



Analisis Kinerja Protokol *Routing* ZRP dan TORA Pada Komunikasi Berbasis MANET dan WMN Untuk Penanggulangan Daerah Bencana

Maulida Devi Milayanti¹, Ahmad Sabiq^{2*}

¹ Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas YARSI, Jakarta

² Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas YARSI, Jakarta,

e-mail: ahmad.sabiq@yarsi.ac.id

ARTICLE INFO

History of the article :

Received 06-06-2022

Received in revised form 29-06-2022

Accepted 20-07-2022

Available online 28-07-2022

Keywords:

Daerah bencana, MANET, TORA, WMN

*** Correspondence:**

E-mail:

ahmad.sabiq@yarsi.ac.id

ABSTRACT

At the time of natural disasters, generally resulting in paralysis of the communication network infrastructure, a communication system based on Mobile Ad-hoc Networks (MANET) and Wireless Mesh Networks (WMN) is needed, so that disaster management teams are easier to communicate with each other. In this thesis, ZRP and TORA routing protocols are tested on MANET and WMN networks using network simulator 2 version 2.35 with four scenarios. The parameters obtained to test performance are packet delivery ratio, end to end delay, throughput and routing overhead. From the results of testing the TORA routing protocol with the node has spread scenario and the ZRP routing protocol for all scenarios on WMN networks has a high average packet delivery ratio and the TORA routing protocol with the node spreads scenario has an average value of end to end delay low and high throughput. On the MANET network has a low average value of end to end delay and also has a high throughput and TORA routing protocols with the node spreads scenario has a high average packet delivery ratio and high routing overhead.

1. PENDAHULUAN

Menurut Undang-undang Nomor 24 Tahun 2007, bencana alam merupakan bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor [1]. Indonesia terletak di jalur vulkanik dan seismik aktif dunia yang sangat aktif. Jalur ini dikenal dengan nama “jalur cincin api dunia”, yang menjadi tempat tumbuh dan berkembangnya gunung api yang dapat meletus setiap saat hingga dapat menimbulkan bencana letusan gunung api, dan dapat disertai bencana susulan seperti tanah longsor, kebakaran hutan, hingga tsunami [2]. Selama tahun 2021, tercatat ada 3058 kejadian bencana alam yang terjadi di Indonesia dari tanggal 1 Januari 2021 hingga 28 Desember 2021 [3].

Pada saat bencana alam yang mengakibatkan infrastruktur jaringan dan komunikasi di suatu wilayah menjadi lumpuh, dibutuhkan suatu sistem komunikasi yang berjalan tanpa infrastruktur jaringan. Komunikasi yang dilakukan dalam penanganan bencana dapat dilakukan menggunakan perangkat komunikasi yang berbasis *Mobile ad-hoc network* (MANET) [4] [5]

MANET merupakan suatu inovasi teknologi jaringan nirkabel yang cocok digunakan pada daerah yang kekurangan infrastruktur jaringan dan komunikasi, seperti di kawasan yang terkena bencana alam. MANET adalah jaringan nirkabel yang terdiri atas beberapa *mobile node* yang dapat berkomunikasi tanpa adanya infrastruktur tetap dan kontrol yang terpusat dalam topologi yang dinamis. *Mobile node* yang terdapat pada MANET adalah perangkat bergerak seperti laptop, tablet, dan *smartphone* [6]

Beberapa protokol jaringan ad-hoc telah dikembangkan. Protokol *routing* MANET secara umum dibagi menjadi tiga kategori yaitu protokol *routing* proaktif, *routing* reaktif dan *routing* hybrid [7]. Protokol hybrid merupakan perpaduan antara protokol *routing* proaktif dan reaktif, contohnya seperti *zone routing protocol* (ZRP) dan *temporarily ordered routing algorithm* (TORA). ZRP adalah menggabungkan protokol proaktif dan reaktif, ZRP menggunakan skema jalur proaktif pada batasan zona tertentu dan menggunakan pendekatan reaktif untuk *node* di luar zona [8]. TORA merupakan protokol *routing* adaptif pada *link reversal* untuk menghasilkan algoritma *routing* yang dinamis pada jaringan dan jaringan nirkabel multi-hop. TORA mempertahankan arah tujuan berikut untuk meneruskan paket dengan menemukan lebih dari satu *route node* tujuan [9].

