

Simulasi dan Analisis Kinerja MANET pada Daerah Pasca Bencana dengan Protokol Routing Proaktif (Studi Kasus: Gempa Palu 2018)

Najwa Amelia Qorry 'Aina, Muchammad Husni, dan Henning Titi Ciptaningtyas
Departemen Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: husni@its.ac.id

Abstrak—Indonesia sebagai negara yang terletak di pertemuan lempeng tektonik aktif serta dikelilingi oleh pegunungan aktif atau *ring of fire* memberikan keuntungan berupa tanah subur dan iklim tropik. Namun, keuntungan tersebut juga dapat membawa ancaman ketika alam sedang tidak baik-baik saja sehingga sebagian daerah di Indonesia menjadi rawan akan bencana alam. Dampaknya tak hanya merugikan materi dan nyawa, tetapi juga merusak infrastruktur penting, termasuk jaringan komunikasi. Keterputusan komunikasi pada kondisi krusial tentu menghambat upaya penyelamatan dan pemulihan. Penelitian ini difokuskan pada perancangan skenario komunikasi berbasis *Mobile Ad-hoc Network* (MANET) sebagai solusi komunikasi pasca bencana menggunakan simulator NS-3 dengan protokol *routing* proaktif OLSR dan DSDV beserta analisis performansinya terhadap skenario penambahan node dengan parameter *Packet loss*, *Throughput*, dan *Delay* yang akan dibandingkan berdasarkan standar QoS TIPHON. Hasil dari ujicoba menunjukkan keunggulan kinerja *routing* OLSR daripada DSDV dengan nilai rata-rata *throughput* terbaik 2292,57 Kbps, *delay* sebesar 76,98 ms, dan *packet loss* sebesar 0,12% untuk skenario jumlah node 150. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi alternatif pengembangan jaringan komunikasi darurat pasca bencana dan berkontribusi dalam upaya penyelamatan dan pemulihan pasca bencana.

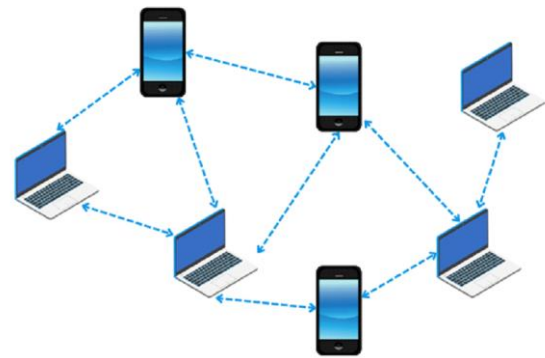
Kata Kunci—MANET, *Mobile Ad-Hoc Network*, *Mobility Disaster Area*, *Protokol Routing Proaktif*.

I. PENDAHULUAN

BENCANA alam merupakan ancaman serius yang merugikan bagi makhluk hidup di dunia ini. Indonesia sebagai negara yang terletak di pertemuan lempeng tektonik aktif serta dikelilingi oleh pegunungan aktif selain memberikan keuntungan berupa tanah subur dan iklim tropik juga dapat membawa ancaman ketika alam sedang tidak baik-baik saja sehingga sebagian daerah di Indonesia menjadi rawan akan bencana alam seperti erupsi gunung, gempa bumi, longsor, dan banjir [1].

Dampak bencana alam selain merugikan materi dan nyawa juga dapat merusak infrastruktur penting, seperti jaringan komunikasi yang terganggu. Infrastruktur komunikasi sering mengalami kerusakan atau terputus yang mengakibatkan isolasi dan kendala dalam operasi penyelamatan dan pemulihan [2].

Pada penanggulangan pasca bencana alam, pemilihan jenis jaringan komunikasi menjadi langkah krusial yang berpengaruh dalam efektivitas koordinasi penyelamatan dan penyebaran informasi vital. *Mobile Ad-hoc Network* (MANET) menjadi salah satu pilihan utama karena dapat beroperasi secara independen dari infrastruktur konvensional yang mungkin rusak parah. MANET memberikan solusi



Gambar 1. Jaringan MANET

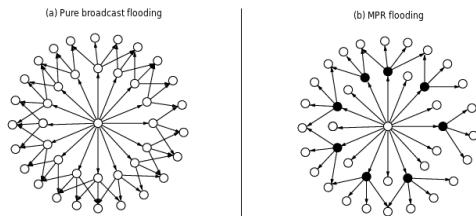
komunikasi cepat, fleksibel, dan dapat diandalkan saat infrastruktur seperti jaringan seluler atau kabel fiber optik terganggu. Mobilitas dan pembentukan jaringan sementara menjadikan MANET relevan dalam situasi pasca bencana alam, dimana respon cepat dan koordinasi yang efisien menjadi kunci. Sebaliknya, jaringan seluler, jaringan satelit, dan infrastruktur kabel lebih rentan terhadap kerusakan fisik dan memerlukan waktu pemulihan yang lebih lama [3].

