavy)* :



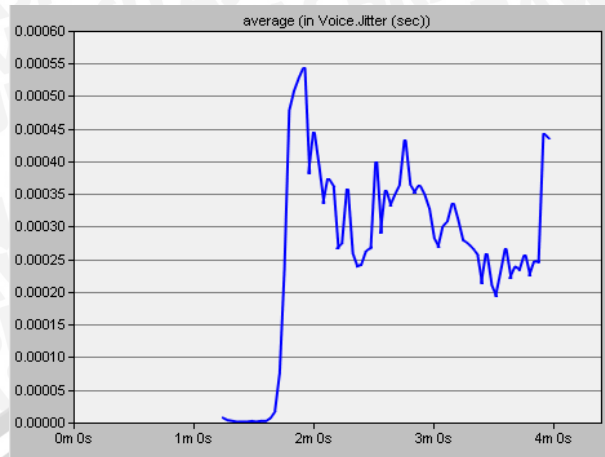
Gambar 4. 19 Grafik average time dari OSPF Hello Traffic Sent (bits/sec)

Grafik pada **Gambar 4.19** tersebut menandakan aktivitas pengiriman *hello packet* berjalan stabil setelah detik ke 0 waktu *runtime* atau langsung naik drastic sejak awal dijalankan. Skema *hello packet* dari OSPF berbeda karena jumlah elemen dalam jaringan lebih banyak, yakni terdapat penambahan *router* dan penambahan *client*.



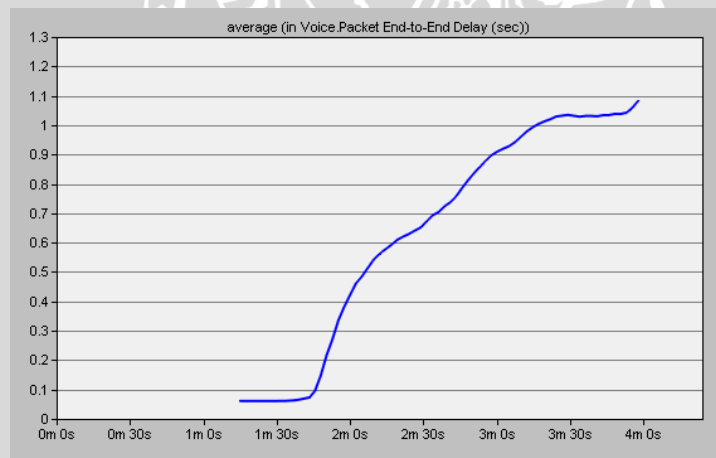
Gambar 4. 20 Grafik average time dari OSPF Network Convergence

Grafik pada **Gambar 4.20** tersebut menandakan aktivitas dari waktu konvergensi dalam topologi tersebut juga berjalan meningkat sejak perama dijalankan dan berhenti di menit pertama dari pengujian yang berlangsung selama 4 menit. Hal ini berbeda dari pengujian sebelumnya dimana hanya terdapat setengah elemen dari pengujian ini di dalam topologinya.



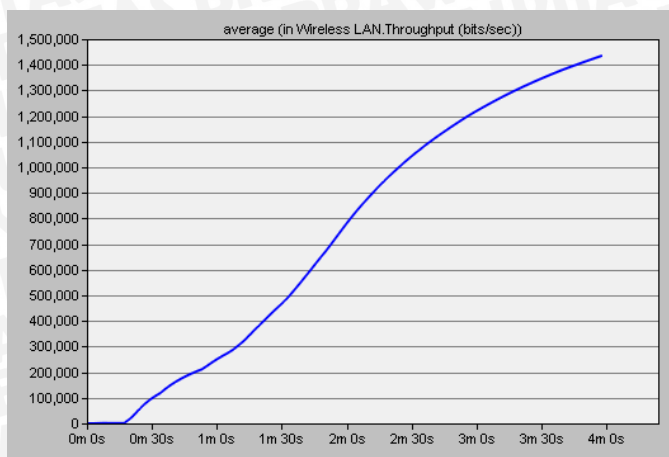
Gambar 4. 21 Grafik average time dari parameter uji Jitter dalam voice

Dalam **gambar 4.21** tersebut terjadi perbedaan yang besar antara jitter dari skema PCM (*low*) jika dibandingkan dengan GSM (*heavy*), dan bahkan dari pengujian sebelumnya. Jitter dalam grafik tersebut menandakan bahwa terdapat variasi delay dalam topologi *Wireless Mesh Network*, yang terjadi dari menit ke-1 hingga proses *run* selesai. Jitter dalam pengujian ini mengalami fluktuasi dari menit ke-2.



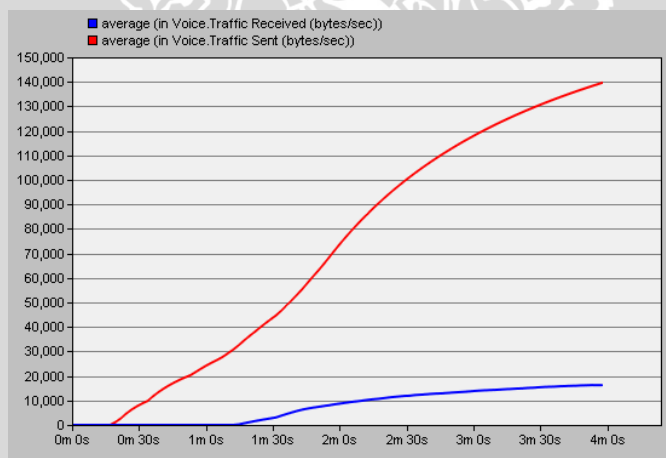
Gambar 4. 22 Grafik average time dari parameter uji end-to-end delay

Grafik pada **Gambar 4.22** tersebut menyatakan terjadi penundaan pada waktu pengiriman dari sumber (*source*) ke tujuan (*destination*) setelah menit ke-1 *runtime* dan berlangsung meningkat hingga menit terakhir dan terus meningkat. Hal ini disebabkan oleh kompleksitas dari topologi tersebut, dimana elemen dari topologi mempengaruhi besarnya *delay*.



Gambar 4. 23 Grafik average time dari parameter uji Throughput dalam WMN

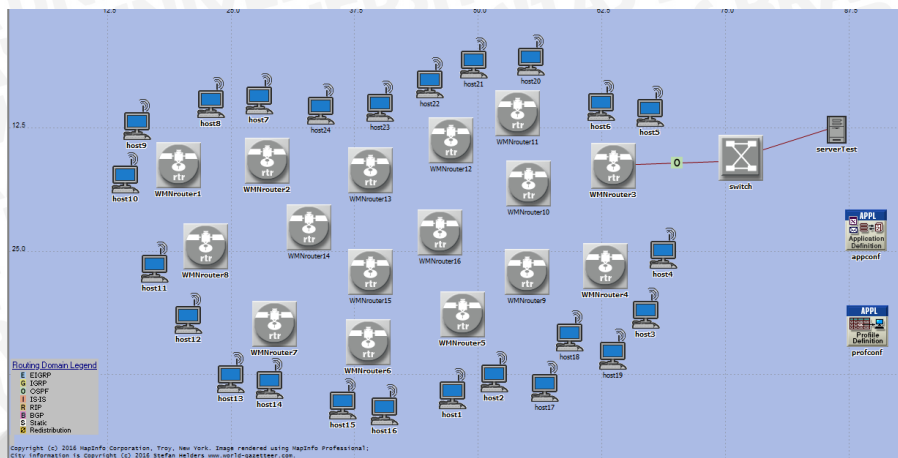
Grafik pada **Gambar 4.23** tersebut menyatakan bahwa terjadi peningkatan transmisi data secara konstan sejak awal waktu *runtime* dan terus-menerus meningkat. *Throughput* dalam kasus ini merupakan data *voice* yang dikirim dalam satuan (bits/sec). *Throughput* terus meningkat hingga simulasi selesai selama 4 menit dengan mencapai jumlah maksimum 1.400.000 bits/second



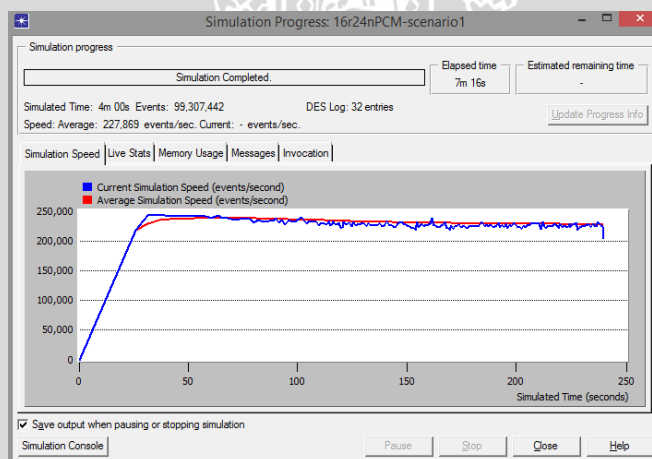
Gambar 4. 24 Grafik average time dari parameter uji Packet Loss

Grafik pada **Gambar 4.24** tersebut menyatakan bahwa *Packet Loss* di dalam topologi terjadi fenomena data yang hilang karena *router wireless* menyebarkan paket data secara acak dalam protokol routing, sehingga terdapat 120.000 bytes/second yang hilang selama proses transmisi dalam waktu 4 menit.

• Skenario 16 router 24 client kualitas PCM (Low)

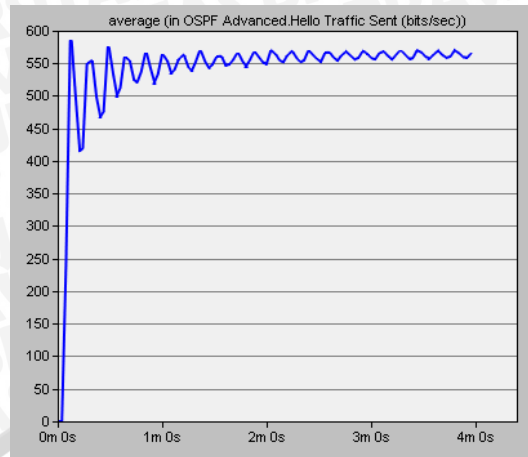


Gambar 4. 25 Bentuk topologi dari Wireless Mesh Network yang memiliki 16 router dan 24 client / host yang saling terhubung, switch, dan server dari voice. Topologi tersebut sudah disiapkan untuk skenario voice Low load (PCM quality)



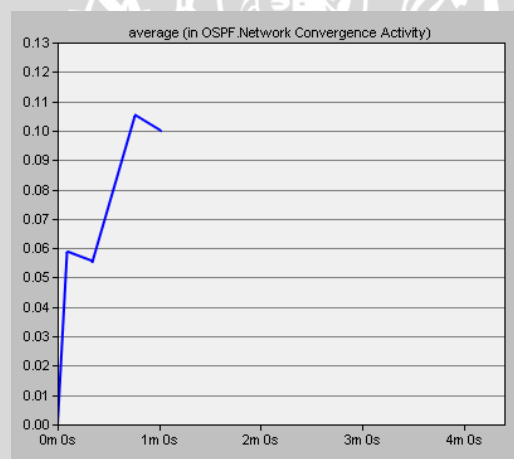
Gambar 4. 26 Runtime Simulator yang diset berjalan 4 menit dan menampilkan grafik pengerjaan dari proses simulasi tersebut dengan satuan (event/second) dari topologi 16 PCM yang diuji