Protokol TORA dapat berkinerja lebih baik pada jaringan dengan kepadatan jaringan yang rendah sedangkan ZRP menunjukkan kinerja yang lebih baik dengan jaringan dengan kepadatan jaringan yang tinggi [8]. Pada penelitian yang menguji QoS protokol *routing* AODV, TORA, dan ZRP, didapatkan ZRP lebih baik 30% dibanding yang lainnya dalam hal *packet delivery ratio*, dan *throughput* yang didapat lebih baik hingga 90%. Tetapi dalam hal *end-to-end delay* AODV dan TORA mendapatkan nilai lebih baik hingga 70% dibandingkan dengan ZRP [10]. Dari pengujian protokol *routing* AODV, OLSR, TORA, dan DSR untuk komunikasi pada sistem transportasi cerdas yang menggunakan protokol HTTP, FTP, dan Suara. Protokol *routing* AODV disusul OLSR unggul dalam hal menggunakan aplikasi HTTP, dalam menggunakan aplikasi FTP, protokol OLSR disusul AODV, dan dalam menggunakan aplikasi Suara, protokol OLSR unggul disusul TORA [11]. Pada pengujian perbandingan kinerja protokol DSR, TORA dan OLSR pada jaringan MANET dengan penambahan kepadatan menggunakan model mobilitas *Random Way Point* (RWP), didapatkan OLSR memiliki kinerja terbaik dibandingkan dengan DSR dan TORA dalam hal *delay* dan *throughput* WLAN [12]. Sedangkan pada penelitian yang menganalisis perbandingan kinerja DSR, AODV, dan DSDV dari waktu ke waktu, hanya protokol AODV yang konsisten mengalami peningkatan *throughput* dan rasio paket yang diterima [13].

Wireless mesh networks (WMN) merupakan arsitektur yang memberikan mobilitas lebih rendah. Infrastruktur WMN merupakan jaringan router tanpa kabel pada setiap *node*-nya [14]. WMN dikembangkan untuk memberikan administrasi yang lebih baik untuk klien yang tetap dan berpindah, karena kemampuannya yang dapat mengatur sendiri, mengoptimalkan sendiri dan toleran terhadap kesalahan [15].

Pada pengujian protokol *routing* DSDV dan AODV berdasarkan ukuran paket dan tambahan *pause time* terhadap setiap *node*. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa pada skenario *node* yang menyebar menyebabkan peningkatan kinerja pada protokol *routing* DSDV dengan menggunakan *mesh router*. Sedangkan protokol *routing* AODV mengalami penurunan. Kemudian *packet delivery ratio* dan *end to end delay* pada skenario *random waypoint*, AODV dan DSDV mengalami peningkatan kinerja pada *pause time* 0 dan *pause time* 10 dan penurunan kinerja pada *pause time* 5. Hasil pengamatan *Routing overhead* pada skenario *random waypoint*, protokol AODV mengalami penurunan kinerja pada *pause time* 0, 5 dan 10. Sedangkan pada DSDV mengalami peningkatan kinerja pada *pause time* 0 dan *pause time* 10. Pada *pause time* 5 mengalami penurunan kinerja [16]

Pada penelitian ini penulis akan melakukan simulasi kinerja menggunakan protokol *routing* hybrid ZRP dan TORA pada sistem komunikasi MANET dan WMN dengan parameter uji, *packet delivery ratio*, *end-to-end delay*, *throughput* dan *routing overhead*.

2. METODE PENELITIAN

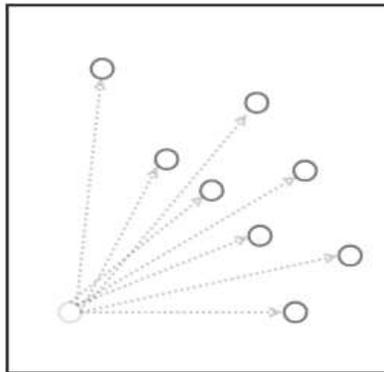
Rancangan Skenario

Pada tahapan ini, penulis merancang simulasi untuk mengukur kinerja sistem komunikasi jaringan MANET dan WMN dengan menggunakan protokol *routing* ZRP dan TORA. Simulasi jaringan MANET dan WMN menggunakan Network Simulator (NS2) sebagai media simulasi dan sistem operasi menggunakan Ubuntu 14.04. Perancangan skenario yang akan dibuat berupa *node* yang dapat berkomunikasi dan melakukan *broadcast* ke perangkat lain, dengan luas area simulasi, jarak dan waktu yang telah ditentukan. Selanjutnya, *node* dapat mem-*broadcast* pesan teks dengan perangkat yang tersedia. Diharapkan semua perangkat dapat menerima pesan dari perangkat satu ke perangkat lainnya yang saling terhubung.

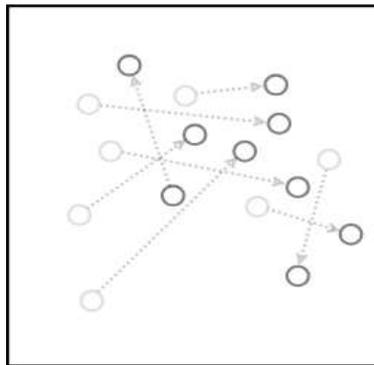
Rancangan Topologi

Intensitas curah hujan yang tinggi mengakibatkan banjir di wilayah pemukiman warga dengan luas daerah 500 x 500 m². Kondisi pada saat bencana alam mengakibatkan rusaknya infrastruktur jaringan dan komunikasi di suatu wilayah menjadi tidak berfungsi dengan baik, oleh karena itu dibutuhkan sebuah teknologi jaringan yang dapat digunakan tanpa adanya sebuah infrastruktur jaringan dan komunikasi yaitu MANET dan WMN.