Oleh karena itu, dalam rangka mengatasi tantangan komunikasi yang dihadapi di daerah pasca bencana, dijalankan penelitian ini yang berupa simulasi perancangan dan analisis kinerja jaringan MANET dalam situasi pasca bencana alam. Adapun parameter yang digunakan sebagai uji performansi jaringan adalah *Packet loss*, *Throughput*, dan *Delay* dengan berbagai skenario [4]. Dengan penerapan teknologi informasi dan sistem integrasi komunikasi yang canggih pengoptimalan penggunaan protokol *routing* dan konsep mobilitas pada jaringan MANET, diharapkan dapat menjadi alternatif pengembangan jaringan komunikasi darurat pasca bencana yang tangguh dan berkontribusi signifikan dalam koordinasi komunikasi upaya penyelamatan, mampu bertahan dalam situasi darurat, dan mendukung proses pemulihan pasca bencana [3].

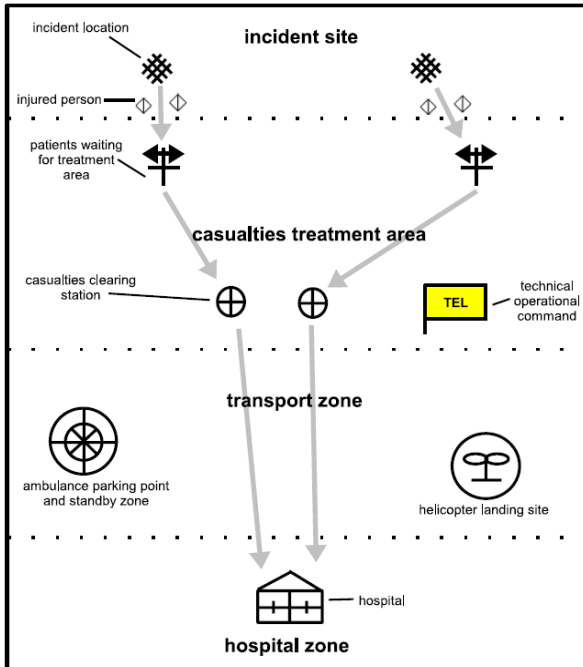
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Mobile Ad-Hoc Network*

Mobile Ad-hoc Network atau MANET merupakan jenis jaringan nirkabel yang terdiri dari perangkat bergerak atau mobile, seperti ponsel, sensor, dan laptop yang saling berkomunikasi tanpa ketergantungan pada infrastruktur jaringan tetap seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1 [5]. MANET terbentuk secara otomatis atau spontan dan temporer saat perangkat-perangkat *mobile* ini bergerak [6]. Karakteristik MANET yang menggambarkannya dan membuatnya cocok untuk diaplikasikan di beberapa kondisi



Gambar 2. Proses Optimasi Packet Flooding pada OLSR.



Gambar 3. Model Separation of The Room.

seperti kondisi pasca bencana alam, kawasan militer, kesehatan, dan lain-lain, yaitu:

1) Autonomous Networking

Setiap node dalam jaringan MANET memiliki kemampuan untuk bertindak sebagai *host* maupun *router* untuk mengirimkan paket data ke node lain [7].

2) Topologi Dinamis

Topologi jaringan MANET dapat berubah secara dinamis sesuai dengan pergerakan node [8].

3) Multi-hop routing

Memungkinkan komunikasi melalui beberapa "hop" antar node yang tidak berada dalam jangkauan transmisi nirkabel langsung satu sama [9].

B. Protokol Routing Proaktif

Protokol *routing* proaktif dalam jaringan MANET melakukan pembaruan terus-menerus terhadap tabel *routing*, meskipun tidak ada perubahan topologi jaringan [10]. Hal tersebut agar node selalu memiliki informasi terkini tentang semua rute yang mungkin ada di dalam jaringan [4]. Oleh karena itu protokol *routing* proaktif dipilih untuk jaringan dalam kondisi seperti pasca bencana, daerah militer, dan sebagainya [11]. Penelitian ini akan mengaplikasikan OLSR dan DSDV sebagai protokol *routing* pada jaringan MANET *disaster area*.

1) OLSR (Optimized Link State Protocol)

Protokol *routing* OLSR menggunakan algoritma *link-state* serta Dijkstra dalam menentukan *shortets path* dimana setiap

Tabel 1. Standar TIPHON Nilai QoS Packet Loss

Indeks	Packet Loss (%)	Kategori
4	0-2 %	Sangat Baik
3	3-14 %	Baik
2	15-25 %	Cukup
1	>25 %	Buruk

Tabel 2. Standar TIPHON Nilai QoS Throughput

Indeks	Throughput (bps)	Kategori
4	>2,1 Mbps	Sangat Baik
3	1200 Kbps – 2,1 Mbps	Baik
2	700 – 1200 Kbps	Cukup
1	338 – 700 Kbps	Kurang Baik
0	0 – 338 Kbps	Buruk

Tabel 3. Standar TIPHON Nilai QoS Delay

Indeks	Delay (ms)	Kategori
4	< 150 ms	Sangat Baik
3	150 s/d 300 ms	Baik
2	300 s/d 450 ms	Cukup
1	>450 ms	Buruk

node dalam jaringan secara berkala mengirimkan pembaruan informasi *routing* ke node lainnya [12].