Selama proses run berlangsung pada Gambar 2.26 , tidak terjadi kesalahan atau *error messages*. Sehingga hasil dari proses simulasi dapat langsung digunakan untuk dianalisa. Hasil dari simulasi tersebut yang dijadikan parameter uji yakni grafik *average* dari *delay*, *jitter*, *routing convergence*, *packet loss*, dan *throughput*. Sehingga, dapat terlihat efisiensi dari penerapan protokol *routing* adalah ketika penyimpulan data analisa dari semua parameter uji tersebut. Berikut adalah grafik hasil dari pengujian topologi WMN dengan 16 router dan 24 client selama 4 menit *runtime* dengan skenario *Voice Low Load (Light)* :



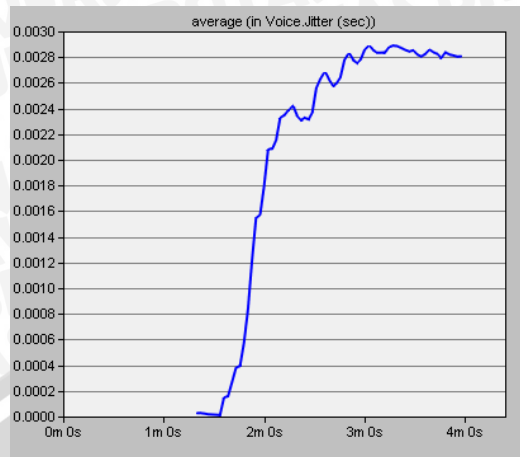
Gambar 4. 27 Grafik average time dari OSPF Hello Traffic Sent (bits/sec)

Grafik pada **Gambar 2.27** tersebut menandakan aktivitas pengiriman *hello packet* berjalan stabil setelah detik ke 0 waktu *runtime* atau langsung naik drastis sejak awal dijalankan dan berlangsung cenderung konstan hingga akhir simulasi saat menit ke-4.



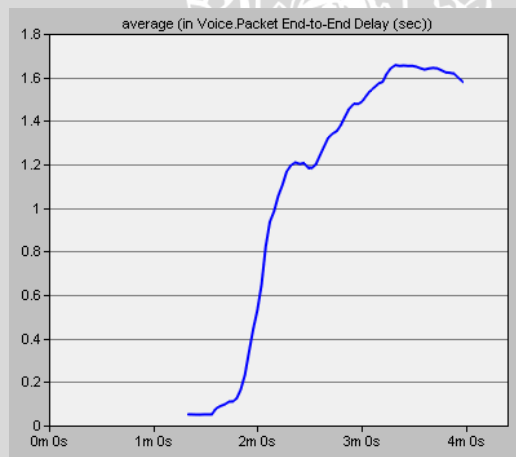
Gambar 4. 28 Grafik average time dari OSPF Network Convergence

Grafik pada **Gambar 2.28** tersebut menandakan aktivitas dari waktu konvergensi dalam topologi tersebut juga berjalan meningkat sejak perama dijalankan dan berhenti di menit pertama dari pengujian yang berlangsung selama 4 menit.



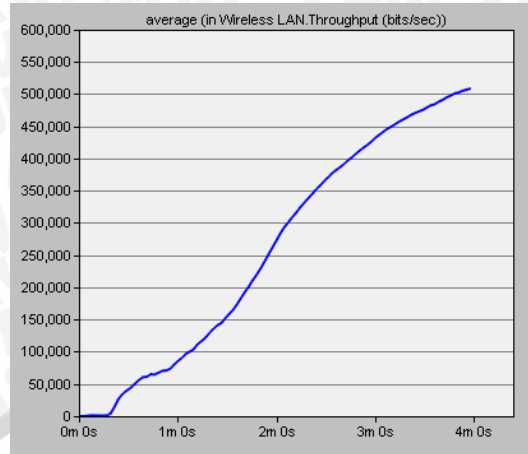
Gambar 4. 29 Grafik average time dari parameter uji Jitter dalam voice

Dalam **gambar 4.29** tersebut terjadi variasi *delay* sejak menit ke-1 dan terus meningkat secara drastis dari menit ke-2 hingga menit ke-4.



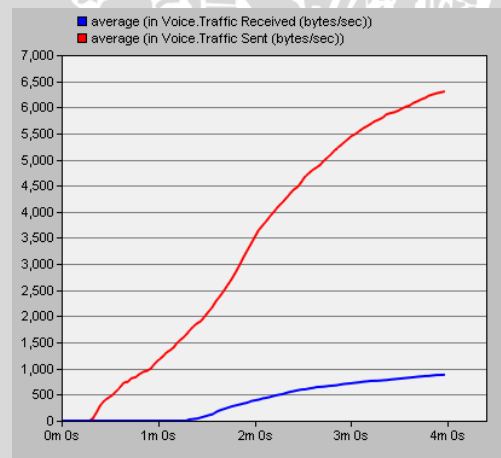
Gambar 4. 30 Grafik average time dari parameter uji end-to-end delay

Grafik pada **Gambar 4.30** tersebut menyatakan terjadi penundaan pada waktu pengiriman dari sumber (*source*) ke tujuan (*destination*) setelah menit ke-1 *runtime* dan berlangsung meningkat hingga menit terakhir dan terus meningkat hingga akhir simulasi.



Gambar 4. 31 Grafik average time dari parameter uji Throughput dalam WMN

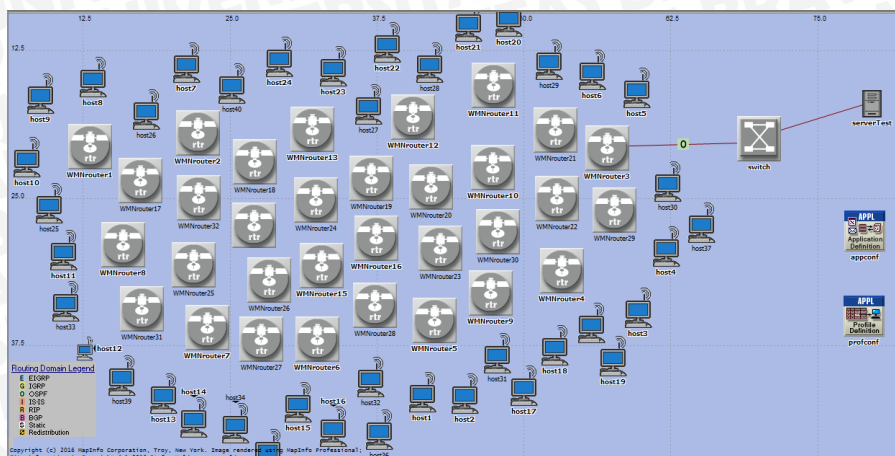
Grafik pada **Gambar 4.31** tersebut menyatakan bahwa terjadi peningkatan transmisi data secara konstan sejak awal waktu *runtime* dan terus-menerus meningkat. *Throughput* dalam kasus ini merupakan data *voice* yang dikirim dalam satuan (bits/sec). Jumlah *throughput* terus meningkat hingga simulasi selesai selama 4 menit dengan mencapai jumlah maksimum 500.000 bits/second, tidak sebesar paket pada GSM karena paket yang digunakan adalah *low*.



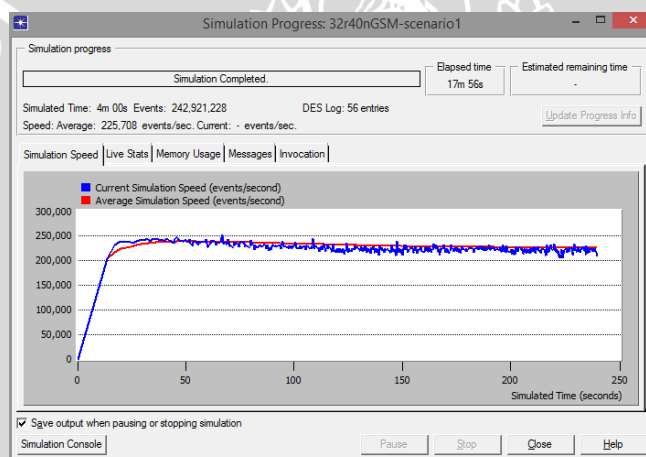
Gambar 4. 32 Grafik average time dari parameter uji Packet Loss

Grafik pada **Gambar 4.32** Packet Loss tersebut menyatakan bahwa di dalam topologi terjadi fenomena data yang hilang karena router wireless menyebarkan paket data secara acak dalam protokol routing, sehingga terdapat 5.000 bytes/second yang hilang selama proses transmisi dalam waktu 4 menit.

• Skenario 32 router 40 client kualitas GSM (High)

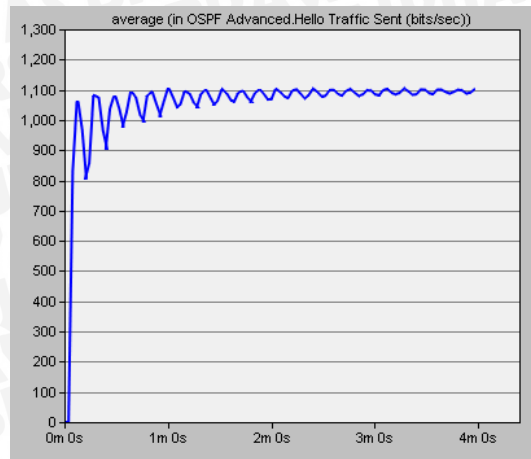


Gambar 4. 33 Bentuk topologi dari Wireless Mesh Network yang memiliki 32 router dan 40 client / host yang saling terhubung, switch, dan server dari voice. Topologi tersebut sudah disiapkan untuk skenario voice High load (GSM quality)



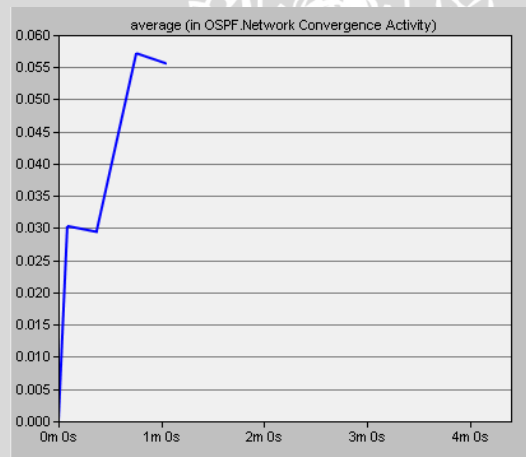
Gambar 4. 34 Runtime Simulator yang diset berjalan 4 menit dan menampilkan grafik pengerjaan dari proses simulasi tersebut dengan satuan (event/second) dari topologi 32 GSM yang diuji