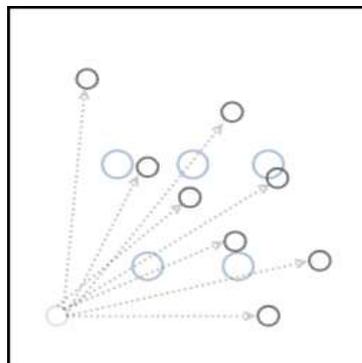
Tim SAR akan membagi regunya menjadi 3 kelompok dengan 40 orang, 50 orang dan 60 orang dengan waktu 1000 detik. Protokol *routing* yang dipakai pada jaringan MANET dan WMN adalah protokol *routing* hybrid ZRP dan TORA. Protokol *routing* ZRP memiliki 2 radius yang artinya jika terdapat 4 *node* yang masuk ke jarak antena maka yang akan dipilih dari 2 *node* dari 4 *node* tersebut. Terdapat empat rancangan topologi yang digunakan untuk simulasi pada penelitian ini. Yang pertama adalah *node* menyebar dari satu titik tanpa menggunakan *mesh router* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Topologi kedua adalah *node* sudah tersebar dari awal tanpa menggunakan *mesh router* seperti pada Gambar 2. Pada Gambar 3 ditunjukkan topologi ketiga yang terdiri dari *node* yang menyebar dari satu titik dengan *mesh router* yang tersebar di area. Begitu juga pada Topologi yang keempat, terdapat *mesh router* pada area dengan *node* sudah tersebar dari awal, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



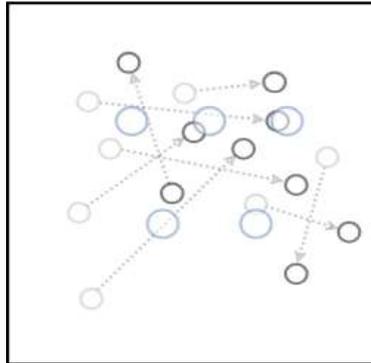
Gambar 1. *Node* Menyebar dari Satu Titik Tanpa Mesh Router



Gambar 2. *Node* Tersebar dari Awal Tanpa Mesh Router



Gambar 3. *Node* Menyebar dari Satu Titik Menggunakan Mesh Router



Gambar 4. *Node* Sudah Tersebar dari Awal Menggunakan Mesh Router

Implementasi Rancangan Skenario

Eksperimen yang penulis lakukan dengan menggunakan *software* simulator *open source* yang disebut dengan Network Simulator 2 (NS-2). Protokol *routing* yang akan diuji pada tugas ini adalah protokol *routing* ZRP dan TORA berdasarkan ukuran *packet size* dengan menambahkan *pause time* terhadap setiap *node*. Skenario pengujian dibagi menjadi tiga, yakni dengan luas area simulasi 500×500 m². Kemudian setiap skenario disimulasikan dengan jumlah 40, 50 dan 60 *node* dengan durasi waktu 1000 detik. Dengan menggunakan parameter QoS yaitu *throughput*, *packet delivery ratio*, *end to end delay* dan *routing overhead*.

Skenario Pengujian

Simulasi menggunakan protokol *routing* ZRP dan TORA dengan jumlah 40, 50 dan 60 *node* selama 1000 detik, luas area simulasi 500×500 m². *Node* akan mengirimkan 10 Mb dengan ukuran paket 64 byte. Parameter pengujian bisa dilihat pada Tabel 1. Setelah melakukan pengujian maka langkah selanjutnya yaitu menganalisis hasil simulasi dari pengujian.

Tabel 1. Skenario Pengujian

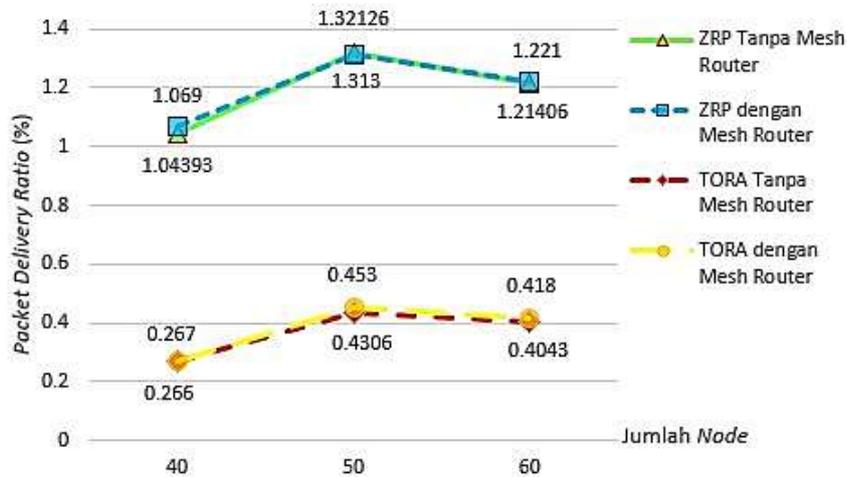
Parameter	Nilai
Luas area simulasi	500 x 500 m ²
Jumlah <i>node</i>	40, 50 dan 60 <i>node</i>
Waktu simulasi	1000 detik
Protokol <i>routing</i>	ZRP dan TORA
Tipe MAC	802.11
Ukuran paket	64 byte
Pengiriman paket	10 Mb
Protokol <i>transport</i>	UDP
<i>Traffic model</i>	CBR
Jenis pergerakan <i>node</i>	Random Way Point dan menyebar dari satu titik
Jenis pengiriman	Broadcast

