

Perbandingan Performa Routing Protocol antara Mixed Routing Protocol dengan Single Routing Protocol pada Aplikasi VoIP Menggunakan Riverbed Modeler Academic Edition 17.5

Dewa Nyoman Suartama Ariawan¹, Gede Saindra Santyadiputra², I Ketut Resika Arthana³

¹²³Pendidikan Teknik Informatika Fakultas Teknik dan Kejuruan Universitas Pendidikan Ganesha,
Jalan Udayana No.11, Singaraja, Bali, 81116 Indonesia

e-mail: dewanyomansuartama98@gmail.com¹ resika@undiksha.ac.id² gsaindras@undiksha.ac.id³

Abstrak

VoIP merupakan perangkat teknologi komunikasi yang digunakan oleh perusahaan maupun perumahan untuk dapat melakukan komunikasi. Sejauh ini, ada beberapa kekurangan dari VoIP yang mungkin akan berdampak kepada kondisi riil dilapangan, Sehingga diperlukan adanya kombinasi antar routing protocol yang mampu menutupi kekurangan-kekurangan baik aplikasi VoIP maupun routing protocol tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan penelitian perbandingan performa mixed routing protocol dengan single routing serta melakukan pengujian pada IPv4 dan IPv6 dengan menggunakan topologi semi-mesh dan topologi mesh wireless network pada aplikasi VoIP. Penelitian ini menggunakan metode simulasi OPNET Riverbed Modeler Academic Edition 17.5 dengan model desain dan analisis yang meliputi tahapan create network model, modeling, application, profile and failure/recovery config, choose statistics, run simulation, view and analyze the results. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi EIGRP-IGRP-ISIS-OSPF-RIPv2 dan RIPv2-ISIS-EIGRP memberikan hasil penelitian yang baik dan menutupi kelemahan RIPv2, IS-IS dan EIGRP dibandingkan dengan single routing protocol, baik pada topologi semi-mesh dan mesh wireless network. mixed routing protocol. Penambahan variansi perbandingan IPv4 dengan IPv6 berbasis single routing protocol juga menunjukkan hasil yang signifikan, dimana baik IPv4 dengan IPv6 pada topologi semi-mesh dan mesh wireless network berada pada range sebagian berada pada range baik dan sangat baik dengan sisanya adalah hasil cukup, buruk dan sangat buruk.

Keywords: *Mixed Routing Protocol, Single Routing Protocol, VoIP, Semi-Mesh, Mesh Wireless Network, Riverbed Modele*

Abstract

VoIP is a communication technology device that is used by companies and homes to communicate. So far, there are several shortcomings of VoIP that may impact the real conditions in the field, so it is necessary to have a combination of routing protocols that can cover the shortcomings of both the VoIP application and the routing protocol. This study aims to conduct a comparative study of the performance of mixed routing protocols with single routing and to test IPv4 and IPv6 using semi-mesh topology and mesh wireless network topology in VoIP applications. This study uses the OPNET Riverbed Modeler Academic Edition 17.5 simulation method with a design and analysis model that includes the stages of create network model, modeling, application, profile and failure / recovery configuration, choose statistics, run simulation, view and analyze the results. The results showed that the combination of EIGRP-IGRP-ISIS-OSPF-RIPv2 and RIPv2-ISIS-EIGRP provided good research results and covered the weaknesses of RIPv2, IS-IS and EIGRP compared to single routing protocols, both in semi-mesh and wireless mesh topologies. network. mixed routing protocol. The addition of the variance of the comparison between IPv4 and IPv6 based on a single routing protocol also shows significant results, where both IPv4 and IPv6 in the semi-mesh topology and the mesh wireless network are in a range partly in good and very good ranges with the rest being sufficient, bad and very bad.