Selama proses run berlangsung pada **Gambar 4.34** , tidak terjadi kesalahan atau *error messages*. Sehingga hasil dari proses simulasi dapat langsung digunakan untuk dianalisa. Hasil dari simulasi tersebut yang dijadikan parameter uji yakni grafik *average* dari *delay*, *jitter*, *routing convergence*, *packet loss*, dan *throughput*. Sehingga, dapat terlihat efisiensi dari penerapan protokol *routing* adalah ketika penyimpulan data analisa dari semua parameter uji tersebut. Berikut adalah grafik hasil dari pengujian topologi WMN dengan 32 router dan 40 client selama 4 menit *runtime* dengan skenario *Voice High Load (Heavy)* :



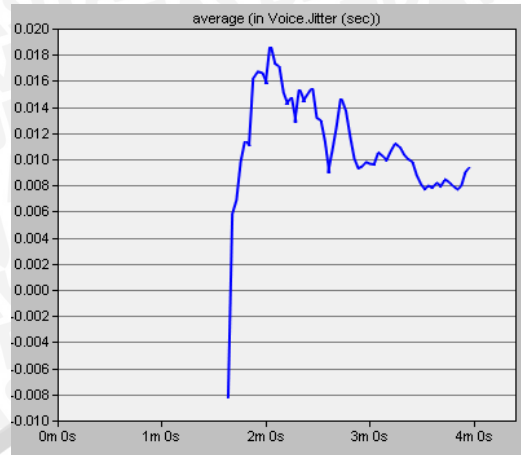
Gambar 4. 35 Grafik average time dari OSPF Hello Traffic Sent (bits/sec)

Grafik pada **Gambar 4.35** tersebut menandakan aktivitas pengiriman *hello packet* berjalan stabil setelah detik ke 0 waktu *runtime* atau langsung naik drastis sejak awal dijalankan dan berlangsung cenderung konstan hingga akhir simulasi saat menit ke-4 dengan mencapai 1.100 bits/sec



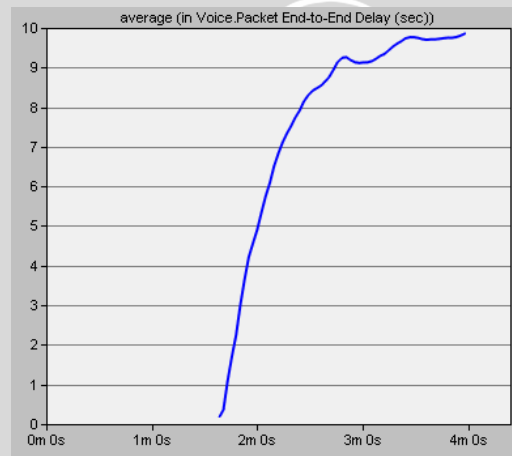
Gambar 4. 36 Grafik average time dari OSPF Network Convergence

Grafik pada **Gambar 4.36** tersebut menandakan aktivitas dari waktu konvergensi dalam topologi tersebut juga berjalan meningkat sejak perama dijalankan dan berhenti di menit pertama dari pengujian yang berlangsung selama 4 menit.



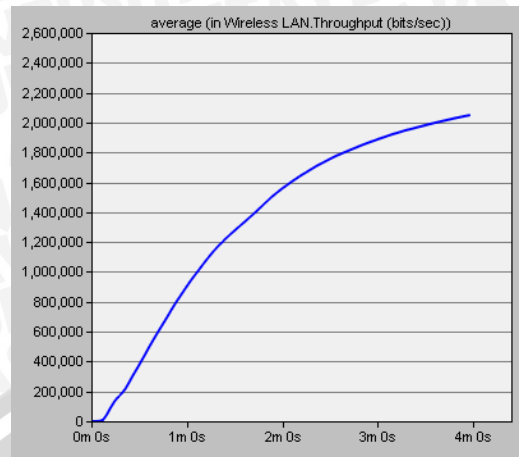
Gambar 4. 37 Grafik average time dari parameter uji Jitter dalam voice

Dalam **gambar 4.37** tersebut terjadi variasi *delay* yang terjadi saat memasuki menit ke-2.



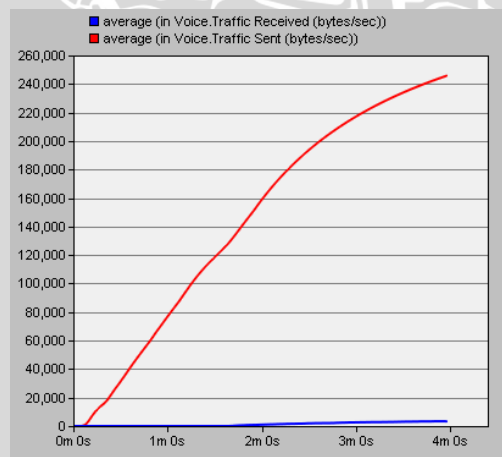
Gambar 4. 38 Grafik average time dari parameter uji end-to-end delay

Grafik pada **Gambar 4.38** tersebut menyatakan terjadi penundaan pada waktu pengiriman dari sumber (*source*) ke tujuan (*destination*) saat akan memasuki menit ke-2 *runtime* dan berlangsung meningkat hingga menit terakhir dan terus meningkat hingga akhir simulasi.



Gambar 4. 39 Grafik average time dari parameter uji Throughput dalam WMN

Grafik pada **Gambar 4.39** tersebut menyatakan bahwa terjadi peningkatan transmisi data secara konstan sejak awal waktu *runtime* dan terus-menerus meningkat. *Throughput* dalam kasus ini merupakan data *voice* yang dikirim dalam satuan (bits/sec). Jumlah *throughput* terus meningkat hingga simulasi selesai selama 4 menit dengan mencapai jumlah maksimum 2.000.000 bits/second, angka ini termasuk besar karena elemen dalam topologi yang sangat banyak, kompleks, dan juga kualitas yang *heavy* dari *voice*.



Gambar 4. 40 Grafik average time dari parameter uji Packet Loss

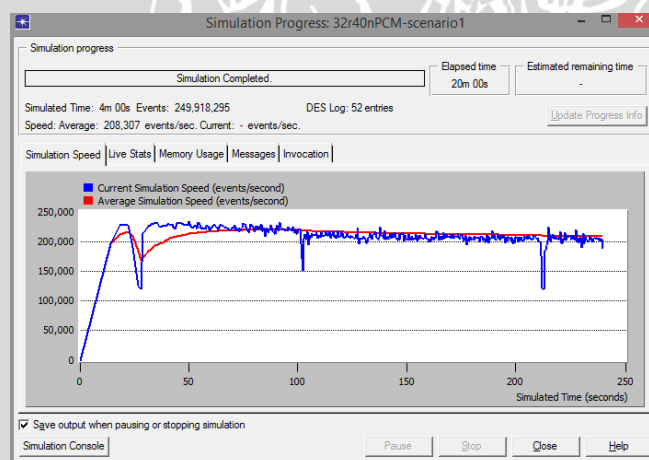
Grafik pada **Gambar 4.40** Packet Loss tersebut menyatakan bahwa di dalam topologi terjadi skema *packet loss* yang besar karena mencapai lebih dari 240.000 bytes/second, hal ini disebabkan karena router wireless menyebarkan paket data

secara acak dalam protokol routing dan kompleksitas yang sangat besar dari topologi tersebut.

• Skenario 32 router 40 client kualitas PCM (Low)



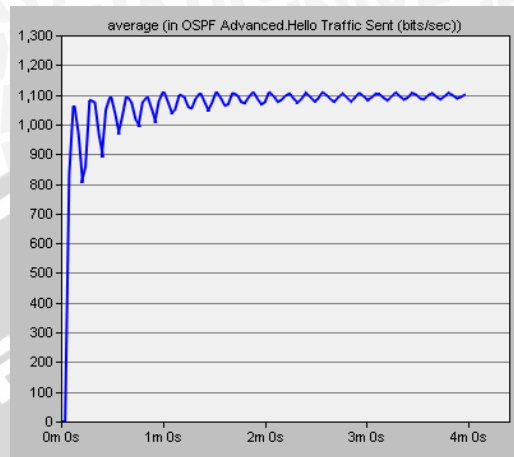
Gambar 4. 41 Bentuk topologi dari Wireless Mesh Network yang memiliki 32 router dan 40 client / host yang saling terhubung, switch, dan server dari voice. Topologi tersebut sudah disiapkan untuk skenario voice low load (PCM quality)



Gambar 4. 42 Runtime Simulator yang diset berjalan 4 menit dan menampilkan grafik pengerjaan dari proses simulasi tersebut dengan satuan (event/second) dari topologi 32 PCM yang diuji

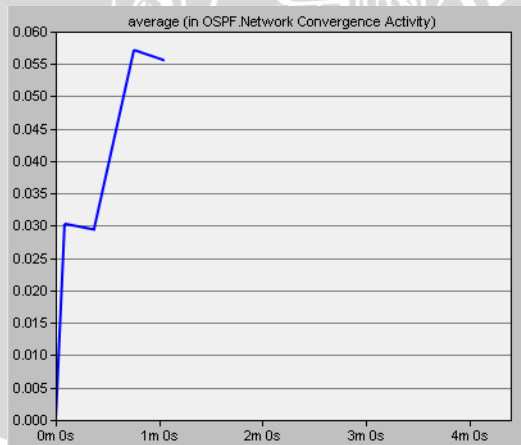
Selama proses run berlangsung pada Gambar 4.42, tidak terjadi kesalahan atau *error messages*. Sehingga hasil dari proses simulasi dapat langsung digunakan untuk dianalisa. Hasil dari simulasi tersebut yang dijadikan parameter uji yakni grafik *average* dari *delay*, *jitter*, *routing convergence*, *packet loss*, dan *throughput*. Sehingga, dapat terlihat efisiensi dari penerapan protokol *routing* adalah ketika

penyimpulan data analisa dari semua parameter uji tersebut. Berikut adalah grafik hasil dari pengujian topologi WMN dengan 32 *router* dan 40 *client* selama 4 menit *runtime* dengan scenario *Voice Low Load (Light)* :



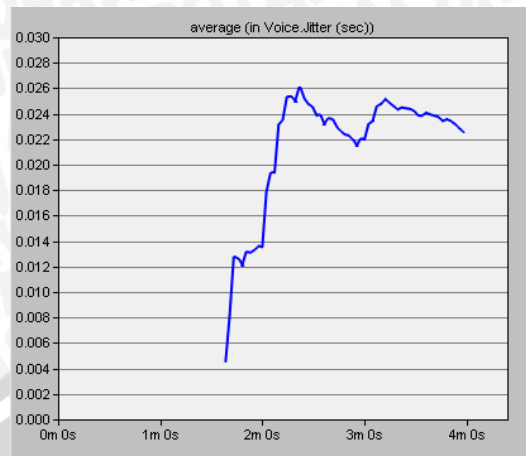
Gambar 4. 43 Grafik average time dari OSPF Hello Traffic Sent (bits/sec)

Grafik pada **Gambar 4.43** tersebut menandakan aktivitas pengiriman *hello packet* berjalan stabil setelah detik ke 0 waktu *runtime* atau langsung naik drastis sejak awal dijalankan dan berlangsung cenderung konstan hingga akhir simulasi saat menit ke-4 dengan mencapai 1.100 bits/sec



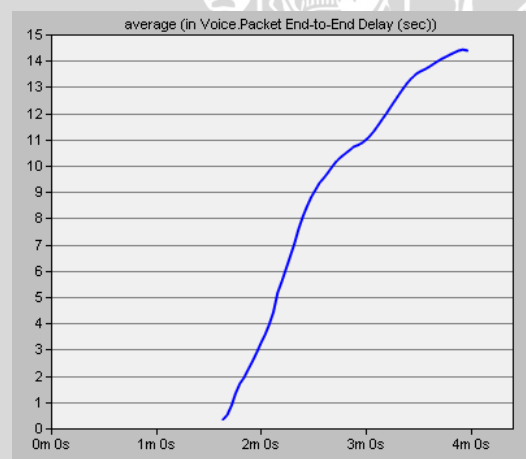
Gambar 4. 44 Grafik average time dari OSPF Network Convergence

Grafik pada **Gambar 4.44** tersebut menandakan aktivitas dari waktu konvergensi dalam topologi tersebut juga berjalan meningkat sejak perama dijalankan dan berhenti di menit pertama dari pengujian yang berlangsung selama 4 menit.