<i>node</i>	
ZRP radius	2
Simulator	Network simulator 2 versi 2.35

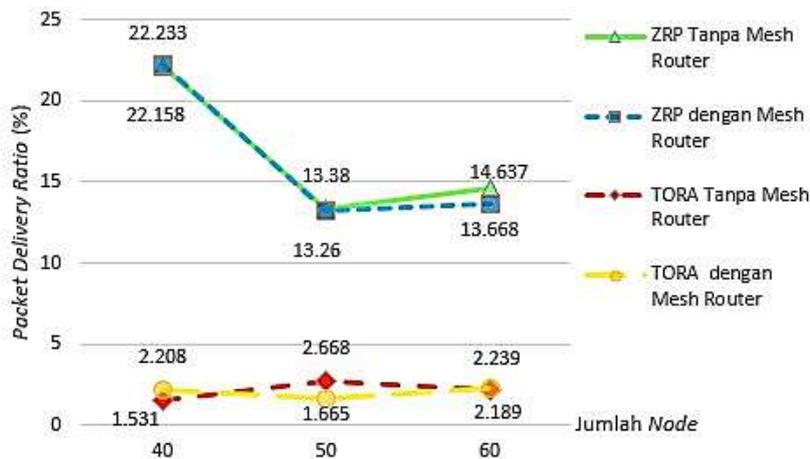
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 5 ditunjukkan grafik perbandingan nilai *packet delivery ratio* terhadap jumlah *node* protokol routing ZRP dan TORA pada skenario *random waypoint* dengan menggunakan mesh router dan tanpa menggunakan *mesh router*. Diperoleh nilai rata-rata protokol routing ZRP dengan menggunakan *mesh router* memiliki nilai rata-rata *packet delivery ratio* tertinggi jika dibandingkan 3 skenario lainnya yakni sebesar 1.069%, 1.32126% dan 1.221%. Ini menunjukkan bahwa algoritma protokol routing ZRP cocok dipakai dengan skenario *random waypoint* karena dari kedua skenario protokol routing ZRP menggunakan *mesh router* dan tanpa menggunakan mesh router memiliki nilai yang hampir sama namun dari kedua skenario protokol routing ZRP tersebut, nilai protokol routing ZRP dengan menggunakan *mesh router* lebih tinggi daripada tanpa menggunakan *mesh router*, ini membuktikan bahwa penggunaan *mesh router* mempengaruhi nilai yang semakin tinggi. Pada nilai protokol routing ZRP tanpa menggunakan *mesh router* memiliki nilai rata-rata *packet delivery ratio* tertinggi kedua yakni sebesar 1.04393%, 1.313% dan 1.21406%. Namun pada *node* 60 terjadi penurunan nilai karena semakin banyak jumlah *node* maka membuat nilai *packet delivery ratio* mengalami penurunan. Pada nilai protokol routing TORA dengan menggunakan *mesh router* yakni memiliki nilai 0.267%, 0.453% dan 0.418%. Hal tersebut menunjukkan penggunaan *mesh router* dapat mempengaruhi nilai menjadi tinggi. Pada nilai protokol routing TORA tanpa menggunakan *mesh router* memiliki nilai yang terendah dari 3 skenario di atas yaitu 0.266%, 0.4306% dan 0.4043% dengan tidak adanya penggunaan *mesh router* maka mempengaruhi nilai semakin menurun.

Pada Gambar 6 menunjukkan perbandingan nilai *packet delivery ratio* terhadap jumlah *node* protokol routing ZRP dan TORA pada skenario *node* yang menyebar dengan menggunakan *mesh router* dan tanpa menggunakan *mesh router*. Diperoleh nilai rata-rata protokol routing ZRP tanpa menggunakan mesh router memiliki nilai rata-rata *packet delivery ratio* tertinggi jika dibandingkan 3 skenario lainnya yakni sebesar 22.158%, 13.38% dan 14.637%. Pada nilai protokol routing ZRP dengan menggunakan *mesh router* memiliki nilai rata-rata *packet delivery ratio* tertinggi kedua yakni sebesar 22.233%, 13.26% dan 13.668%. Ini menunjukkan bahwa algoritma protokol routing ZRP cocok dipakai dengan skenario *node* yang menyebar karena dari kedua skenario protokol routing ZRP menggunakan *mesh router* dan tanpa menggunakan *mesh router* memiliki nilai yang hampir sama namun dari kedua skenario protokol routing ZRP tersebut, nilai protokol routing ZRP tanpa menggunakan *mesh router* lebih tinggi daripada dengan menggunakan *mesh router*. Pada nilai protokol routing TORA tanpa menggunakan *mesh router* yakni memiliki nilai sebesar nilai 1.531%, 2.668% dan 2.189%. Pada nilai protokol routing TORA dengan menggunakan *mesh router* memiliki nilai yang terendah dari 3 skenario di atas yaitu 2.208%, 1.665% dan 2.239%