Keywords: *Mixed Routing Protocol, Single Routing Protocol, VoIP, Semi-Mesh, Mesh Wireless Network, Riverbed Modeler*

1. Pendahuluan

Sejak hadir di tahun 1995, perkembangan teknologi Voice Over Internet Protocol (VoIP) kini sudah semakin pesat dan cenderung digunakan oleh perusahaan maupun perumahan untuk melakukan komunikasi [1]. Hadirnya VoIP dijadikan solusi untuk melakukan komunikasi karena biaya yang dikeluarkan relative murah dan dapat meningkatkan efisiensi pengeluaran [2].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa kekurangan-kekurangan yang mungkin akan berdampak kepada kondisi riil dilapangan, dimana RIP, EIGRP, dan IS-IS adalah routing protocol yang dianggap lemah dalam aplikasi VoIP. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [3] dan [4] menunjukkan bahwa RIP memiliki Jitter tinggi dan MOS value yang rendah yang mengakibatkan terjadinya kebisingan yang serius ketika akan memulai percakapan suara. Selain itu, Single routing protocol seperti EIGRP menurut penelitian [5] dan [6] hanya unggul pada aplikasi Database, HTTP dan Email sehingga untuk aplikasi VoIP, EIGRP membutuhkan kombinasi lebih dari 2 (dua) routing protocol untuk dapat berjalan pada aplikasi VoIP dan IS-IS memiliki jitter tinggi terhadap aplikasi VoIP yang akan berdampak kepada kebisingan dan tidak tersampainya paket ke tujuan ketika melakukan komunikasi dibandingkan dengan kombinasi IS-IS/EIGRP, meskipun IS-IS sendiri memiliki keunggulan dalam aplikasi Videoconferencing [7].

Adanya kelemahan pada single routing protocol terhadap parameter yang diujikan baik terhadap aplikasi VoIP maupun aplikasi lainnya dapat diatasi dengan cara mengimplementasikan mixed routing protocol yang merupakan penggabungan 2 (dua), 3 (tiga) atau lebih routing protocol dengan tujuan untuk meningkatkan performansi, kinerja, fleksibilitas, dan efisiensi routing protocol terhadap aplikasi yang akan diujikan pada sebuah penelitian.

implementasi terkait penggunaan mixed routing protocol sudah pernah dilakukan peneliti [5], [6], [7], [8] dan [9]. Namun belum secara spesifik menunjukkan secara detail karakteristik dan penggunaan routing yang lebih bervariasi, Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah Untuk mengetahui Perbandingan Performa Routing Protocol antara Mixed Routing Protocol dengan Single Routing Protocol pada aplikasi VoIP dengan melibatkan 3 (tiga) skenario yaitu: (1) skenario sesama kombinasi; (2) skenario perbandingan dengan IPv4 dengan IPv6, dan; skenario perbandingan mixed routing protocol dengan single routing protocol.

2. Metode

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan menggunakan metode observasi. Data yang diperoleh dari metode ini meliputi parameter penelitian untuk pengujiannya, penentuan routing protocol, pemilihan topologi, penentuan perangkat dan modul penelitian. Penelitian ini dilakukan dengan bantuan software simulasi OPNET Riverbed Modeler Academic Edition 17.5.

Adapun prosedur simulasi penelitian sebagai berikut.

a. Create Network Setup

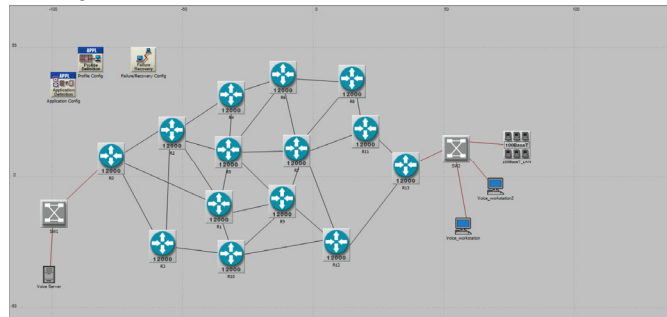
Dimulai dari merancang *project*, menentukan 2 (dua) jenis *initial topology* yaitu "*Create empty skenario*" atau "*Import from App Transaction Xpert*", menentukan skala jaringan, dan *Model* teknologi yang akan digunakan. Disini *model* teknologi yang digunakan adalah *Cisco, ethernet, internet_toolbox, wireless_lan_adv* dan *links_PPP* meskipun bisa digabungkan dengan *model* lain diluar *model* yang sudah ditentukan sebelumnya. Lebih detail dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