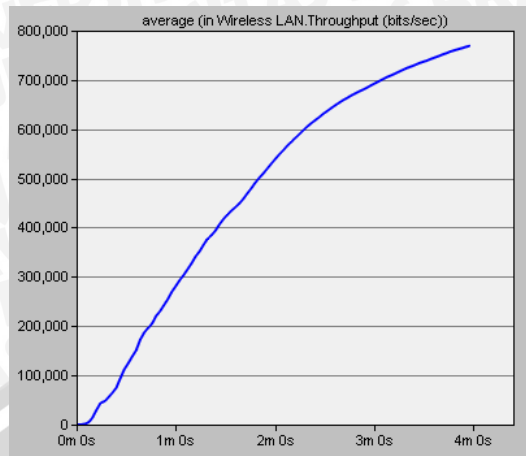
Gambar 4. 45 Grafik average time dari parameter uji Jitter dalam voice

Dalam **gambar 4.45** tersebut terjadi variasi *delay* yang terjadi saat memasuki menit ke-2 dan berlangsung cenderung fluktuatif hingga menit ke-4.



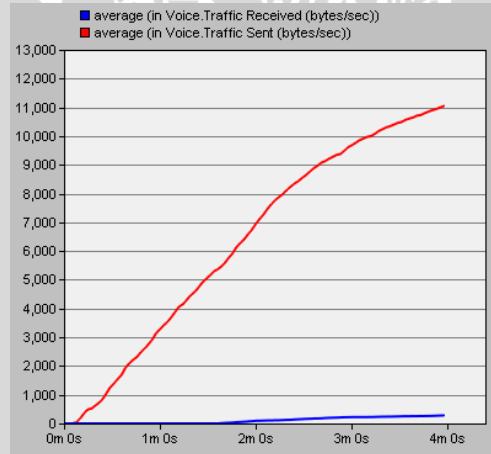
Gambar 4. 46 Grafik average time dari parameter uji end-to-end delay

Grafik pada **Gambar 4.46** tersebut menyatakan terjadi penundaan pada waktu pengiriman dari sumber (*source*) ke tujuan (*destination*) saat akan memasuki menit ke-2 *runtime* dan meningkat hingga simulasi berakhir.



Gambar 4. 47 Grafik average time dari parameter uji Throughput dalam WMN

Grafik pada **Gambar 4.47** tersebut menyatakan bahwa terjadi peningkatan transmisi data secara konstan sejak awal waktu *runtime* dan terus-menerus meningkat. *Throughput* dalam kasus ini merupakan data *voice* yang dikirim dalam satuan (bits/sec). Jumlah *throughput* terus meningkat hingga simulasi selesai selama 4 menit dengan mencapai jumlah maksimum hamper 800.000 bits/second



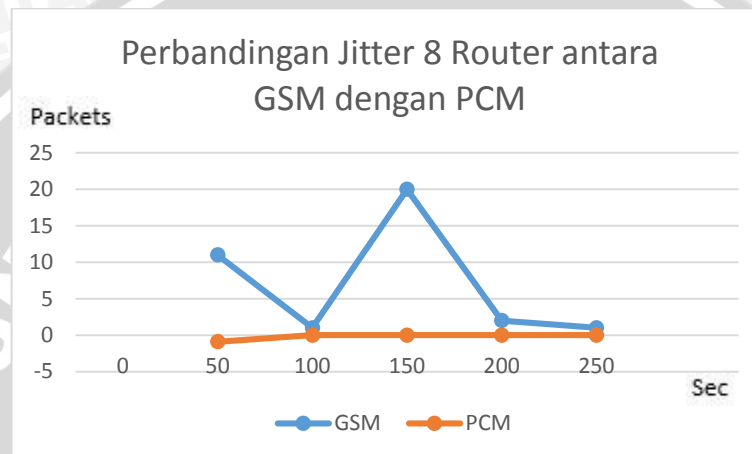
Gambar 4. 48 Grafik average time dari parameter uji Packet Loss

Grafik pada **Gambar 4.48** Packet Loss tersebut menyatakan bahwa di dalam topologi terjadi skema *packet loss* yang mencapai lebih dari 10.000 bytes/second, hal ini disebabkan karena kompleksitas yang sangat besar dari topologi tersebut.

4.2 Perbandingan High Quality (GSM) dan Low Quality (PCM) dalam WMN

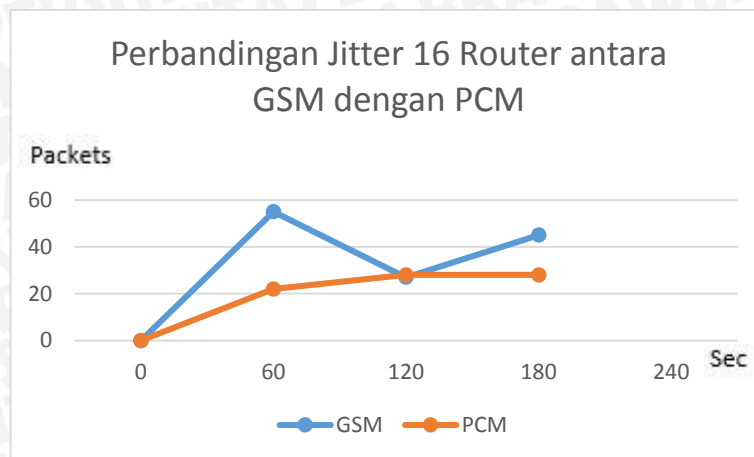
4.2.1 Perbandingan *Jitter*

Topologi dalam jaringan memiliki 8, 16, dan 32 *router* beserta 16, 24, dan 40 *client*. Perbandingan dinyatakan dalam satu kali waktu uji coba sehingga didapatkan interval atau jeda tiap 50 detik, *value* dari GSM maupun PCM diambil dari grafik *average jitter* dari simulator.



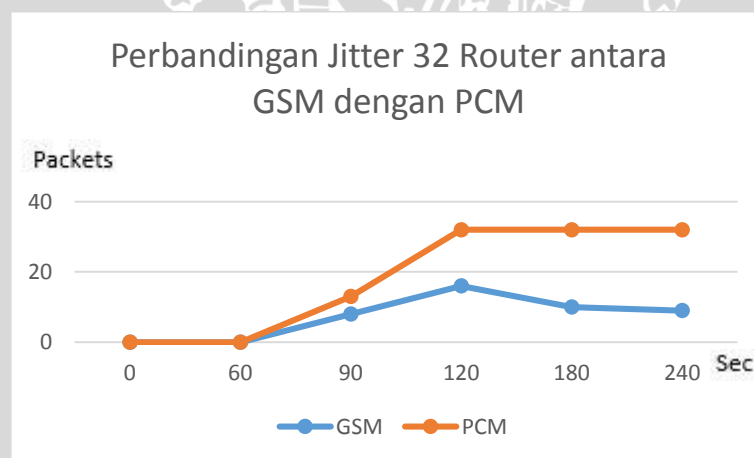
Gambar 4. 49 Grafik perbandingan jitter dari topologi yang berisi 8 router dan 16 client dengan kualitas High (GSM) dan Low (PCM)

Grafik pada **Gambar 4.49** menampilkan data yang dapat kita simpulkan bahwa *jitter* dalam kualitas PCM sangat rendah jika dibandingkan dengan GSM, dari skala nominal, PCM memiliki titik terendah yaitu -9, sedangkan GSM memiliki titik terendah 1, hal tersebut dapat terjadi karena kualitas data yang dikirimkan mempengaruhi kinerja dari system pengiriman data. Semakin bagus kualitasnya, maka kemungkinan untuk terjadi *jitter* atau variasi *delay* juga tinggi.



Gambar 4. 50 Grafik perbandingan jitter dari topologi yang berisi 16 router dan 24 client dengan kualitas High (GSM) dan Low (PCM)

Grafik pada **Gambar 4.50** menampilkan data yang dapat kita simpulkan bahwa *jitter* dalam dari topologi yang semakin kompleks dapat memiliki titik rendah yang sama, hal ini dibuktikan dari titik terendah *jitter* menunjukkan nominal 0 untuk GSM dan juga PCM. Hal tersebut dapat terjadi karena kompleksitas suatu jaringan yang meningkat juga menyebabkan variasi delay juga meningkat.



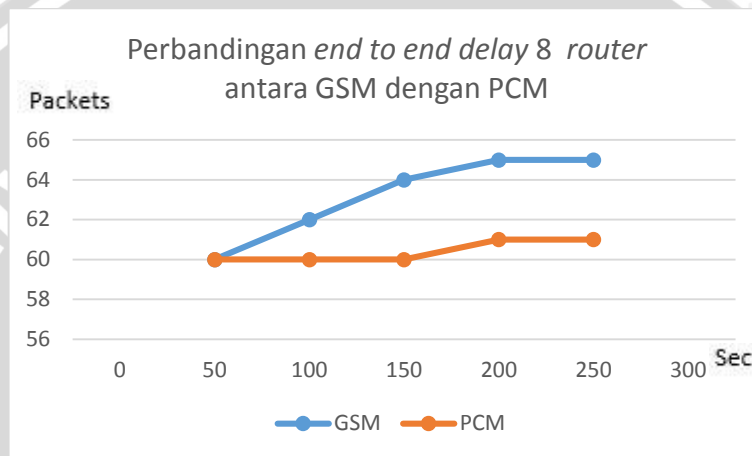
Gambar 4. 51 Grafik perbandingan jitter dari topologi yang berisi 32 router dan 40 client dengan kualitas High (GSM) dan Low (PCM)

Grafik pada **Gambar 4.51** menampilkan data yang dapat kita simpulkan bahwa *jitter* dalam dari topologi tersebut memiliki variasi yang berbeda, hal ini dapat diketahui dari bentuk grafik yang terbentuk antara GSM dan PCM. GSM memiliki titik rendah yang lebih tinggi daripada PCM yaitu 8, sedangkan titik rendah PCM adalah 5. *Jitter* dalam GSM cenderung menurun, sedangkan dalam PCM

cenderung meningkat. Hal tersebut dapat terjadi karena semakin kompleks lingkungan topologi, maka variasi dari *delay* juga akan berubah-ubah.