Gambar 5. Perbandingan nilai *Packet Delivery Ratio* terhadap jumlah *Node* ZRP dan TORA pada Skenario *Random waypoint*, dengan dan Tanpa Mesh Router

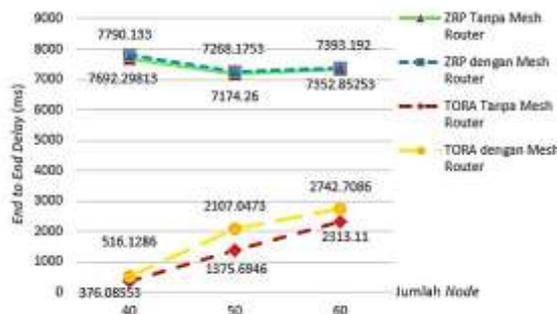


Gambar 6. Perbandingan nilai *Packet Delivery Ratio* terhadap jumlah *Node* ZRP dan TORA pada Skenario *Node* yang Menyebarkan, dengan dan Tanpa Mesh Router

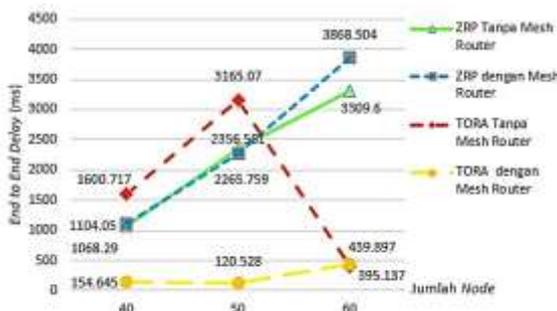
Pada Gambar 7 menunjukkan perbandingan nilai *end-to-end delay* terhadap jumlah *node* protokol *routing* ZRP dan TORA pada skenario *random waypoint* dengan menggunakan *mesh router* dan tanpa menggunakan *mesh router*. Diperoleh nilai rata-rata protokol *routing* TORA tanpa menggunakan *mesh router* memiliki nilai rata-rata *end-to-end delay* terendah jika dibandingkan 3 skenario lainnya yakni 376.08553 ms, 1375.6946 ms dan 2313.11 ms. Pada nilai protokol *routing* TORA dengan menggunakan *mesh router* memiliki nilai rata-rata *end-to-end delay* terendah kedua yakni sebesar 516.1286 ms, 2107.0473 ms dan 2742.7086 ms. Ini disebabkan algoritma protokol *routing* TORA tidak perlu menemukan rute lagi ke tujuan sehingga tidak membutuhkan waktu lama sampai ketujuan. Pada nilai protokol *routing* ZRP tanpa menggunakan *mesh router* yakni memiliki nilai 7692.29813 ms, 7174.26 ms dan 7352.85253 ms. Pada nilai protokol *routing* ZRP dengan menggunakan *mesh router* memiliki nilai yang tertinggi dari 3 skenario di atas yaitu 7790.133 ms, 7268.1753 ms dan 7393.1923 ms. Ini disebabkan

kemacetan di jaringan dan paket data membutuhkan waktu lebih lama untuk mencapai ke tujuan daripada biasanya.

Pada Gambar 8 menunjukkan perbandingan nilai *end-to-end delay* terhadap jumlah *node* protokol routing ZRP dan TORA pada skenario *node* yang menyebar dengan menggunakan *mesh router* dan tanpa menggunakan *mesh router*. Diperoleh nilai rata-rata protokol routing TORA dengan menggunakan *mesh router* memiliki nilai rata-rata *end-to-end delay* terendah jika dibandingkan 3 skenario lainnya yakni 154.645 ms, 120.528 ms dan 439.897 ms. Pada nilai protokol routing ZRP tanpa menggunakan *mesh router* memiliki nilai rata-rata *packet delivery ratio* terendah kedua yakni sebesar 1068.29 ms, 2356.561 ms dan 3309.6 ms. Pada nilai protokol routing ZRP dengan menggunakan *mesh router* yakni memiliki nilai 1104.05 ms, 2265.759 ms dan 3868.504 ms. Ini menunjukkan protokol routing ZRP semakin bertambah jumlah *node* yang menyebar maka sangat mempengaruhi naiknya nilai waktu *end-to-end delay* dalam pengiriman paket ke masing-masing protokol. Pada nilai protokol routing TORA tanpa menggunakan *mesh router* memiliki nilai yang tertinggi dari 3 skenario di atas yaitu 1600.717 ms, 3165.07 ms dan 395.137 ms. Ini menunjukkan terjadi kenaikan nilai pada *node* 50 namun pada *node* 60 terjadi penurunan nilai yang diakibatkan oleh kemacetan jaringan.