TABEL I. ATRIBUT PEMBANGUNAN PROJECT BARU

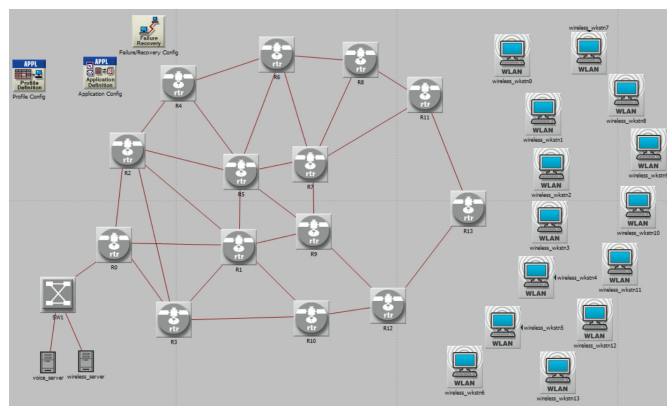
<i>Atributes</i>	<i>Values</i>
<i>Project name</i>	Perbandingan <i>mixed</i> dengan <i>single routing protocol</i>
<i>Skenario name</i>	(selengkapnya akan dijelaskan pada <i>sub-bab</i> skenario)
<i>Initial topology</i>	<i>Create empty scenario</i>
<i>Network scale</i>	<i>Office</i>
<i>Specify size</i>	100 x 100
<i>Choose Technology</i>	<i>Cisco, ethernet, internet_toolbox, wireless_lan_adv</i> dan <i>links_PPP</i>

b. Modeling

Tahapan modelling melibatkan merancang topologi *semi-mesh* dan *mesh wireless network* pada Gambar 2 dan 3



Gambar 2. Perancangan topologi Semi-mesh



Gambar 3. Perancangan topologi Mesh Wireless Network

Memasang perangkat lain seperti *PPP_DS3_link*, *100BaseT_link*, *Ethernet_server*, *Ethernet16_switch*, *Ethernet router Cisco 12016* dengan *codename CS_12016_16s_a10_fe8_ge3_sl24* dan *Cisco 7206* dengan *codename CS_7206_6s_a2_ae8_f4_tr4_slip16*, *100BaseT_LAN*, *Ethernet_wkstn*, *ip32_cloud*, *wlan_ethernet_router*, *wlan_wkstn-adv*, memasang *mixed routing protocol (EIGRP/IGRP/ISIS/OSPF/RIPv2, OSPF/IGRP/RIPv2, RIPv2/ISIS/EIGRP* dan *ISIS/IGRP/OSPF)*, memasang *single routing protocol (RIP (Versi 2 dan RIPv2), IGRP, EIGRP, OSPF (IPv4 dan OSPFv3), dan IS-IS (IPv4 dan IPv6))*, dan membangun skenario. Skenario yang dibangun terdiri atas 12 skenario.

c. Application, Profile and Failure/Recovery

Application, profile and failure/recover config yang meliputi *setup profile* dengan nama “Voice Client” dan *application config* dengan nama “Voice Server” dengan deskripsi *PCM Quality and Silence Suppressed*, *setup failure/recovery* pada *router* yang memiliki jarak terdekat ke tujuan dengan durasi yang sudah ditentukan. Detail failure/recovery dapat dilihat pada Tabel II

TABEL II. KONFIGURASI FAILURE/RECOVERY UNTUK TOPOLOGI SEMI-MESH

Link	Fail	Recover
R13 > R12	250	350
R12 > R9	400	450
R9 > R1	470	550
R1 > R0	580	600

TABEL III. KONFIGURASI FAILURE/RECOVERY UNTUK TOPOLOGI MESH WIRELESS NETWORK

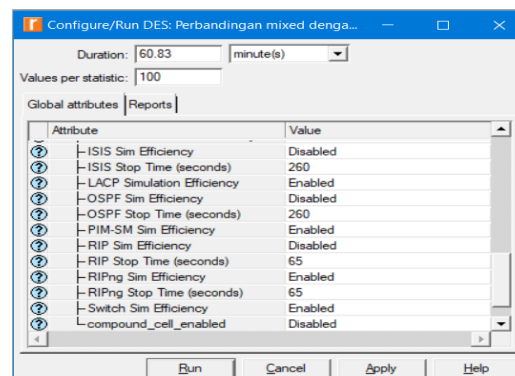
Link	Fail	Recover
R3 > Router mesh 7	150	200
Router mesh 7 > R2	320	400
R2 > Router mesh 3,	450	520
Router mesh 3 > R1,	570	600
R1 > Router mesh 6	660	700
Router mesh 6 > R2	750	800