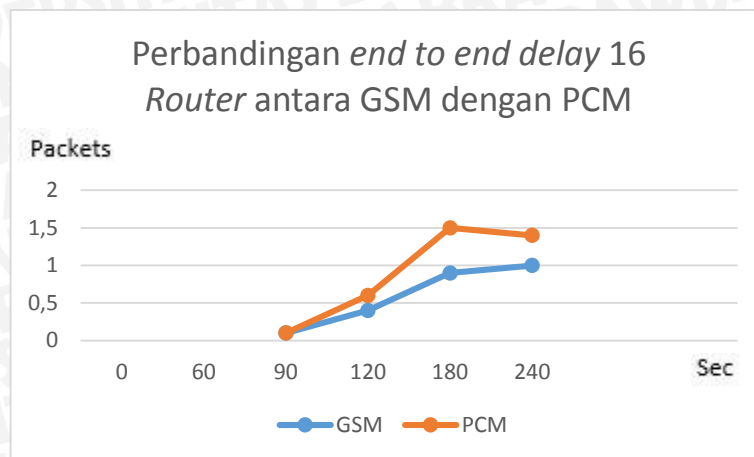
4.2.2 Perbandingan *Delay* (End to End Delay)

Topologi dalam jaringan memiliki 8, 16, dan 32 *router* beserta 16, 24, dan 40 *client*. Perbandingan dinyatakan dalam satu kali waktu uji coba sehingga didapatkan interval atau jeda tiap 50 detik, *value* dari GSM maupun PCM diambil dari grafik *average end to end delay* dari simulator.



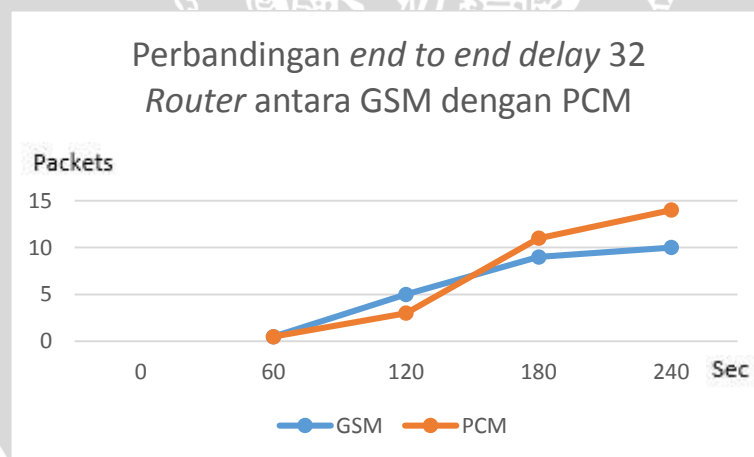
Gambar 4. 52 Grafik perbandingan *end to end delay* dari topologi yang berisi 8 *router* dan 16 *client* dengan kualitas High (GSM) dan Low (PCM)

Grafik pada **Gambar 4.51** menampilkan data yang dapat kita simpulkan bahwa *end to end delay* cenderung bersifat konstan atau datar. Hal tersebut dibuktikan dalam bentuk grafik yang lurus dalam rentang waktu 50 hingga 300 detik mengalami fluktuasi disekitar nominal 60 baik itu untuk GSM maupun PCM.



Gambar 4. 53 Grafik perbandingan end to end delay dari topologi yang berisi 16 router dan 24 client dengan kualitas High (GSM) dan Low (PCM)

Grafik pada **Gambar 4.53** yang dihasilkan dari gambar tersebut menampilkan data yang dapat kita simpulkan bahwa *end to end delay* cenderung bersifat konstan atau datar. Hal tersebut dibuktikan dalam bentuk grafik yang lurus dalam rentang waktu 90 hingga 240 detik mengalami fluktuasi disekitar nominal 0,1 hingga 1,5 baik itu untuk GSM maupun PCM.



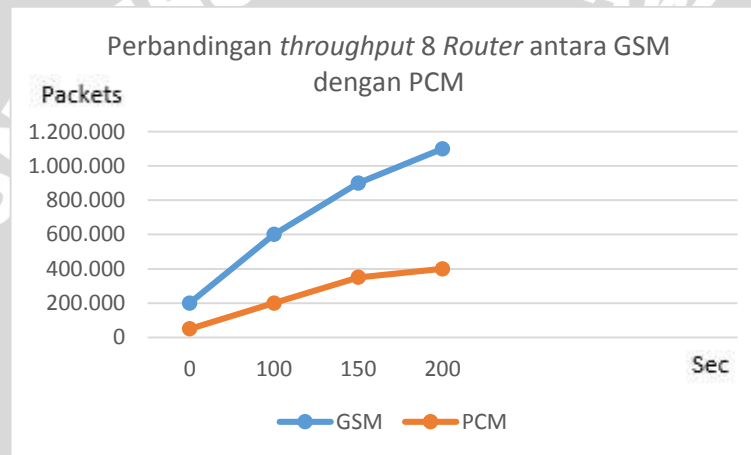
Gambar 4. 54 Grafik perbandingan end to end delay dari topologi yang berisi 32 router dan 40 client dengan kualitas High (GSM) dan Low (PCM)

Grafik pada **Gambar 4.54** menampilkan data yang dapat kita simpulkan bahwa *end to end delay* cenderung bersifat konstan atau datar dengan sedikit meningkat. Hal tersebut dibuktikan dalam bentuk grafik yang lurus dalam rentang waktu 60 hingga 240 detik mengalami fluktuasi disekitar nominal 1 hingga 14 baik itu untuk GSM maupun PCM dengan kenaikan nominal dialami oleh PCM sehingga

mendapatkan nominal akhir 14, sedangkan GSM 10. Hal tersebut dapat terjadi karena lingkungan topologi yang sangat kompleks dengan 32 *router* yang menaungi 40 *client* sehingga *delay* yang tercipta sangat besar untuk skala *wireless mesh* yang besar juga.

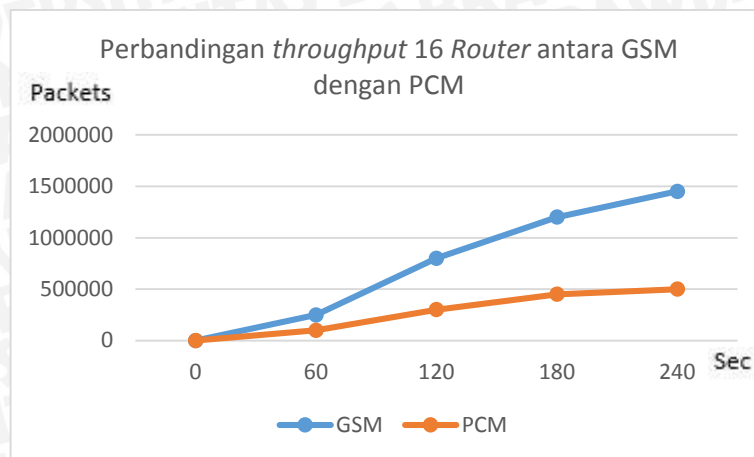
4.2.3 Perbandingan *Throughput*

Topologi dalam jaringan memiliki 8, 16, dan 32 *router* beserta 16, 24, dan 40 *client*. Perbandingan dinyatakan dalam satu kali waktu uji coba sehingga didapatkan interval atau jeda tiap 30 detik, *value* dari GSM maupun PCM diambil dari grafik *average throughput* dari simulator.



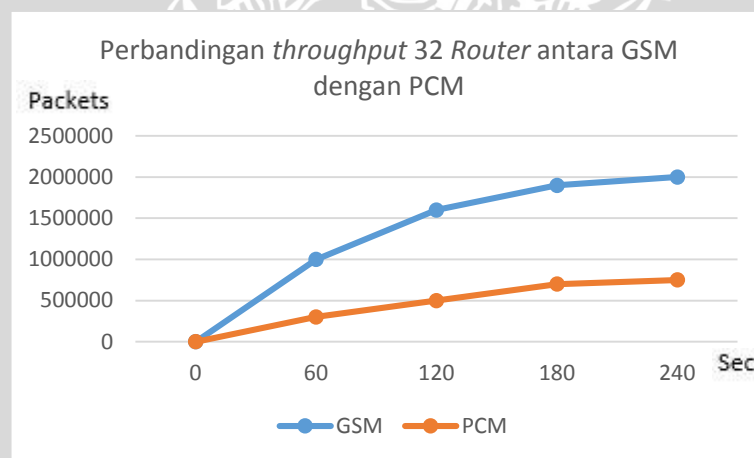
Gambar 4. 55 Grafik perbandingan throughput dari topologi yang berisi 8 router dan 16 client dengan kualitas High (GSM) dan Low (PCM)

Grafik pada **Gambar 4.55** menampilkan data yang dapat kita simpulkan bahwa besaran transmisi data berupa *throughput* akan terus naik dan bertambah dari awal hingga akhir simulasi. Besaran *throughput* pada GSM lebih besar daripada dari PCM.



Gambar 4. 56 Grafik perbandingan throughput dari topologi yang berisi 16 router dan 24 client dengan kualitas High (GSM) dan Low (PCM)

Grafik pada **Gambar 4.56** menampilkan data yang dapat kita simpulkan bahwa besaran transmisi data berupa *throughput* akan terus naik dan bertambah dari awal hingga akhir simulasi. Besaran *throughput* pada GSM lebih besar daripada dari PCM dengan selisih yang signifikan.

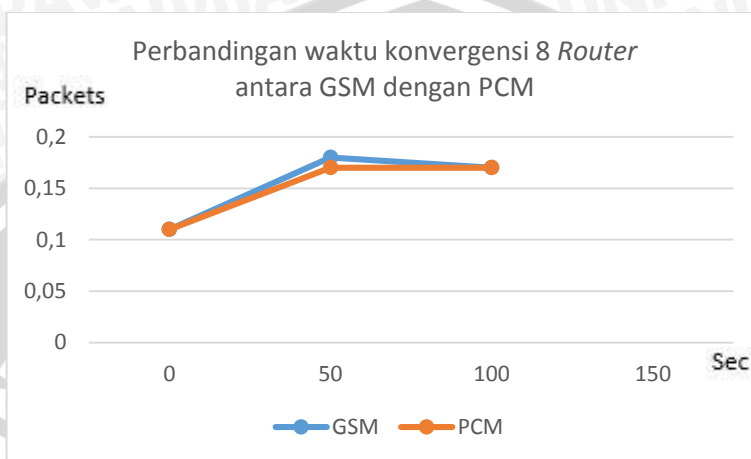


Gambar 4. 57 Grafik perbandingan throughput dari topologi yang berisi 16 router dan 24 client dengan kualitas High (GSM) dan Low (PCM)

Grafik pada **Gambar 4.57** menampilkan data yang dapat kita simpulkan bahwa besaran transmisi data berupa *throughput* akan terus naik dan bertambah. Besaran *throughput* pada GSM lebih besar daripada dari PCM dengan selisih yang signifikan karena pengaruh dari kompleksitas yang tinggi di dalam topologi tersebut.