Gambar 7. Perbandingan nilai End to End Delay terhadap jumlah *Node* ZRP dan TORA pada Skenario *Random waypoint*, dengan dan Tanpa Mesh Router

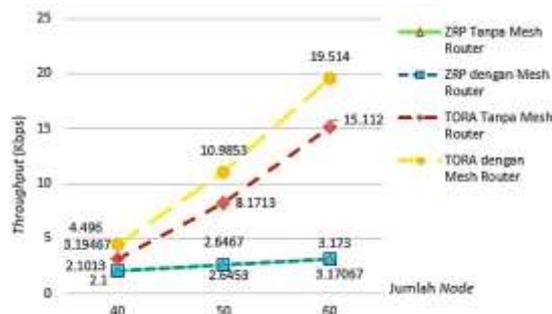


Gambar 8. Perbandingan nilai End to End Delay terhadap jumlah *Node* ZRP dan TORA pada Skenario *Node* yang Menyebar, dengan dan Tanpa Mesh Router

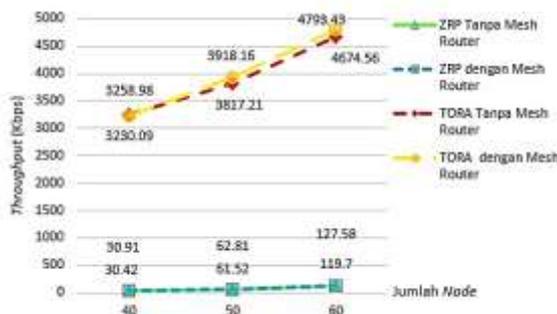
Pada Gambar 9 menunjukkan perbandingan nilai *throughput* terhadap jumlah *node* protokol routing ZRP dan TORA pada skenario *random waypoint* dengan menggunakan *mesh router* dan tanpa menggunakan *mesh router*. Diperoleh nilai rata-rata protokol routing TORA dengan menggunakan *mesh router* memiliki nilai rata-rata *throughput* tertinggi jika dibandingkan 3 skenario lainnya yakni sebesar 4.496 Kbps, 10.9853 Kbps dan 19.514 Kbps. Ini menunjukkan

penggunaan *mesh router* mengakibatkan nilai semakin tinggi. Pada nilai protokol *routing* TORA tanpa menggunakan *mesh router* memiliki nilai rata-rata *packet delivery ratio* tertinggi kedua yakni sebesar 3.19467 Kbps, 8.1713 Kbps dan 15.112 Kbps. Ini menunjukkan protokol *routing* TORA tanpa menggunakan *mesh router* mempengaruhi penurunan hasil yang diperoleh. Pada nilai protokol *routing* ZRP dengan menggunakan *mesh router* yakni memiliki nilai sebesar nilai 2.1013 Kbps, 2.6453 Kbps dan 3.173 Kbps. Pada nilai protokol *routing* ZRP tanpa menggunakan *mesh router* memiliki nilai yang terendah dari 3 skenario di atas yaitu 2.1 Kbps, 2.6467 Kbps, 3.17067 Kbps. Ini menunjukkan algoritma protokol *routing* TORA lebih baik daripada protokol *routing* ZRP.

Pada Gambar 10 menunjukkan perbandingan nilai *throughput* terhadap jumlah *node* protokol *routing* ZRP dan TORA pada skenario *node* yang menyebar dengan menggunakan *mesh router* dan tanpa menggunakan *mesh router*. Diperoleh nilai rata-rata protokol *routing* TORA menggunakan *mesh router* memiliki nilai rata-rata *throughput* tertinggi jika dibandingkan 3 skenario lainnya yakni sebesar 3230.09 Kbps, 3918.16 Kbps dan 4793.43 Kbps. Pada nilai protokol *routing* TORA tanpa menggunakan *mesh router* memiliki nilai rata-rata *throughput* tertinggi kedua yakni sebesar 3258.98 Kbps, 3817.21 Kbps dan 4674.56 Kbps. Namun pada *node* 50 terjadi penurunan nilai yang signifikan. Pada nilai protokol *routing* ZRP tanpa menggunakan *mesh router* yakni memiliki nilai 30.91 Kbps, 62.81 Kbps dan 119.7 Kbps. Pada nilai protokol *routing* ZRP dengan menggunakan *mesh router* memiliki nilai yang terendah dari 3 skenario diatas yaitu 30.42 Kbps, 61.52 Kbps dan 127.58 Kbps. Ini menunjukkan protokol *routing* ZRP pengiriman paket dari *node* sumber menuju *node* tujuan, dengan keadaan *node* sumber yang bergerak-gerak mengakibatkan pergantian rute yang cukup sering. Pergantian rute tersebut mengakibatkan paket yang dikirimkan mengalami *packet drop*. Sehingga *throughput* rata-rata menjadi menurun.