d. Choose Statistics

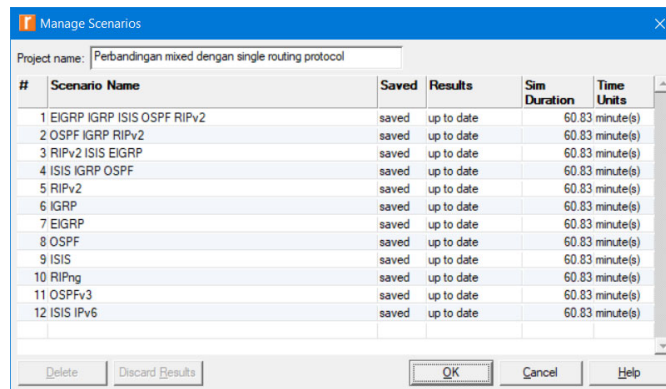
Parameter statistics yang digunakan untuk menguji Mixed Routing Protocol dengan Single Routing Protocol pada aplikasi VolP adalah *Jitter (sec)*, *MOS Value*, *Packet Delay Variations*, *Packet End-to-End Delay (sec)*, *Traffic Received (bytes/sec)* dan *Traffic Sent (bytes/sec)* ditambah dengan *parameter QoS* seperti *Convergence time (sec)* dan *PPP Throughput (bytes/sec)*.

e. Run Simulations

Tahapan ini penulis menjalankan simulasi dengan waktu yang sudah dikalkulasi yaitu 60.83 menit melalui konfigurasi “Configure/Run Discrete Event Simulation” dan menjalankannya secara bersamaan melalui “Manage Scenarios” seperti pada Gambar 4 dan 5 sebagai berikut.



Gambar 4. Tampilan konfigurasi simulasi.



Gambar 5. Memulai simulasi pada Manage Scenario.

- f. View and Analyze Results
Setelah simulasi selesai, dilakukan penglihatan grafik atau disebut *graphic view* dan melakukan analisis hasil yang berupa grafik dan tabel *spreadsheet* yang didapatkan menggunakan fitur "Export the Graphic to the Spreadsheet".

3. Hasil dan Pembahasan

- a. Hasil
 - 1. Skenario 4 (empat) kombinasi pada aplikasi VoIP

TABEL IV. HASIL SKENARIO 4 KOMBINASI PADA APLIKASI VOIP

<i>Routing Protocol</i>	Unggul pada
<i>EIGRP-IGRP-ISIS-OSPF-RIPv2</i>	<i>Convergence time, Jitter, Packet Delay Variation, Traffic Sent/Received</i>
<i>RIPv2-ISIS-EIGRP</i>	<i>Jitter, MOS Value, Packet End-to-end Delay dan Throughput</i>
<i>OSPF-IGRP-RIPv2</i>	<i>MOS Value</i>
<i>ISIS-IGRP-OSPF</i>	<i>Convergence time, Jitter, MOS Value, Packet Delay Variation dan Throughput</i>