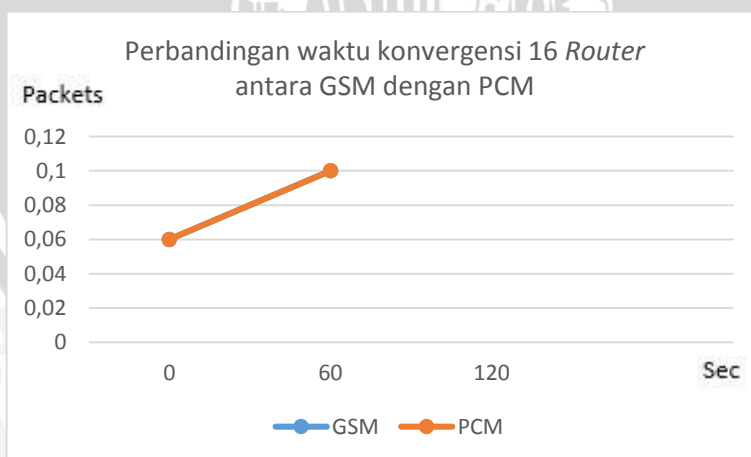
4.2.4 Perbandingan Waktu Konvergensi

Topologi dalam jaringan memiliki 8, 16, dan 32 *router* beserta 16, 24, dan 40 *client*. Perbandingan dinyatakan dalam satu kali waktu uji coba sehingga didapatkan interval atau jeda tiap 50 detik, *value* dari GSM maupun PCM diambil dari grafik *average waku konvergensi* dari simulator.



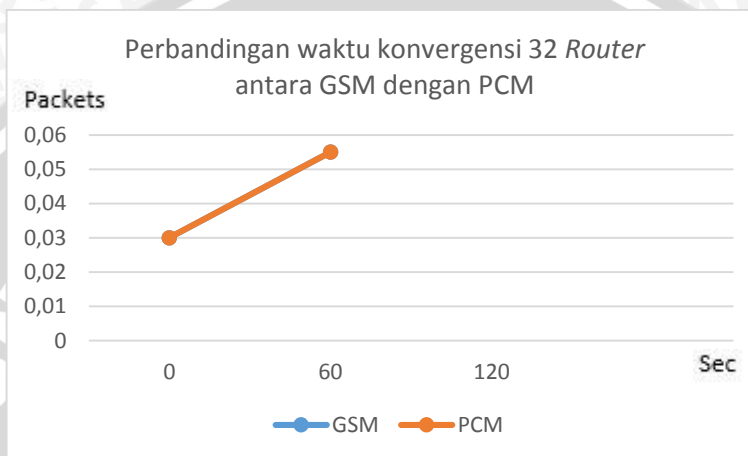
Gambar 4. 58 Grafik perbandingan waktu konvergensi dari topologi yang berisi 8 router dan 16 client dengan kualitas High (GSM) dan Low (PCM)

Grafik pada **Gambar 4.58** menampilkan data yang dapat kita simpulkan bahwa waku konvergensi atau waktu untuk me-load ulang topologi secara keseluruhan untuk melakukan cek terhadap jalur atau *routing* memiliki besaran nilai yang cenderung konstan dengan nominal dibawah 1 baik itu GSM maupun PCM.



Gambar 4. 59 Grafik perbandingan waktu konvergensi dari topologi yang berisi 16 router dan 24 client dengan kualitas High (GSM) dan Low (PCM)

Grafik pada **Gambar 4.59** menampilkan data yang dapat kita simpulkan bahwa waktu konvergensi dari topologi dengan 16 *router* memiliki bisaran nilai yang unik karena GSM dan PCM memiliki nominal yang sama, yakni 0,06 (sec) di awal dan berhenti pada 0,1 (sec). Hal tersebut dapat terjadi karena kompleksitas yang sama yang berpengaruh pada topologi, yakni sama-sama kompleks dan sama-sama memiliki *load* routing yang sama.



Gambar 4. 60 Grafik perbandingan waktu konvergensi dari topologi yang berisi 32 router dan 40 client dengan kualitas High (GSM) dan Low (PCM)

Grafik pada **Gambar 4.60** menampilkan data yang dapat kita simpulkan bahwa waktu konvergensi dari topologi dengan 32 *router* memiliki bisaran nilai yang unik karena GSM dan PCM memiliki nominal yang sama, yakni 0,03 (sec) di awal dan berhenti pada 0,055 (sec). Hal tersebut dapat terjadi karena kompleksitas yang sama yang berpengaruh pada topologi, yakni sama-sama kompleks dan sama-sama memiliki *load* routing yang sama.

4.2.5 Perbandingan *Packet Loss*

Topologi dalam jaringan memiliki 8, 16, dan 32 *router* beserta 16, 24, dan 40 *client*. Perbandingan dinyatakan dalam satu kali waktu uji coba dengan *value* dari GSM maupun PCM diambil dari grafik *average packet loss* dari simulator.

Secara umum perhitungan packet loss adalah :

$$\text{packet loss} = \frac{\text{traffic diterima}}{\text{traffic dikirim}} * 100\% \dots\dots\dots \text{(Rumus 3)}$$



Dimana :

- Packet loss : besaran prosentase yang akan dihitung
- Traffic diterima : besaran (*bytes*) data yang diterima oleh *router*
- Traffic dikirim : besaran (*bytes*) data yang dikirim oleh *router*

Secara umum untuk tiap-tiap scenario memiliki perhitungan *packet loss* sendiri-sendiri, hal tersebut dilakukan agar dapat dibandingkan antara scenario dari GSM dan juga PCM sehingga dapat ditarik grafik bahwa *packet loss* antar kedua scenario tersebut berbeda hasilnya. Berikut adalah perhitungan *packet loss* untuk tiap-tiap scenario :

- **Perbandingan *Packet Loss* untuk 8 router 16 client**

$$8 \text{ GSM} = \frac{20.000}{100.000} * 100\% = \mathbf{20\%}$$

$$8 \text{ PCM} = \frac{7.500}{37.500} * 100\% = \mathbf{20\%}$$

Untuk perbandingan 8 GSM dan 8 PCM memiliki prosentase jumlah *packet* yang hilang sama. Fenomena tersebut dapat terjadi karena skema dalam topologi yang memuat adanya protokol *routing* yang mengatur proses transmisi data. Data atau paket yang hilang adalah paket yang tersebar secara merata dan acak oleh tiap-tiap *router* sehingga pada saat penerimaan data yang masuk hanya 80% baik itu untuk GSM dan PCM. Terjadi persamaan karena jumlah elemen dalam jaringan yang sama sehingga menimbulkan *overload traffic* yang sama, baik untuk GSM maupun PCM pada skema tersebut hanya dapat menerima 80% dari total jumlah transmisi yang dikirimkan tiaptiap *router*.

- **Perbandingan *Packet Loss* untuk 16 router 24 client**

$$16 \text{ GSM} = \frac{15.000}{140.000} * 100\% = \mathbf{10,71\%}$$

$$16 \text{ PCM} = \frac{1000}{6500} * 100\% = \mathbf{15,38\%}$$

Perbandingan *packet loss* antara kedua scenario tersebut memiliki perbedaan. *Packet loss* lebih banyak terjadi pada skema 16 *router* dan 24 *client* dari kualitas *low* atau PCM. Hal tersebut dapat terjadi karena dalam skema PCM

terdapat *collision* yang lebih besar daripada GSM, hal tersebut dapat dibuktikan karena *delay* PCM yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan GSM. Karena data yang dikirim *loss*, maka agar komunikasi dapat berjalan kembali *sender* harus mengirim ulang (*retransmit*), hal inilah yang menyebabkan penambahan waktu sehingga menjadi lambat dan prosentase *packet loss* menjadi tinggi.

- **Perbandingan *Packet Loss* untuk 32 router 40 client**

$$32 \text{ GSM} = \frac{5000}{250.000} * 100\% = 2\%$$

$$32 \text{ PCM} = \frac{250}{11.000} * 100\% = 2,27\%$$

Skenario *packet loss* untuk 32 router dan 40 client memiliki prosentase yang berbeda untuk GSM dan PCM. Berbeda dengan scenario 16 yang telah disebutkan karena *delay*, pengujian terhadap 32 tersebut PCM mengalami prosentase yang lebih besar karena *jitter* yang lebih besar dibandingkan GSM. Hal tersebut dapat terjadi karena variasi dari *delay* yang dipengaruhi oleh beban *traffic* yang sangat besar, sehingga menyebabkan peluang tabrakan data (*congestion*) menjadi besar, dengan demikian nilai *jitter* akan semakin besar.

4.3 Tabel Perbandingan Hasil Skenario Percobaan GSM dan PCM

Perbandingan disajikan dalam bentuk tabel yang menampilkan nilai-nilai akhir dari tiap-tiap hasil uji dalam scenario. Dalam tabel tersebut, pengujian yang dimaksud adalah pengujian 1 untuk 8 router dan 16 client, pengujian 2 untuk 16 router dan 24 client, dan pengujian 3 untuk 32 router dan 40 client.

Tabel 4. 1 Hasil pengujian jitter pada WMN dalam scenario GSM (high) dan PCM (low)

Pengujian (ke-)	Uji Jitter	
	GSM (high)	PCM (low)
1	7 sec	0,13 sec
2	31,75 sec	19,5 sec
3	10,75 sec	16 sec
Rata-rata	16,5 sec	11,88 sec

Dalam **tabel 4.1**, hasil analisa dari simulasi parameter QoS berupa *jitter* pada scenario GSM dan PCM dalam topologi *Wireless Mesh Network* dapat disimpulkan bahwa rata-rata *jitter* untuk GSM lebih tinggi daripada PCM, hal tersebut dapat terjadi karena kualitas data dari GSM yang lebih besar daripada PCM sehingga kemungkinan terjadinya *jitter* juga lebih tinggi daripada PCM. Namun perbandingan dari referensi menyatakan bahwa kondisi *jitter* tersebut masih dalam nominal Bagus (TIPHON, 1999).

Tabel 4. 2 Hasil pengujian delay (end to end) pada WMN dalam scenario GSM (high) dan PCM (low)

Pengujian (ke-)	Uji delay (<i>end to end</i>)	
	GSM (<i>high</i>)	PCM (<i>low</i>)
1	0,06	0,06
2	0,7	0,95
3	6,125	7,125
Rata-rata (dalam secon)	2,295	2,712

Dalam **tabel 4.2**, hasil analisa dari simulasi parameter QoS berupa *end to end delay* pada scenario GSM dan PCM dalam topologi *Wireless Mesh Network* dapat disimpulkan bahwa rata-rata *end to end delay* untuk GSM lebih rendah daripada PCM, hal tersebut dapat terjadi karena dalam skema pengiriman data, PCM lebih banyak mengirimkan paket-paket yang berukuran kecil sehingga *Delay* secara umum atau waktu tunda dari PCM memiliki nominal yang lebih besar dari GSM namun tidak terlalu jauh selisih dari keduanya karena hanya satu angka dibelakang koma.