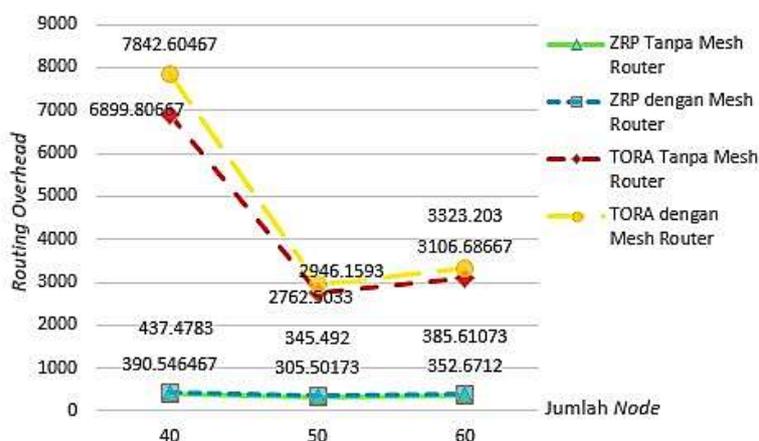
Gambar 9. Perbandingan nilai *Throughput* terhadap jumlah *Node* ZRP dan TORA pada Skenario *Random waypoint*, dengan dan Tanpa Mesh Router



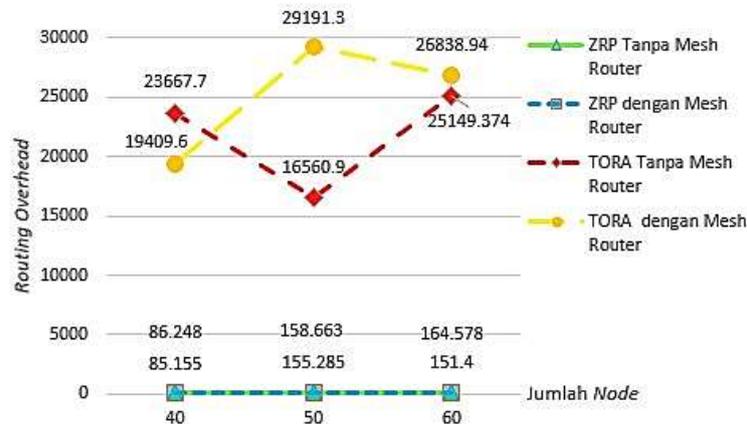
Gambar 10. Perbandingan nilai *Throughput* terhadap jumlah *Node* ZRP dan TORA pada Skenario *Node* yang Menyebar, dengan dan Tanpa Mesh Router

Pada Gambar 11 ditunjukkan perbandingan nilai *routing overhead* terhadap jumlah *node* protokol *routing* ZRP dan TORA pada skenario *random waypoint* dengan menggunakan *mesh router* dan tanpa menggunakan *mesh router*. Diperoleh nilai rata-rata protokol *routing* ZRP tanpa menggunakan *mesh router* memiliki nilai rata-rata *routing overhead* terendah jika dibandingkan 3 skenario lainnya yakni 390.546467, 305.50173 dan 352.6712. Pada protokol *routing* ZRP dengan menggunakan *mesh router* memiliki nilai rata-rata *routing overhead* kedua terendah yakni sebesar 437.4783, 345.492 dan 385.61073. Pada nilai protokol *routing* TORA tanpa menggunakan *mesh router* yakni memiliki nilai 6899.80667, 2762.5033 dan 3106.6867. Pada nilai protokol *routing* TORA dengan menggunakan *mesh router* memiliki nilai yang tertinggi dari 3 skenario di atas yaitu 7842.60467, 2946.1593 dan 3323.203. Ini menunjukkan lalu lintas jaringan protokol *routing* TORA yang semakin padat membuat proses pencarian rute semakin rumit sehingga membuat paket *routing* yang dikirim tiap protokol semakin meningkat daripada protokol *routing* ZRP pada skenario *random waypoint*.

Pada Gambar 12 menunjukkan perbandingan nilai *routing overhead* terhadap jumlah *node* protokol *routing* ZRP dan TORA pada skenario *node* yang menyebar dengan menggunakan *mesh router* dan tanpa menggunakan *mesh router*. Diperoleh nilai rata-rata protokol *routing* ZRP tanpa menggunakan *mesh router* memiliki nilai rata-rata *routing overhead* terendah jika dibandingkan 3 skenario lainnya yakni 85.155, 155.285 dan 151.4. Pada nilai protokol *routing* ZRP dengan menggunakan *mesh router* memiliki nilai rata-rata *routing overhead* kedua terendah yakni sebesar 86.248, 158.663 dan 164.578. Pada nilai protokol *routing* TORA tanpa menggunakan *mesh router* memiliki nilai yaitu 23667.7, 1650.9 dan 25149.374. Pada nilai protokol *routing* TORA dengan menggunakan *mesh router* yakni memiliki nilai 19409.6, 29191.3 dan 26838.94. Ini menunjukkan lalu lintas jaringan protokol *routing* TORA yang semakin padat membuat proses pencarian rute semakin rumit sehingga membuat paket *routing* yang dikirim tiap protokol semakin meningkat daripada protokol *routing* ZRP pada skenario *node* yang menyebar.