- 2. Skenario Perbandingan IPv4 dengan IPv6

TABEL V. HASIL SKENARIO PERBANDINGAN IPV4 DENGAN IPV6

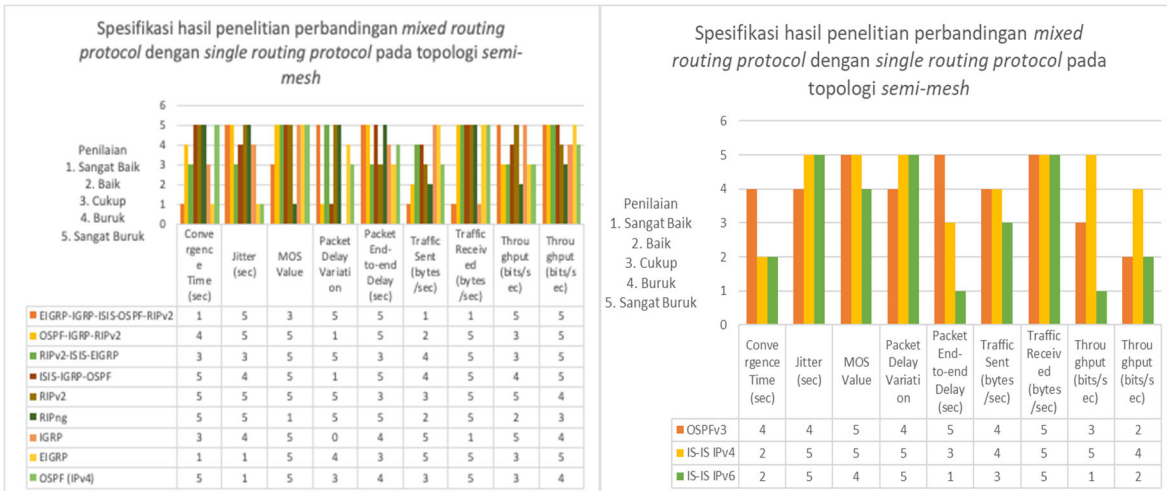
<i>Routing Protocol</i>	Unggul pada
<i>EIGRP</i>	<i>Convergence Time, Jitter, packet delay variation, dan traffic sent/received</i>
<i>OSPF</i>	<i>Convergence Time dan Jitter</i>
<i>IS-IS</i>	<i>Convergence Time dan Jitter</i>
<i>RIPv2</i>	<i>MOS Value dan packet delay variation</i>
<i>IGRP</i>	<i>packet end-to-end delay</i>
<i>IS-IS IPv6</i>	<i>Packet Delay Variation dan Packet end-to-end delay</i>
<i>RIPng</i>	<i>convergence time, jitter, MOS Value, dan traffic sent</i>
<i>OSPFv3</i>	<i>convergence time dan throughput</i>

3. Skenario Perbandingan Mixed Routing Protocol dengan Single Routing Protocol secara Keseluruhan

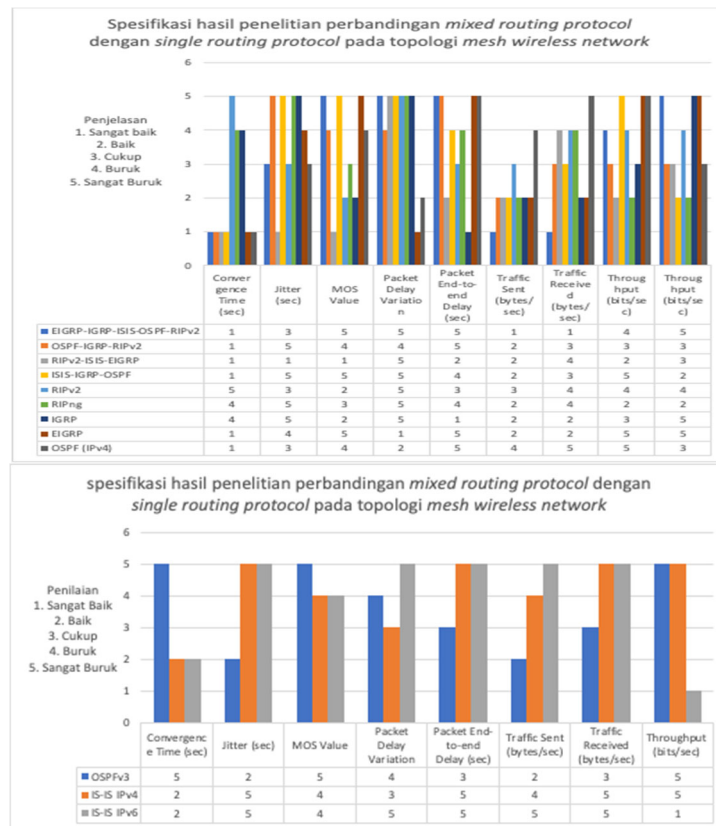
TABEL VI. HASIL SKENARIO PERBANDINGAN *MIXED ROUTING PROTOCOL* DENGAN *SINGLE ROUTING PROTOCOL* SECARA KESELURUHAN