Pada Gambar 2 OLSR melakukan optimalisasi penggunaan bandwidth, daya, dan mengurangi *overhead* melalui konsep *Multi-point Relay* (MPR) yaitu suatu node memilih beberapa node tetangganya untuk berperan sebagai MPR yang akan menyebarkan *control message* yaitu *Hello* dan *Topology Control* (TC) [13].

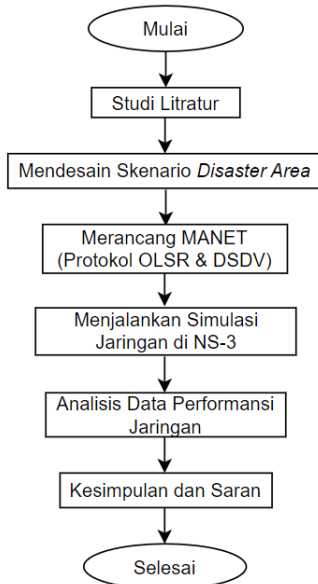
2) DSDV (Destination Sequenced Distance Vector)

Protokol *routing* DSDV berbasis tabel untuk mengatasi *routing loop* melalui *sequence numbers* dengan algoritma Bellman-Ford [12]. Selain dilakukan secara periodik, pembaruan tabel *routing* dapat terjadi jika terdapat *event* tertentu karena protokol DSDV juga bersifat *event-driven* dimana tabel *routing* akan diperbarui dengan digerakkan oleh *trigger* atau *event* tertentu, seperti rute putus atau pergerakan node yang menyebabkan perubahan topologi jaringan dan perubahan informasi pada tabel [14].

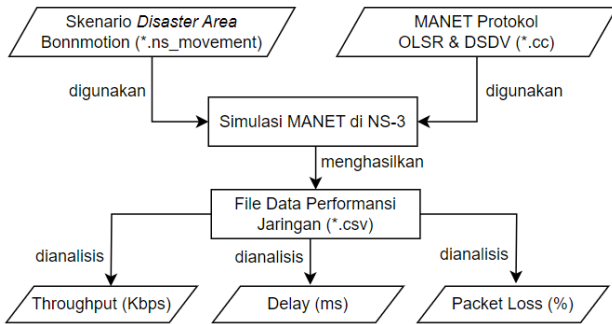
C. Mobilitas Disaster Area

Konsep dari model *disaster area* yang dirancang oleh Aschenbruck dkk. yaitu dengan memisahkan dan mengelompokkan lokasi kejadian bencana ke dalam beberapa room sehingga dikenal dengan istilah metode *separation of the room* [15]. Pada metode ini, ruangan dipisahkan sesuai dengan fungsinya yang digunakan oleh tim yang terlibat pada evakuasi bencana alam. Adapun pada model *disaster area* pada Gambar 3 terdapat beberapa ruangan yang terdiri dari *incident location*, *technical operation command*, *casualties treatment area*, *transport zone*, dan *hospital zone*.

Pergerakan dan pembagian atau distribusi node berbeda-beda tergantung pada peran unit atau petugas yang diwakili oleh masing-masing node. Standar kecepatan node berkisar antara 0-2 m/s, mewakili unit petugas kesehatan, tim



Gambar 4. Alur Metodologi Penelitian.



Gambar 5. Alur Rancangan Implementasi.

penyelamat evakuasi, tim technical operation command, dan unit lainnya yang dalam skenario evakuasi tidak menggunakan kendaraan [15].

D. Bonnmotion

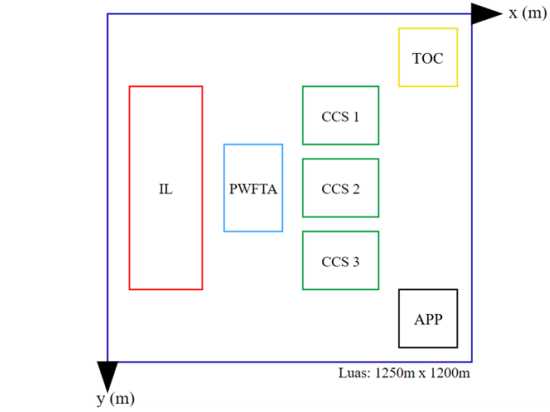
Bonnmotion merupakan *open-source tool* berbasis Java yang digunakan untuk membuat skenario model mobilitas salah satunya model *disaster area*. Dua format file luaran dari aplikasi ini, yaitu *.params* file yang berisi parameter untuk menghasilkan model mobilitasnya dan *.movements.gz* file yang merupakan hasil mobilitas node aktualnya dengan keterangan waktu dan koordinat. Kedua file luaran tersebut akan dikonversikan ke format *NS file* untuk dapat diimplementasikan pada simulasi jaringan di NS-3 [15].