Gambar 11. Perbandingan nilai *Routing Overhead* terhadap jumlah *Node* ZRP dan TORA pada Skenario *Random waypoint*, dengan dan Tanpa Mesh Router



Gambar 12. Perbandingan nilai *Routing Overhead* terhadap jumlah *Node* ZRP dan TORA pada Skenario *Node* yang Menyebar, dengan dan Tanpa Mesh Router

KESIMPULAN

Pada makalah ini telah disampaikan hasil pengujian protokol *routing* TORA dan ZRP pada sistem komunikasi berbasis jaringan MANET dan WMN untuk penanggulangan daerah bencana. Hasil pengujian yang dilakukan menggunakan simulasi melalui NS-2 dengan jumlah *node* 40, 50 dan 60, secara umum protkol *routing* ZRP mendapatkan PDR lebih tinggi dan *routing overhead* yang lebih rendah dari TORA untuk seluruh skenario di MANET dan WMN. Sedangkan protokol TORA mendapatkan *throughput* yang lebih tinggi dan *end-to-end delay* yang lebih rendah dari ZRP untuk seluruh skenario di MANET dan WMN, kecuali pada MANET dengan skenario menyebar, protokol *routing* TORA mendapatkan *end-to-end delay* yang paling tinggi saat jumlah *node* yang disimulasikan berjumlah 40 dan 50.

Pada penelitian selanjutnya, penulis akan melakukan pengujian beberapa protokol *routing* yang berbeda serta skenario yang berbeda, seperti menambahkan UAV sebagai *node* ataupun sebagai *mesh router*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. N. P. Bencana, "Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana," Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2007.
- [2] K. Tjandra, *Empat bencana geologi yang Paling Mematikan*. UGM PRESS, 2018.
- [3] Dihni VA, "BNPB: Kejadian Bencana Alam Indonesia Capai 3.058 Sepanjang 2021," *Databoks*, Dec. 29, 2021. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/12/29/bnpb-kejadian-bencana-alam-indonesia-capai-3058-sepanjang-2021> (accessed Jan. 06, 2022).
- [4] V. Tundjungsari and A. Sabiq, "Android-based application using mobile adhoc network for search and rescue operation during disaster," in *2017 International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICECOS)*, Aug. 2017, pp. 16–21. doi: 10.1109/ICECOS.2017.8167124.
- [5] S. S. Anjum, R. Md. Noor, and M. H. Anisi, "Review on MANET Based Communication for Search and Rescue Operations," *Wireless Personal Communications*, vol. 94, no. 1, pp. 31–52, May 2017, doi: 10.1007/s11277-015-3155-y.
- [6] Fatkhurrozi, E. Rosana Widasari, and A. Bhawiyuga, "Analisis Perbandingan Kinerja Protokol AOMDV, DSDV, Dan ZRP Sebagai Protokol Routing Pada Mobile Ad-Hoc Network (MANET)," 2018. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>

- [7] G. Kaur and P. Thakur, "Routing Protocols in MANET: An Overview," in *2019 2nd International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICICT)*, Jul. 2019, pp. 935–941. doi: 10.1109/ICICICT46008.2019.8993294.
- [8] G. Marcel and N. Vetrivelan, "Performance evaluation of four hybrid routing protocols for low- and high-density MANETs," *International Journal of Computer Science & Engineering Technology*, vol. 6, no. 4, pp. 175–182, 2015.
- [9] A. K. S. Ali and U. V. Kulkarni, "Comparing and Analyzing Reactive Routing Protocols (AODV, DSR and TORA) in QoS of MANET," in *2017 IEEE 7th International Advance Computing Conference (IACC)*, Jan. 2017, pp. 345–348. doi: 10.1109/IACC.2017.0081.
- [10] I. Ahmad, F. Masood, and A. W. U. Khan, "Performance Assessment of QoS Using AODV, TORA and ZRP Routing Protocol in MANET," *Mehran University Research Journal of Engineering and Technology*, vol. 39, no. 4, pp. 744–750, Oct. 2020, doi: 10.22581/muet1982.2004.06.
- [11] H. Zemrane, Y. Baddi, and A. Hasbi, "Mobile AdHoc networks for Intelligent Transportation System: Comparative Analysis of the Routing protocols," *Procedia Computer Science*, vol. 160, pp. 758–765, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.11.014.
- [12] N. Raza, A. Amin, H. Ur, and M. Tariq, "Effect of Node Density over the performance of DSR, TORA, and OLSR Routing Protocols of MANET," *International Journal of Computer Applications*, vol. 177, no. 39, pp. 34–41, Feb. 2020, doi: 10.5120/ijca2020919888.
- [13] P. Sarao, "Comparison of AODV, DSR, and DSDV routing protocols in a wireless network," *Journal of Communications*, vol. 13, no. 4, pp. 175–181, Apr. 2018, doi: 10.12720/jcm.13.4.175-181.
- [14] J. Rejina Parvin, "An Overview of Wireless Mesh Networks," in *Wireless Mesh Networks - Security, Architectures and Protocols*, IntechOpen, 2020. doi: 10.5772/intechopen.83414.
- [15] B. Sharma and A. Singh, "ROUTING PROTOCOL FOR WIRELESS MESH NETWORK-A SURVEY," 2019.
- [16] Heryana S, "Kinerja Sistem Komunikasi Berbasis Manet Pada Wireless Mesh Network (WMN) Menggunakan Protokol Routing AODV Dan DSDV Serta Tinjauan Menurut Agama Islam," Uninersitas YARSI, Jakarta, 2019.