<i>Routing Protocol</i>	Unggul pada
<i>EIGRP-IGRP-ISIS-OSPF-RIPv2</i>	<i>Convergence time, Jitter, Packet Delay Variation, Traffic Sent/Received</i>
<i>RIPv2-ISIS-EIGRP</i>	<i>Jitter, MOS Value, Packet End-to-end Delay dan Throughput</i>
<i>OSPF-IGRP-RIPv2</i>	<i>MOS Value</i>
<i>ISIS-IGRP-OSPF</i>	<i>Convergence time, Jitter, MOS Value, Packet Delay Variation dan Throughput</i>
<i>EIGRP</i>	<i>Convergence Time, Jitter, packet delay variation, dan traffic sent/received</i>
<i>OSPF</i>	<i>Convergence Time dan Jitter</i>
<i>IS-IS</i>	<i>Convergence Time dan Jitter</i>
<i>RIPv2</i>	<i>MOS Value dan packet delay variation</i>
<i>IGRP</i>	<i>packet end-to-end delay</i>
<i>IS-IS IPv6</i>	<i>Packet Delay Variation, Packet end-to-end delay</i>
<i>RIPng</i>	<i>convergence time, jitter, MOS Value, traffic sent</i>
<i>OSPFv3</i>	<i>convergence time dan throughput</i>

Grafik dari tabel hasil penelitian terhadap ke-tiga scenario ini dapat dilihat pada Gambar grafik 6 dan 7 sebagai berikut.



Gambar 6. Grafik spesifikasi hasil penelitian pada topologi semi-mesh



Gambar 7. Grafik spesifikasi hasil penelitian pada topologi mesh wireless network.

b. Pembahasan

a) Pembahasan Hasil Penelitian

1. Hasil pada skenario 4 (empat) kombinasi pada aplikasi VoIP

Penelitian ini menunjukkan bahwa pada perbandingan antar kombinasi, *EIGRP-IGRP-ISIS-OSPF-RIPv2*, *OSPF-IGRP-RIPv2*, *RIPv2-ISIS-EIGRP* dan *ISIS-IGRP-OSPF* pada topologi *semi-mesh* memiliki cukup permasalahan baik pada *parameter*, metrik, *packet format*, *routing table* dan fitur-fitur lainnya yang membuat *range parameter* berdasarkan pada hasil akhir *spreadsheet* yang digunakan memberikan hasil yang buruk meskipun kombinasi *EIGRP-IGRP-ISIS-OSPF-RIPv2* mengungguli pada topologi *semi-mesh* dibandingkan dengan kombinasi lain. Sementara itu pada topologi *mesh wireless network*, kombinasi *EIGRP-IGRP-ISIS-OSPF-RIPv2*, *OSPF-IGRP-RIPv2*, *RIPv2-ISIS-EIGRP* dan *ISIS-IGRP-OSPF* mengalami peningkatan hasil yang signifikan dibandingkan dengan pada topologi *semi-mesh*. Karena topologi *mesh wireless network* selain memiliki fitur *self-healing* dan *self-configure*, topologi ini juga berinteraksi dengan *wifi* standar (802.11a, b dan g) seperti halnya pada jaringan *wifi* lokal pada umumnya, mempermudah konfigurasi dan semakin banyak *router* yang terpasang akan semakin cepat jaringan *wifi* yang dimiliki. Sehingga untuk perbandingan antar kombinasi, kombinasi *EIGRP-IGRP-ISIS-OSPF-RIPv2* dan *RIPv2-ISIS-EIGRP* menjadi unggul pada topologi *mesh wireless network* dibandingkan dengan kombinasi lain.

2. Hasil pada skenario Perbandingan IPv4 dengan IPv6

Berlanjut pada skenario kedua yaitu perbandingan *IPv4* dengan *IPv6*, terlihat pada Tabel 4.23 (a) dan (b) memiliki hasil yang sangat berbeda baik pada topologi *semi-mesh* maupun *mesh wireless network*. Hal ini dipengaruhi dari konfigurasi *failure/recovery* yang cukup

banyak, membuat *routing* protocol berbasis *IPv4* dan *IPv6* harus melakukan kalkulasi ulang agar dapat mengirimkan dan menerima paket suara dengan cepat. Tetapi dari segi penilaian yang didapatkan *IPv4* mengguguli pada topologi *mesh wireless network*, tetapi *IPv6* mengguguli pada topologi *semi-mesh*. Hal tersebut dikarenakan *failure/recovery* tersebut, IP address yang invalid ataupun konfigurasi yang dilakukan pada setiap *router* untuk mengatur *routing* protocol yang akan dipasangkan pada jaringan.