E. NS-3

NS-3 adalah sebuah simulator jaringan berbasis *discrete-event* yang dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman C++. File luaran yang dihasilkan NS-3 setelah menjalankan simulasi salah satunya ialah *Statistical Files* dengan format CSV yang berisi data agregat tentang kinerja jaringan selama simulasi yang dapat berisi parameter performansi atau kinerja setiap node seperti *throughput*, *packetloss*, dan *delay*.

F. Standar QoS TIPHON

TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*) merupakan salah satu standar penilaian parameter QoS keluaran badan standar ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*),



Gambar 6. Model Separation of The Room.

Tabel 4. Skenario 1 – 60 Node.

Jumlah Node	Type Room	Pembagian Node	Node Transport
	IL (0)	20	18
	PWFTA (1)	14	12
	CCS 1 (2)	6	2
60 Node	CCS 2 (2)	6	2
	CCS 3 (2)	6	2
	TOC (3)	2	2
	APP (4)	6	4

khususnya *packet loss*, *throughput*, dan *delay* (lihat Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3) [16].

III. METODOLOGI

A. Metode Rancangan

Penelitian ini dimulai dengan tahap studi literatur tentang jaringan MANET dan skenario pasca bencana alam. Fokus studi literatur MANET mencakup protokol, arsitektur, dan penelitian terkait penggunaan MANET dalam situasi darurat. Tahap kedua melibatkan desain skenario bencana alam berupa model mobilitas *disaster area* dengan identifikasi luas daerah lokasi bencana dan penentuan koordinat untuk *separation of the room*. Selanjutnya pembuatan jaringan MANET sesuai dengan skenario dan spesifikasi parameter yang ditetapkan. Penetapan parameter node, termasuk protokol *routing* dan model pergerakan node menggunakan model *disaster area*, juga dilakukan.

Kemudian menjalankan simulasi yang dilakukan dengan NS-3, mempertimbangkan parameter yang telah diatur sebelumnya, dan metrik performa seperti *Packet loss*, *Throughput*, dan *Delay* dikumpulkan. Analisis dilakukan dengan membandingkan performa protokol *routing* proaktif OLSR dan DSDV kemudian dibandingkan juga berdasarkan kategori standar TIPHON. Kesimpulan penelitian memberikan gambaran menyeluruh tentang performa jaringan MANET pada skenario pasca bencana alam. Adapun diagram alir metodologi dan implementasi dari penelitian ini terdapat pada Gambar 4 dan Gambar 5.

B. Mendesain Skenario Disaster Area

Fokus utama pada simulasi ini yaitu luas daerah gempa yang melanda wilayah pesisir Kelurahan Lere, Kota Palu, Sulawesi Tengah. Kelurahan Lere dipilih sebagai fokus penelitian dengan mempertimbangkan statusnya sebagai

Tabel 5.
Skenario 1 – 80 Node.

Jumlah Node	Type Room	Pembagian Node	Node Transport
80 Node	IL (0)	25	25
	PWFT (1)	15	14
	CCS 1 (2)	10	6
	CCS 2 (2)	10	6
	CCS 3 (2)	10	6
	TOC (3)	4	4
	APP (4)	6	5

Tabel 6.
Skenario 1 – 100 Node.

Jumlah Node	Type Room	Pembagian Node	Node Transport
100 Node	IL (0)	32	32
	PWFT (1)	20	17
	CCS 1 (2)	12	6
	CCS 2 (2)	12	6
	CCS 3 (2)	12	6
	TOC (3)	4	4
	APP (4)	8	7

Tabel 7.
Skenario 4 – 150 Node.

Jumlah Node	Type Room	Pembagian Node	Node Transport
80 Node	IL (0)	46	46
	PWFT (1)	26	20
	CCS 1 (2)	20	15
	CCS 2 (2)	20	15
	CCS 3 (2)	20	15
	TOC (3)	8	5
	APP (4)	10	8

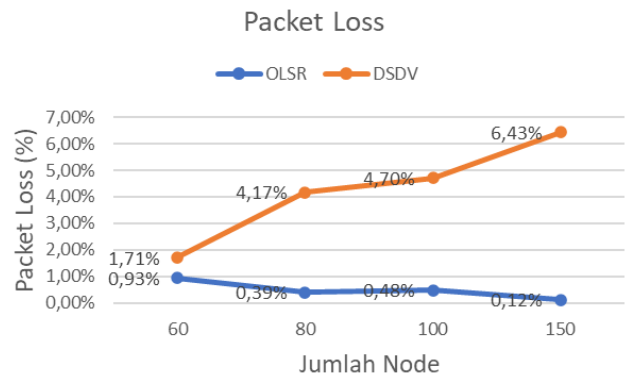
daerah yang sangat terdampak oleh bencana tersebut berdasarkan data BNPB dengan luas wilayah sekitar 1,5 km² maka saat simulasi luasnya akan dirancang sekitar 1250 m x 1200 m, sedangkan luas *Incident Location* seluas 250 m x 650 m [17]. Luas lokasi wilayah ini yang akan dijadikan sebagai studi kasus daerah *disaster area* dan dirancang mobilitasnya pada Bonnmotion.