Tabel 4. 3 Hasil pengujian throughput pada WMN dalam scenario GSM (high) dan PCM (low)

Pengujian (ke-)	Uji <i>throughput</i>	
	GSM (<i>high</i>)	PCM (<i>low</i>)
1	700.000	250.000
2	925.000	327.500
3	1.625.000	562.500
Rata-rata (dalam bits/secon)	1.083.333	380.000

Dalam **tabel 4.3**, hasil analisa dari simulasi parameter QoS berupa *throughput* pada scenario GSM dan PCM dalam topologi *Wireless Mesh Network* dapat disimpulkan bahwa rata-rata *throughput* untuk GSM lebih tinggi daripada PCM, hal tersebut dapat terjadi karena kualitas data dari GSM yang lebih besar daripada PCM. *Throughput* secara rata-rata diambil dan dijumlahkan selama 4 menit waktu runtime setelah dianalisis masih dalam batas normal dan dibawah ambang batas atau *threshold* yang ditentukan dalam jaringan, sehingga besaran *throughput* dari yang dikirimkan masih dapat sampai ke *receiver* walau beberapa telah hilang karena *packet loss* dalam scenario yang telah dijalankan.

Tabel 4. 4 Hasil pengujian Waktu Konvergensi pada WMN dalam scenario GSM (high) dan PCM (low)

Pengujian (ke-)	Uji Waku Konvergensi	
	GSM (<i>high</i>)	PCM (<i>low</i>)
1	0,153	0,15
2	0,08	0,08
3	0,0425	0,0425
Rata-rata (dalam secon)	0,0918	0,0908

Dalam **tabel 4.4**, hasil analisa dari simulasi parameter QoS berupa waktu konvergensi pada scenario GSM dan PCM dalam topologi *Wireless Mesh Network*

dapat disimpulkan bahwa rata-rata waktu konvergensi untuk GSM sama dengan PCM, perbedaan nominal angka terjadi namun sangat kecil, hal tersebut dapat terjadi karena waktu konvergensi adalah waktu yang diperlukan oleh topologi untuk *establishment* semua elemen dan semua entitas dalam topologi agar dapat menjalankan proses sebagaimana mestinya. Waktu konvergensi cenderung relative dan sama untuk GSM dan PCM karena tidak terdapat kasus berat dalam topologi seperti salah satu elemen yang mati sehingga konvergensi harus berjalan kembali untuk melakukan pembentukan jalur lagi.

Tabel 4. 5 Hasil pengujian Packet Loss pada WMN dalam scenario GSM (high) dan PCM (low)

Pengujian (ke-)	Uji Packet loss	
	GSM (<i>high</i>)	PCM (<i>low</i>)
1	20	20
2	10,71	15,38
3	2	2,27
Rata-rata (dalam %)	10,90	12,55

Dalam **tabel 4.5**, hasil analisa dari simulasi parameter QoS berupa *packet loss* pada scenario GSM dan PCM dalam topologi *Wireless Mesh Network* dapat disimpulkan bahwa rata-rata *packet loss* untuk GSM lebih kecil daripada PCM, hal tersebut dapat terjadi karena dalam scenario, semakin kompleks elemen dalam topologi, maka *packet loss* akan semakin besar, hal tersebut berlaku untuk PCM karena *packet loss* untuk scenario 16 dan 32 memiliki nominal yang lebih besar apabila dibandingkan dengan GSM.

4.4 Hasil Analisis

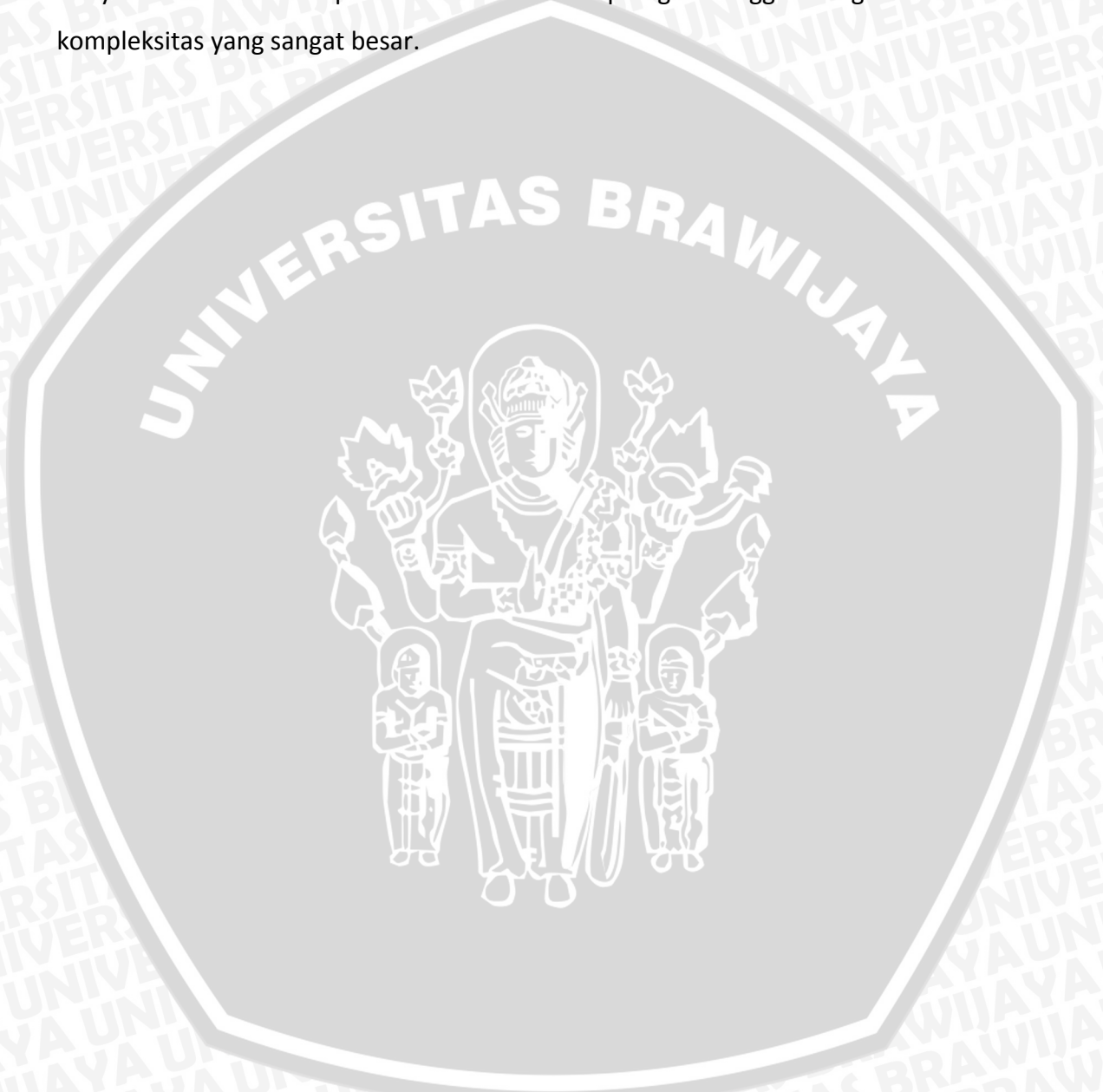
Untuk mengetahui pengaruh parameter QoS terhadap WMN yang diimplementasikan Protokol OSPF, analisa dilakukan dengan *me-run* simulator selama 4 (empat) menit untuk tiap-tiap jumlah *router* dengan sarana uji berupa

voice. Hasil yang ditampilkan sudah berupa hasil akhir dengan spesifikasi grafik yang menampilkan *average* atau rata-rata dari tiap-tiap parameter uji. Dari hasil tersebut muncul grafik yang tertera pada subbab diatas sehingga dapat dilakukan analisis dan menghasilkan table perbandingan antara kualitas data bertipe GSM dan PCM pada uji *voice*.

Hasil simulasi untuk parameter dalam GSM dan PCM meliputi QoS dan waktu konvergensi, secara spesifik dalam uji *jitter* GSM lebih tinggi daripada PCM karena kualitas data mempengaruhi variasi waktu dalam proses transmisi. Dalam uji *Delay (end to end)* GSM juga lebih besar daripada PCM karena waktu transmisi juga mendapatkan pengaruh dari besarnya ukuran data. Uji parameter *throughput* GSM juga secara keseluruhan setelah dirata-rata memiliki nominal 3x lebih besar daripada PCM, hal tersebut juga wajar terjadi karena ukuran data dari GSM lebih besar dengan kualitas yang lebih baik daripada PCM. Dalam uji Waktu Konvergensi secara detil nominal GSM sama dengan PCM karena waktu konvergensi terjadi hanya ketika akan *establishment* atau persiapan elemen-elemen dalam topologi, sehingga tidak melakukan proses konvergensi untuk kedua kalinya karena tidak terjadi *elemen down* dalam topologi tersebut. Saat pengujian *packet loss*, PCM memiliki nominal yang lebih besar daripada GSM karena dalam scenario 2 dan 3 terdapat rata-rata data yang hilang dari topologi dalam proses pengujian.

Hasil analisis dan hasil perbandingan GSM dan PCM memiliki perbedaan yang cukup signifikan, hal tersebut dapat dibuktikan dengan hanya ada satu dari 4 QoS yang memiliki hasil nominal yang sama untuk GSM dan juga PCM yaitu saat uji waktu konvergensi. 3 yang berbeda yakni *jitter*, *delay (end to end)* dan juga *throughput*, juga *packet loss* antara GSM dan PCM memiliki perbedaan. Dari hasil analisa tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa waktu konvergensi dari OSPF tersebut yang diimplemetasikan dalam topologi *Wireless Mesh Network* memiliki skema yang sama saat *establishment* dalam topologi. Dapat juga disimpulkan bahwa *jitter*, *delay*, *throughput*, dan *packet loss* dapat berbeda-beda hasilnya dalam scenario pengujian, selain parameter QoS dan Waktu konvergensi, perbedaan juga dapat dilihat dari jumlah elemen dalam topologi, semakin

kompleks topologi maka akan semakin besar juga *effort* untuk tiap-tiap parameter uji, sehingga dengan adanya protokol routing OSPF dapat menjadikan proses trasnmisi data dan *routing* menjadi lebih efisien dalam topologi *Wireless Mesh Network*, namun hasil yang berkebalikan juga akan didapatkan apabila makin banyak dan makin kompleks elemen dalam topologi sehingga mengakibatkan kompleksitas yang sangat besar.



BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

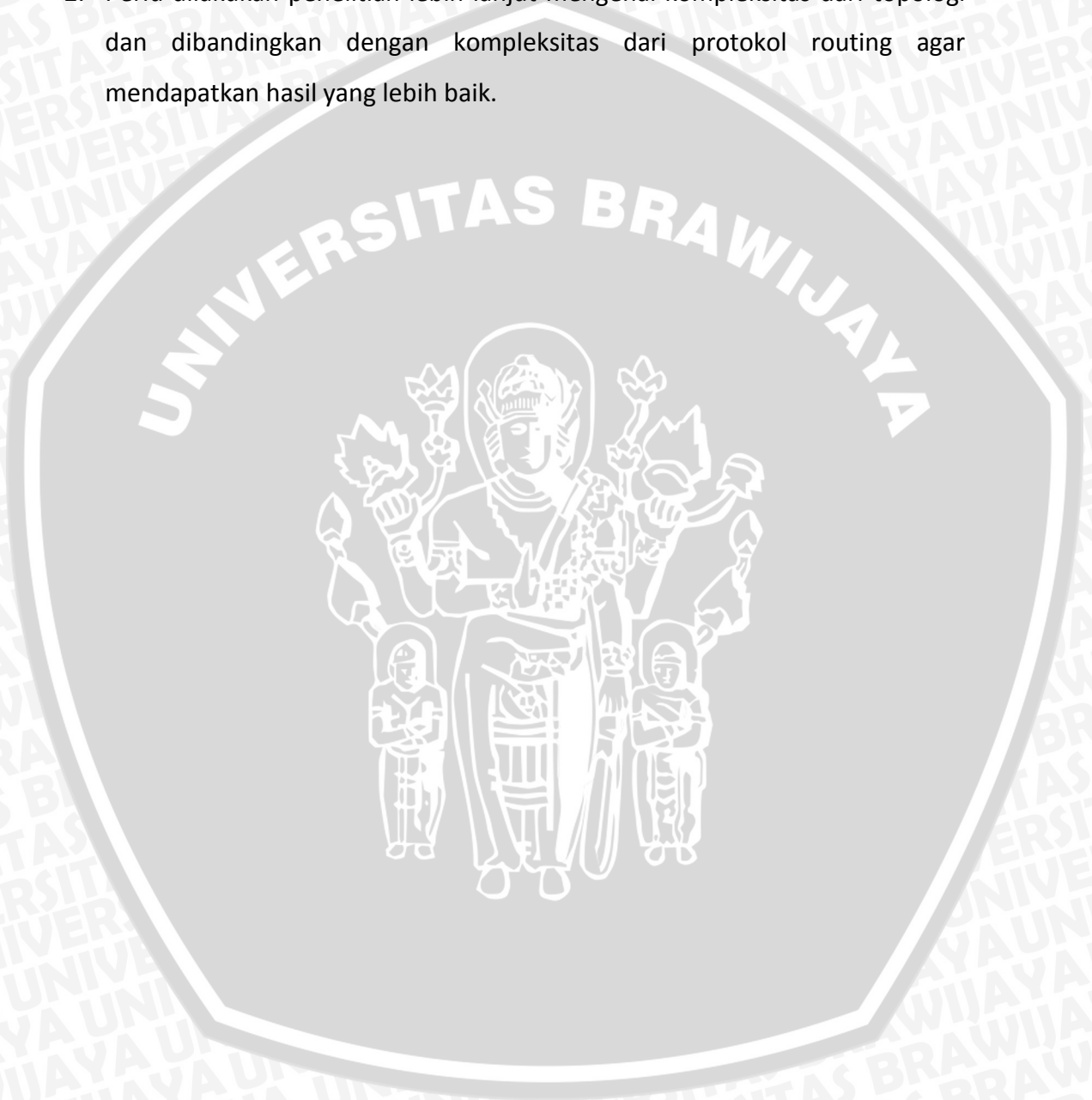
Dari hasil pengujian dan analisis kinerja protokol *routing* OSPF dalam topologi *Wireless Mesh Network*, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Protokol *routing* dapat dirancang dan disimulasikan pada topologi *wireless mesh network* dengan simulator OPNET dengan parameter QoS untuk diuji melalui *voice* sebagai paket data yang dikirim antar *router*. *Voice* tersebut dapat disimulasikan menjadi dua kualitas data yaitu GSM dan PCM sebagai sarana uji lebih lanjut untuk dibandingkan hasilnya. Secara keseluruhan, dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan menggunakan protokol OSPF pada topologi *Wireless Mesh Network* untuk uji *voice* menghasilkan nilai cenderung buruk, hal tersebut terjadi karena banyak paket yang hilang dan *delay* yang cukup tinggi yakni diatas 20 detik yang terjadi selama scenario percobaan.
2. Faktor yang mempengaruhi proses *routing* dalam topologi *Wireless Mesh Network* antara lain parameter QoS yaitu *jitter*, *delay*, *throughput*, *packet loss*, dan Waktu konvergensi. Hal tersebut dapat terjadi karena dalam proses simulasi, besaran nominal dari jumlah tiap-tiap parameter menghasilkan data yang bervariasi untuk dianalisis. Hasil analisis dalam penelitian ini semua parameter QoS memiliki pengaruh dalam proses transmisi data terutama *jitter*, *delay*, dan *packet loss* dengan nilai 11 – 16 detik untuk *jitter*, 2 detik untuk *delay*, dan 10 % untuk *packet loss*.
3. Parameter lain yang juga dapat mempengaruhi hasil dan kinerja protokol *routing* OSPF dalam topologi *Wireless Mesh Network* adalah jumlah elemen dalam topologi atau dalam kasus ini adalah jumlah *router* dan jumlah *client* yang melakukan pertukaran data berupa *voice*. Semakin banyak jumlah *router* dan *Client*, maka semakin besar juga kompleksitas dari topologi tersebut.

5.2 Saran

Saran yang dapat disampaikan untuk pengembangan lebih lanjut adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk pengujian selain menggunakan *voice*, pengujian juga seharusnya dapat dilakukan tanpa menggunakan protokol UDP. Pengujian juga dapat dilakukan dengan menambahkan parameter uji yang berbeda dari QoS yang telah tersedia.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kompleksitas dari topologi dan dibandingkan dengan kompleksitas dari protokol routing agar mendapatkan hasil yang lebih baik.



DAFTAR PUSTAKA

- Fuertes, J, A, C., Philipp, M., & Baccelli, E., *Routing Across Wired And Wireless Mesh Networks: Experimental Compound Internetworking With OSPF*, 2012. The 8th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference, Aug 2012, Limassol, Cyprus
- Baumann, R., Heimlicher, S., Lenders, V., May, M., *Routing Packets into Wireless Mesh Network*, 2007, Department of Electrical Engineering Princeton University, NJ, USA
- Alwan, A, M., *OSPF for Wireless Mesh Backbone Network*, 2006. A Thesis to Ryerson University for degree of Master of Applied Science in Program of Computer Networks, Toronto, Ontario, Canada.
- Jun, J., & Sichitui, M, L., *MRP: Wireless Mesh Networks Routing Protocol*, 2008, Department of Electrical and Computer Engineering, North Carolina State University, Raleigh, USA
- Baccelli, E., Cordero, J, A., Jacquet, P., *OSPF over Multi-Hop ad Hoc Wireless Communications*, 2010. International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC) vol 2, no 5, September 2010
- Atlantic, 2014. Wireless Mesh and the Internet of Things. [Online]
Available at: <http://atlantic.com/wireless-mesh-and-the-internet-of-things>
[Diakses 22 Juni 2016].
- Wikipedia, 2016. Routing Convergence. [Online]
Available at: [https://en.wikipedia.org/wiki/Convergence_\(routing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Convergence_(routing))
[Diakses 22 Juni 2016]
- Yekti, 2012. Bandwith, Delay, Throughput. [Online]
Available at: <http://blog.ub.ac.id/yekti/2012/09/24/bandwidth-delay-dan-throughput/>
[Diakses 22 Juni 2016]

Widi, 2016. Analisa QoS Jaringan. [Online]

Available

at:

<http://widi.lecturer.pens.ac.id/Praktikum/Praktikum%20Jarkom1/Prakt%20Modul%2014%20Analisa%20QoS.pdf>

[Diakses 22 Juni 2016]

Methley, S., 2009. Essentials of Wireless Mesh Networking. s.l.:Cambridge University Press.

Bemoussat, C., Didi, F., Feham, M., *Efficient Routing Protocol to Support QoS in Wireless Mesh Network*, 2012. International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN) vol 4, no 5, October 2012

Akyildiz, F. I. & Xudong, W., 2005. A Survey on Wireless Mesh Networks. IEEE Radio Communications, September.pp. 23-30.

Sanchez, C, C., *Multi-service OSPF network analyzing in the simulation environment OMNET++*, 2011., Czech Technical University in Prague, September 24, 2011

Wang, S, Y., Lin, C,C., Chou, C, L., *Implementing and Evaluating three routing protocols in dual-radio-dual-mode IEEE 802.11(b) wireless mesh networks*, 2008. Department of Computer Science, National Chiao Tung University, Hsinchu, Taiwan, April, 11 2008

Seelwal, P., *Layered Issues in Wireless Mesh Networks*, 2013. International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering vol 3, issue 11, November 2013

Saha, M., & Krishna., *Bandwith Management Framework for Multicasting in Wireless Mesh Networks*, 2012. International Journal of Information and Electronics Engineering, vol 2, no 3, May 2012

Baccelli, E., Fuertes, J,A,C., Jacquet, P., *Multi-point Relaying Techniques with OSPF on Ad hoc Networks*, 2011. HAL, Parc Orsay Universite, 4 rue J. Monod, Orsay Cedex, France

- Catatan Teknisi, 2011. Pengertian Routing, Tabel Routing dan Protocol Routing. [Online] Available at: <http://www.catatanteknisi.com/2011/05/pengertian-routing-tabel-routing.html> [Diakses 18 Februari 2016]
- Cordero, J, A., Clausen, T, H., Baccelli, E., *MPR+SP : Towards a Unified MPR-based MANET Extension of OSPF*, 2010. HAL, Institut National De Recherche en Informatique et en Automatique, INRIA, France
- Bahl, V., *Performance Issues and Evaluation considerations of web traffic RIP & OSPF Dynamic Routing Protocols for Hybrid Network using OPNET*, 2012. International Journal of advanced research in computer science and software engineering. Vol 2, issue 9 Spetember 2012
- Grang, N., & Gupta, A., *Compare OSPF Routing Protocol with other Interior Gateway Routing Protocols*, 2013. International Journal of Engineering, Business and Enterprise Applications (IJEBEA).RIMT-IET, India.
- Cabarkapa, M., Mijatovic, D., and Krajnovic, N., 2011. *Network Topology Availability Analysis*. Telfor Journal, vol.3 no. 1, University of Westminster, London, UK.
- Gundalwar, P.R.,& Dr. Chavan, V. N., 2013. *Area Configuration and Link Failure Effect in IP Networks using OSPF Protocol*. International Journal of Scientific and Research Publications, vol 2, issue 4, april 2013, Dept. Of CS & IT, S. K. Porwal College, Kamptee, Nagpur (MS), India
- Fencl, T., 2011, *Algorithm for network topology design*. Doctoral Thesis Czech Technical University in Prague, Faculty of Electrical Engineering, Department of Control Engineering, March 2011, Prague
- Silk, L. M., Suhardi, 2011,*Pengaruh Model Jaringan Terhadap Optimasi Routing Open Shortest Path First (OSPF)*. Teknologi, vol. 1 no. 2, Juli 2011, ATKP Surabaya & Jurusan Informatika Sekolah Teknik ELEktro dan Informatika ITB
- Singla, A., Godfrey P. B., & Kolla, A., 2014, *High Throughput Data Center Topology Design*. University of Illinois at Urbana-Champaign, Paper of 11th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI '14), April 2-4, 2014, Seattle, USA

Diaz, C., Murdoch, S. J., & Troncoso, C., 2010, *Impact of Network Topology on Anonymity and Overhead in Low-Latency Anonymity Networks*, Computer Laboratory, University of Cambridge, UK, 2010

Schlinker, B., Mysore R. N., Smith. S., Mogul, J. C., & friends, 2015, *Condor : Better Topologies Through Declarative Design*, Google, Inc, University of Southern California. SIGCOMM '15 August 17-21, 2015, London, UK