3. Hasil pada skenario Perbandingan Mixed Routing Protocol dengan Single Routing Protocol secara Keseluruhan

Dimana secara keseluruhan, kombinasi *EIGRP-IGRP-ISIS-OSPF-RIPv2* dan *RIPv2-ISIS-EIGRP* memberikan hasil penilaian yang signifikansi naik lebih baik dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Topologi *mesh wireless network* memberikan dampak yang sangat berpengaruh dengan hasil penelitian yang didapatkan dibandingkan dengan *single routing protocol* yang hanya unggul pada topologi *semi-mesh*, tetapi terlihat sedikit impruviasi pada topologi *mesh wireless network* selain itu topologi *wireless* memberikan hasil yang baik untuk *mixed routing protocol* dibandingkan pada topologi *semi-mesh*. Mengingat topologi *mesh* baik *semi-mesh* dan *full mesh* berbasis *wired* memiliki biaya dan *redundant* yang lebih tinggi dibandingkan dengan topologi lain, serta membutuhkan banyak peralatan dan port untuk dapat terhubung membentuk jaringan topologi. Kelemahan dari topologi *mesh* sendiri juga diperbesar dari penggunaan *failure/recovery* yang membuat topologi *mesh* berkabel lebih sulit untuk berkembang daripada topologi *mesh wireless*. Sementara itu, topologi *mesh wireless* memiliki keunggulan pada fitur *multi-hops*, *self-healing* dan *self-configure* sehingga permasalahan yang terjadi pada ketahanan dan skalabilitas dapat diatasi dengan fitur tersebut.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa kombinasi *EIGRP-IGRP-ISIS-OSPF-RIPv2* dan *RIPv2-ISIS-EIGRP* memberikan hasil penelitian yang baik dan menutupi kelemahan *RIPv2*, *IS-IS* dan *EIGRP* dibandingkan dengan *single routing protocol*, baik pada topologi *semi-mesh* dan *mesh wireless network*. Hal ini dipengaruhi tidak hanya dari skala yang digunakan dan modul/konfigurasi yang digunakan, tetapi parameter juga turut mengambil bagian dari penelitian ini untuk meneliti performansi dan kinerja pada *mixed routing protocol* yang diujikan dengan *single routing protocol* dengan parameter yang meliputi: (1) *Convergence Time (sec)*; (2) *Jitter (sec)*; (3) *MOS Value*; (4) *Packet Delay Variations*; (5) *Packet End-to-end Delay (sec)*; (6) *Traffic Sent (bytes/sec)*; (7) *Traffic Received (bytes/sec)*; (8) *Throughput (bits/sec)* →, dan; (9) *Throughput (bits/sec)* ←. Selain itu, pada penelitian ini juga menambahkan variansi perbandingan *IPv4* dengan *IPv6* berbasis *single routing protocol* dengan skala, modul/konfigurasi dan parameter yang sama menunjukkan hasil yang signifikan, dimana baik *IPv4* dengan *IPv6* pada topologi *semi-mesh* dan *mesh wireless network* berada pada range sebagian berada pada range baik dan sangat baik dengan sisanya adalah hasil cukup, buruk dan sangat buruk. Sehingga secara keseluruhan, dapat peneliti simpulkan bahwa *mixed routing protocol* dapat menjawab permasalahan dari *RIPv2*, *IS-IS* dan *EIGRP* dibandingkan dengan *single routing protocol*. Selanjutnya, dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mementingkan topologi dengan skala yang lebih luas baik menggunakan topologi berkabel ataupun topologi *wireless*, pengembangan penelitian kombinasi *routing protocol* yang melibatkan 4 (empat) kombinasi dengan 5 (lima) kombinasi dan 3 (tiga) kombinasi baik hanya *IPv4* saja, *IPv6* saja ataupun keduanya menggunakan fitur transisi yang dimiliki oleh Riverbed Modeler dengan *parameter* yang lebih luas, seperti *FTP*, *HTTP*, *DB* dan *Video Conferencing*.