Model *separation of the room* diilustrasikan Gambar 6 dimana terdapat satu *Incidence Location* (IL), satu *Patients Waiting for Treatment Area* (PWFTA) yang merupakan tenda pleton, tiga tenda darurat untuk *Casualties Clearing Station* (CCS), satu *Technical Operation Center* (TOC), serta satu *Ambulance Parking Point* (APP). Setiap *room* akan diwakilkan dengan dimensi *x* dan *y* yang merujuk pada koordinat *room* tersebut pada wilayah simulasi untuk menentukan luas *room* dan jarak antar *room*. Susunan koordinat dalam setiap *room* dimulai dari sudut kiri bawah (a), sudut kanan bawah (b), sudut kanan atas (c), dan sudut kiri atas (d), kemudian titik (e) dan (f) merupakan titik tengah dari sisi *room*.

Pada simulasi jaringan MANET ini, dijalankan skenario dengan jumlah node yang bervariasi yang akan dibagi ke dalam setiap *room*, dimulai dari skenario pertama 60 node

Tabel 8.
Parameter Skenario Simulasi.

Parameter	Nilai
Simulator	NS-3
Protokol <i>Routing</i>	Proaktif: OLSR, DSDV
Luas Area	1250 m x 1200 m
Jumlah Node	60, 80, 100, 150
Trafik Data	UDP
Model Mobilitas	<i>Disaster Area</i>
Protokol MAC	IEEE 802.11
Data Rate	2048 Kbps
Waktu Simulasi	200 s
Kecepatan Node	2 m/s
Ukuran Paket	256 bytes



Gambar 7. Grafik Perbandingan Nilai *Packet Loss* OLSR dan DSDV.

dengan jumlah node transport atau node bergerak sebanyak 42 dan pembagian node setiap *room* ada pada Tabel 4.

Kemudian skenario kedua untuk jumlah node 80 dengan node transport sebanyak 66 yang pembagiannya ada pada Tabel 5, dan skenario 100 node dengan jumlah node transport sebanyak 78 node dan pembagian node untuk setiap *room* terdapat pada Tabel 6. Pada skenario terakhir di Tabel 7 adalah untuk jumlah node 150 dengan total node transport sebanyak 124.

C. Merancang Jaringan MANET

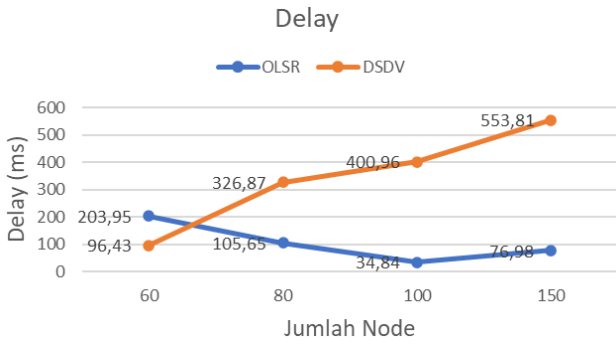
Pada implementasi ini, dilakukan integrasi hasil skenario model mobilitas *disaster area* berupa file *.ns_movement* ke dalam skrip jaringan MANET pada NS-3 yang telah ditentukan parameter-parameternya terdapat pada Tabel 8. Selanjutnya dilakukan percobaan simulasi sebanyak 10x untuk setiap skenario penambahan jumlah node pada masing-masing *routing* protokol.

D. Parameter Performansi

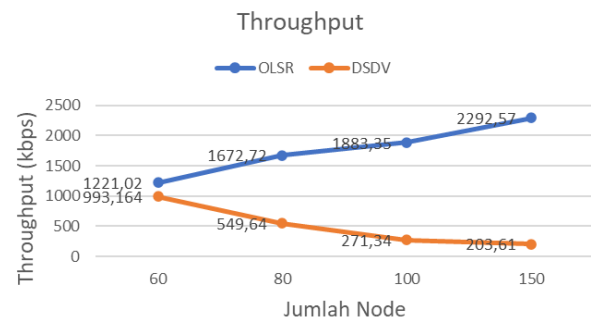
Parameter pengukuran yang diterapkan dan akan dianalisis dalam penelitian MANET *disaster area* menggunakan protokol *routing* OLSR dan DSDV ini melibatkan tiga kontrol utama yang akan dianalisis yaitu *Packet loss*, *Throughput*, dan *Delay*.