Daftar Pustaka

- [1] Forda, G. and Septana, H. D. "Analisis Performansi Voice Over Internet Protocol (Voip) Berbasis Session Initiation Protocol (Sip)" Jurnal Masyarakat Telematika dan Informasi, Vol.5, No.4, p.85-96, (2014).

- [2] HP, W., Susilawati, H. and Novianto, R. K. "Analisis Performansi VOIP (Voice Over Internet Protocol) Pada Jaringan Wimax" *JURNAL INFOTEL - Informatika Telekomunikasi Elektronika*, Vol.3, No.1 p.58, (2011).
- [3] Che, X. and Cobley, L. J. "VoIP performance over different interior gateway protocols", *International Journal of Communication Networks and Information Security*, Vol.1, No.1, p. 34–41, (2009).
- [4] Kudtarkar, A., Sonkusare, R. and Ambawade, D. "Performance analysis of routing protocols for Real Time Application", *International Journal of Advance Research in Computer and Communication Engineering*, Vol.3, No.1, p.-, (2014).
- [5] Lemma, E. S., Hussain, S. A. and Anjelo, W. W. "Performance Comparison of EIGRP / IS-IS and OSPF / IS-IS", *Electrical Engineering*, Vol.-, No.-, p.-, (2009).
- [6] Farhangi, S., Rostami, A. and Golmohammadi, S. "Performance comparison of mixed protocols based on EIGRP, IS-IS and OSPF for real-time applications", *Middle East Journal of Scientific Research*, Vol.12, No.11, p. 1502–1508, (2012).
- [7] Farhangi, Sajad and Golmohammadi, S. "A Comparative study of IS-IS and IGRP protocols for real-time application based on OPNET", *Advances in Electrical Engineering Systems*, Vol.1, No.1, p. 65–70, (2012).
- [8] Mohammad, Z., et al. (2017) 'Performance Analysis of Route Redistribution among Diverse Dynamic Routing Protocols based on OPNET Simulation', *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol.8, No.3, p. 324–332, (2017).
- [9] Mohammad, Z., Abusukhon, A. and Al-Maitah, M. A. "A comparative performance analysis of route redistribution among three different routing protocols based on OPNET simulation", *International Journal of Computer Networks and Communications*, Vol.9, No.2, p. 39–55, (2017).
- [10] Bruno, A. and Kim, J. CCDA® Exam Certification Guide (CCDA Self-Study, 640-861), 2nd Edition., City: Cisco, (2003), pp.-
- [11] Maryati, L. D., Pramananda, R. and Hannats, M. "Analisis Kinerja Protokol Routing OSPF dan EIGRP Untuk Aplikasi VoIP Pada Topologi Jaringan Mesh", *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, Vol.1, No.9, p. 960–970, (2017).
- [12] M. Alsahlany, A. and S. Rashid, H. "Audio Codecs Impact on Quality of VoIP Based on IEEE802.16e Considering Mobile IP Handover", *American Journal of Networks and Communications*, Vol.4, No.3, p. 59, (2015).
- [13] R. Zopf "Real-time Transport Protocol (RTP) Payload for Comfort Noise (CN)", September (2002). [Online]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc3389>.
- [14] A. Morton, B. Claise "Packet Delay Variation Applicability Statement", Maret (2009). [Online]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc5481>.
- [15] Jadhav, S., Zhang, H. and Huang, Z. "Performance evaluation of quality of VoIP in WiMAX and UMTS", *Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies, PDCAT Proceedings*, Vol. - No. June 2015, p. 375–380, (2011).
- [16] Sleem, A., Olumuyiwa, O. and Kamel, K. "REAL TIME PERFORMANCE EVALUATION OF VOICE OVER IP CALL QUALITY UNDER Aladdin Sleem Olugbenga Olumuyiwa Khaled Kamel Department of Computer Science Texas Southern University", *International Journal of Applied Science and Technology*, Vol.1, No.6, p. 286–299, (2011).
- [17] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications", January (1996). [Online]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc1889>.
- [18] H Miraz, M. et al. "Simulation and Analysis of Quality of Service (QoS) Parameters of Voice over IP (VoIP) Traffic through Heterogeneous Networks", *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol.8, No.7, p. 242–248, (2017).
- [19] Vasiliki. Panagiotopoulou, "Simulation-based Comparative Study of OSPF and EIGRP Routing Protocols", Open University of Cyprus, (2015).