1) Packet Loss

Packet loss ialah persentase jumlah paket data yang hilang saat melakukan transmisi data. Hilangnya paket data ini dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti terjadinya *collision* atau *congestion*, penurunan sinyal, hingga masalah pada



Gambar 8. Grafik Perbandingan Nilai Delay OLSR dan DSDV.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Nilai Throughput OLSR dan DSDV.

perangkat atau lingkungan. Perhitungan *packet loss* didapat dengan menggunakan (1) [18].

$$PL = \frac{Ps - Pr}{\sum Ps} \times 100\% \tag{1}$$

PL : *Packet loss* (%)

Pr : *Packets received* (total paket yang diterima) (bit)

Ps : *Packets sent* (total paket yang dikirim) (bit)

2) Throughput

Throughput merupakan hasil perhitungan dari jumlah paket yang diterima dibagi oleh waktu pengiriman yang mana menggambarkan kecepatan dari pengiriman paket data dalam satuan *bits per second* (bps) seperti pada (2) [18].

$$Throughput = \frac{\sum Pr}{\sum Dt} \tag{2}$$

Throughput : Kecepatan pengiriman data (bps)

Pr : *Packets received* (total paket yang diterima) (bit)

Dt : *Delivery time* (waktu pengiriman) (s)

3) Delay

Delay merepresentasikan waktu yang diperlukan paket yang dikirim menempuh dari node pengirim hingga node penerima. Pada transmisi paket, *delay* dapat terjadi karena terdapat antrian yang panjang atau mencari rute lain untuk menghindari *congestion* pada *routing*. Dalam menghitung nilai total rata-rata *delay* dari setiap paket atau *end-to-end delay*, dapat dengan (3) [18].

$$Dr = \frac{\sum D}{\sum Pr} \tag{3}$$

Dr : *End-to-end Delay* rata-rata

D : Total *delay* (waktu menerima paket-mengirim) (s)

Pr : *Packets received* (total paket yang diterima) (bit)

IV. ANALISIS HASIL

A. Packet Loss

Berdasarkan Gambar 7, meski menghasilkan grafik yang fluktuatif, protokol OLSR tetap menunjukkan kinerja yang konsisten dan efisien dengan tingkat *packet loss* yang rendah pada semua skenario, yaitu 0,93%, 0,39%, 0,48%, dan 0,12% untuk 60, 80, 100, dan 150 node secara berurutan. Hal ini menunjukkan kemampuan OLSR dalam mengoptimalkan *link state* dan menggunakan teknik *flooding* MPR untuk menyebarkan informasi *routing* serta memilih jalur terbaik, menjadikannya solusi yang dapat diandalkan dalam menghadapi mobilitas node di area bencana.

Di sisi lain, protokol DSDV menunjukkan tingkat *packet loss* yang lebih tinggi, khususnya saat jumlah node meningkat. Pada skenario dengan 60 node, tingkat *packet loss* sebesar 1,71%, meningkat menjadi 4,17% dengan 80 node, dan 4,70% dengan 100 node, hingga puncaknya pada jumlah node 150 dengan nilai *packet loss* sebesar 6,43%. Hal ini menggambarkan tantangan DSDV dalam menangani perubahan topologi yang cepat yang terjadi akibat mobilitas tinggi di area bencana. Hal ini dapat disebabkan lantaran DSDV membutuhkan nomor urut baru dalam memperbarui tabel *routing* sebelum jaringan kembali konvergen, yang memerlukan daya dan bandwidth yang cukup banyak bahkan ketika jaringan tidak beroperasi (*idle*) sehingga dapat menyebabkan degradasi kinerja jaringan jika jumlah node meningkat. DSDV, sebagai protokol berbasis vektor jarak, menjadi kurang adaptif terhadap perubahan ini dibandingkan dengan OLSR.

B. Delay

Dari Gambar 8, hasil simulasi pada kedua protokol *routing* menunjukkan perubahannya yang lebih signifikan terjadi dari skenario pertama 60 node ke skenario kedua dengan jumlah node 80. Hal ini disebabkan karena perbandingan dalam penambahan node bergerak dari skenario 60 node ke 80 node, yakni node bergerak bertambah 24 node, lebih besar dibanding penambahan node bergerak dari 80 node ke 100 node yang hanya menambahkan 12 node bergerak. Begitu juga yang terjadi pada perubahan signifikan dari 100 node ke 150 node.

Pada skenario dengan 60 node, OLSR menunjukkan *delay* yang lebih tinggi dibandingkan DSDV, dengan selisih mencapai 107,52 ms. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun OLSR memiliki nilai *delay* yang lebih tinggi, perbedaan ini tidak signifikan pada jumlah node yang relatif kecil. Pada skenario dengan penambahan node menjadi 80, terlihat peningkatan yang signifikan pada *delay* DSDV, sementara OLSR justru menunjukkan penurunan nilai *delay*. Selisih sebesar 221,22 ms menandakan bahwa OLSR lebih unggul dalam mengatasi peningkatan kompleksitas jaringan. Dengan penambahan node menjadi 100, perbedaan kinerja semakin nyata. OLSR menunjukkan *delay* yang sangat rendah, sementara DSDV mengalami peningkatan yang signifikan. Selisih sebesar 366,12 ms menyoroti keunggulan OLSR dalam mengelola jaringan dengan skala yang lebih besar. Pada skenario 150 node, meski OLSR mengalami peningkatan *delay* menjadi 76,98 ms namun masih tergolong sangat baik sedangkan DSDV melejit hingga 553,81 ms

Dari data ini terlihat bahwa OLSR mampu menjaga tingkat *delay* yang relatif rendah, bahkan dengan penambahan

jumlah node. Hal ini mencerminkan kemampuan OLSR untuk efisien mengelola *link state* dan memilih jalur yang optimal, yang tidak hanya mengurangi *packet loss* tetapi juga menjaga *delay* tetap terkendali. Berbanding terbalik dengan DSDV yang justru mengalami peningkatan yang signifikan seiring ditambahkan jumlah node.

C. Throughput

Berdasarkan grafik pada Gambar 9, terlihat bahwa nilai *throughput* hasil simulasi pada kedua routing protokol menunjukkan perbedaan yang berbanding terbalik. Pada protokol OLSR, grafik *throughput* terus meningkat seiring bertambahnya jumlah node hingga mencapai nilai *throughput* tertinggi 2292,57 kbps dengan jumlah node 150. Berbanding terbalik, pada protokol DSDV grafik *throughput* justru mengalami penurunan yang drastis pada skenario penambahan jumlah node yang sama hingga mencapai *throughput* terendah di skenario jumlah node 150 dengan nilai *throughput* hanya sebesar 203,61 kbps.

Selain itu, sama halnya pada grafik metrik *delay*, hasil simulasi pada kedua protokol *routing* untuk metrik *throughput* juga mengalami perubahannya yang lebih signifikan dari skenario pertama 60 node ke skenario kedua dengan jumlah node 80 dibanding perubahan dari skenario kedua ke skenario ketiga. Peningkatan *throughput* dari 60 node ke 80 node pada OLSR mencapai 451,70 kbps, sementara DSDV mengalami penurunan *throughput* sebesar -443,52 kbps dari 60 node ke 80 node. Pada skenario penambahan node dari jumlah 100 ke 150 node OLSR juga menunjukkan peningkatan *throughput* sebesar 409,22 kbps, sementara DSDV mengalami penurunan *throughput* mencapai -67,73 kbps.

Faktor densitas dan pergerakan node ini sangat mempengaruhi putus-tidaknya koneksi antar node dan kinerja dari *routing* protokol. Perbedaan signifikan antara nilai *throughput* protokol OLSR dan DSDV dapat terjadi lantaran protokol OLSR melalui algoritma *link state* mampu mencapai konvergensi dengan cepat terhadap perubahan topologi sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan responsivitas jaringannya. Sedangkan DSDV menggunakan tabel *routing* yang menggunakan *sequence number* dan berisi dan informasi tentang susunan topologi jaringan dan rute terbaik untuk mencapai tujuan. Dengan bertambahnya jumlah node, maka ukuran tabel *routing* akan semakin besar, sedangkan DSDV terus membutuhkan nomor urut baru sebelum jaringan dapat kembali konvergen sehingga memperlambat dan meningkatkan kompleksitas proses pencarian rute yang berdampak pada kinerja jaringan.

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan hasil uji coba penelitian yang telah dilakukan dan data nilai kinerja dari pengujian sebanyak 10 kali pada jaringan MANET dengan skenario penambahan jumlah node dari 60, 80, 100, hingga 150 dalam konteks pasca bencana dengan mobilitas *Disaster Area*, ditemukan bahwa kinerja keseluruhan metrik performansi *routing* protokol OLSR menunjukkan dengan semakin banyak atau tinggi densitas node maka menghasilkan performa yang lebih baik dibanding DSDV, sebaliknya pada DSDV menunjukkan performa yang lebih baik ketika dihadapkan pada jumlah node yang lebih

sedikit. Keunggulan performa OLSR terlihat hingga skenario terakhir yaitu jumlah node 150 dengan peningkatan *throughput* mencapai 2292,57 Kbps, penurunan *packet loss* hingga 0,12%, *delay* sebesar 76,98 ms dimana dalam standar TIPHON masuk pada kategori “Sangat Baik”. Di sisi lain, DSDV menunjukkan performa yang kurang stabil dan lebih rendah dibanding OLSR, dengan penurunan *throughput* hingga 203,61 Kbps dengan kategori TIPHON “Buruk”, serta peningkatan *packet loss* mencapai 6,43% dan *delay* 553,81 ms, sehingga tidak seideal OLSR untuk digunakan dalam kondisi serupa.

REFERENSI

- [1] A. Rosyida, R. Nurmasari, and S. Suprpto, “Analisis perbandingan dampak kejadian bencana hidrometeorologi dan geologi di Indonesia dilihat dari jumlah korban (Studi: Data kejadian bencana Indonesia 2018),” *Jurnal Dialog dan Penanggulangan Bencana*, vol. 10, no. 1, pp. 12–21, 2019.
- [2] M. Fauzi and M. Mussadun, “Dampak bencana gempabumi dan tsunami Pesisir Lere Kota Palu,” *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*, vol. 17, no. 1, pp. 16–24, 2021, doi: 10.14710/PWK.V17I1.29967.
- [3] Z. A. Younis, A. M. Abdulazeez, S. S. R. M. Zeebaree, R. R. Zebari, and D. Q. Zeebaree, “Mobile ad Hoc Network In Disaster Area Network Scenario: A Review On Routing Protocols,” *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, vol. 17, no. 03, pp. 49–75, 2021, doi: 10.3991/IJOE.V17I03.16039.
- [4] H. Hanafi, R. Rachmawati, and C. Fatmawati, “Analisis kinerja jaringan MANET menggunakan protokol routing OLSR,” *Jurnal Litek : Jurnal Listrik Telekomunikasi Elektronika*, vol. 19, no. 1, pp. 13–19, 2022, doi: 10.30811/litek.v19i1.19.
- [5] S. Mirza and S. Z. Bakshi, “Introduction to MANET,” *International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 17–20, 2018.
- [6] A. J. T. Segara, A. Wijayanto, M. A. Gustalika, and A. D. Ramadhani, “Implementasi mobile ad-hoc network pada daerah pasca bencana dengan protokol DSR,” *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, vol. 9, no. 4, pp. 834–839, 2022, doi: 10.30865/jurikom.v9i4.4508.
- [7] G. C. Obidike, C. Nwabueze, and C. V. Onuzulike, “Concept and characteristics of mobile ad-hoc network,” *International Journal of Innovative Engineering, Technology and Science*, vol. 2, no. 1, 2018.
- [8] A. Sabiq and M. D. Milayanti, “Analisis kinerja protokol routing ZRP dan TORA pada komunikasi berbasis MANET dan WMN untuk penanggulangan daerah bencana,” *Jurnal Transformatika*, vol. 20, no. 1, pp. 32–43, 2022, doi: 10.26623/transformatika.v20i1.5184.
- [9] D. Vijayalakshmi and M. Sweatha, “A survey on history and types of MANET,” *International Journal of Emerging Trends in Science and Technology*, vol. 3, no. 7, pp. 4310–4315, 2016.
- [10] H. S. A. Hamatta, N. I. Zanoon, and R. M. Al-Tarawneh, “Comparative review for routing protocols in mobile ad-hoc networks,” *International Journal of Ad hoc, Sensor & Ubiquitous Computing*, vol. 7, no. 2, pp. 13–31, 2016, doi: 10.5121/ijasuc.2016.7202.
- [11] B. M. Susanto, A. Hariyanto, and Surateno, “Performance comparison of proactive and reactive routing protocol in mobile ad hoc network,” *Journal of Communications*, vol. 13, no. 5, pp. 218–224, 2018, doi: 10.12720/JCM.13.5.218-224.
- [12] A. S. Tanenbaum and D. (David) Wetherall, *Computer Networks*. Boston: Pearson Prentice Hall, 2011.
- [13] A. H. Wheeb and N. A. Al-jamali, “Performance analysis of OLSR protocol in mobile ad hoc networks,” *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, vol. 16, no. 01, pp. 106–119, Jan. 2022, doi: 10.3991/ijim.v16i01.26663.
- [14] F.-S. Kong and B.-B. Cui, “Performance evaluation of AODV, DSR and DSDV in mobile ad-hoc network using NS-2,” *ITM Web of Conferences*, vol. 12, p. 04007, 2017, doi: 10.1051/ITMCONF/20171204007.
- [15] N. Aschenbruck, E. Gerhards-Padilla, and P. Martini, “Modeling mobility in disaster area scenarios,” *Performance Evaluation*, vol. 66, no. 12, pp. 773–790, 2009, doi: 10.1016/J.PEVA.2009.07.009.

- [16] S. Subektiningsih, R. Renaldi, and P. Ferdiansyah, "Analisis perbandingan parameter qos standar tiphon pada jaringan nirkabel dalam penerapan Metode PCQ," *EXPLORE*, vol. 12, no. 1, pp. 57–63, 2022.
- [17] Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), "Laporan Harian PUSDALOPS BNPB," BNPB. Jakarta, 2018.
- [18] P. R. Utami, "Analisis perbandingan quality of service jaringan internet berbasis wireless pada layanan Internet Service Provider (ISP) Indihome dan First Media," *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, vol. 25, no. 2, pp. 125–137, 2020, doi: 10.35760/tr.2020.v25i2.2723.