



JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering)

Available online <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jite> DOI : 10.31289/jite.v7i2.9998

Received: 05-July-2023

Accepted: 18 October 2023

Published: 29 January 2024

Analyzing Node Density Impact on End-to-End Delay and Throughput in Mobile Ad hoc Network Video Conferencing Services

Riklan Kango1)*, Nurwahidah Jamal2) & Ihsan3)

1,2,3) Prodi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Balikpapan, Indonesia

*Corresponding Email: riklan.kango@poltekba.ac.id

Abstrak

Layanan *video conference* telah mendapatkan popularitas yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir, memungkinkan komunikasi dan kolaborasi *real-time* di antara individu dan kelompok. Namun, kinerja sistem *video conference* pada MANET menimbulkan tantangan fluktuasi topologi dan kepadatan *node*. Makalah penelitian ini bertujuan menyajikan analisis *end-to-end delay* dan *throughput* dalam *video conference* melalui MANET. Tujuan utama mengidentifikasi dampak kepadatan *node* dalam MANET terhadap pengalaman pengguna *video conference*. Untuk melakukan studi, sebuah pengaturan eksperimental layanan *Zoom cloud meeting* dirancang, terdiri dari lingkungan MANET yang disimulasikan dan aplikasi *video conference*. *End-to-end delay* dan *throughput* diukur melalui *software Wireshark* berdasarkan skenario *node* saling terhubung dan konfigurasi yang berbeda pada kepadatan 2 dan 4 *node*. Data yang dikumpulkan dianalisis menggunakan teknik statistik yang sesuai untuk mengidentifikasi tren, pola. Hasil analisis *end-to-end delay* mengungkapkan dampak kondisi fluktuasi kepadatan jaringan, pada keseluruhan *delay* yang dialami selama sesi *video conference* mengalami peningkatan 27%. Sedangkan analisis *throughput* mengungkapkan penurunan 65% dalam kapasitas transfer data yang disebabkan oleh faktor kehilangan paket yang lebih tinggi dalam MANET. Analisis terintegrasi mengeksplorasi hubungan antara *end-to-end delay* dan *throughput*, memberikan wawasan tentang strategi pengoptimalan. Temuan ini dapat memandu desain dan implementasi sistem *video conference* yang lebih efisien dan andal di lingkungan *ad-hoc* seluler. Dalam menghadapi fluktuasi kepadatan *node*, temuan ini dapat mendorong pengembangan mekanisme QoS yang dirancang khusus untuk MANET. Mekanisme ini dapat memprioritaskan paket video dan mengalokasikan sumber daya jaringan secara efektif, memastikan pengalaman pengguna yang lebih baik dan mengatasi kendala sumber daya.

Kata Kunci: Video Conference, End-to-End Delay, Throughput, MANET, Zoom Cloud Meeting.

Abstract

Video conferencing services have gained significant popularity in recent years, enabling *real-time* communication and collaboration among individuals and groups. However, the performance of *video conferencing* systems over MANETs poses challenges of topology fluctuations and node density. This research paper aims to present an analysis of *end-to-end delay* and *throughput* in *video conferencing* over MANETs. The main objective is to identify the impact of node density in MANETs on *video conferencing* user experience. To conduct the study, an experimental setup of *Zoom cloud meeting* service was designed, consisting of a simulated MANET environment and a *video conferencing* application. *End-to-end delay* and *throughput* were measured via *Wireshark* software based on interconnected node scenarios and different configurations at densities of 2 and 4 nodes. The collected data was analyzed using appropriate statistical techniques to identify trends, patterns. The *end-to-end delay* analysis results revealed the impact of fluctuating network density conditions, on the overall delay experienced during the *video conferencing* session increased by 27%. While *throughput* analysis revealed a 65% decrease in data transfer capacity caused by higher packet loss factor in MANET. The integrated analysis explores the relationship between *end-to-end delay* and *throughput*, providing insight into optimization strategies. These findings can guide the design and implementation of more efficient and reliable *video conferencing* systems in mobile *ad-hoc* environments, In the face of fluctuations in node density, these findings can encourage the development of QoS mechanisms specifically designed for MANETs. These mechanisms can prioritize video packets and allocate network resources effectively, ensuring better user experience and overcoming resource constraints.

Keywords: Video Conference, End-to-End Delay, Throughput, MANET, Zoom Cloud Meeting.

How to Cite: Kango, R. Jamal, N. & Ihsan, I. (2024). Analysis of End-to-End Delay and Throughput on Video Conferencing Services via Mobile Ad hoc Network. *JITE (Journal Of Informatics And Telecommunication Engineering)*. 4 (2): 366-375

I. PENDAHULUAN

Video conference memungkinkan individu dan kelompok untuk terhubung dan berkolaborasi dari jarak jauh, mengatasi hambatan geografis dan meningkatkan produktivitas (Marion & Fixson, 2021). Layanan *video conference* pada *Mobile ad-hoc Network* (MANET) telah mendapatkan perhatian yang signifikan (Kango et al., 2023). MANET adalah jaringan yang mengonfigurasi sendiri di mana perangkat berkomunikasi satu sama lain tanpa bergantung pada infrastruktur terpusat (Zemrane et al., 2021). Setiap perangkat berfungsi sebagai *node* yang dapat berkomunikasi dengan perangkat lain dalam jaringan secara langsung, tanpa perlu melewati titik akses pusat atau infrastruktur jaringan tetap. Komunikasi dalam MANET terjadi secara *ad-hoc*, di mana *node* dalam jaringan mengambil peran sebagai *router* dan berpartisipasi dalam pengiriman data ke tujuan akhir. Penggunaan MANET untuk *video conference* memperkenalkan tantangan unik karena sifat dinamis dari topologi jaringan, *bandwidth* terbatas, kualitas tautan yang bervariasi (Kango & Ibrahim, 2018), dan kendala sumber daya perangkat seluler (Chhabra, 2020). Dalam MANET, topologi jaringan dapat berubah secara tiba-tiba karena mobilitas perangkat, sehingga rute komunikasi antara *node* juga dapat berubah secara konstan. Hal ini dapat mengakibatkan fluktuasi dalam *latency* (*delay*) dan *throughput* dalam layanan *video conference*, yang pada gilirannya mempengaruhi pengalaman pengguna secara signifikan. Oleh karena itu, pemahaman dan analisis kinerja aplikasi *video conference* di MANET sangat penting untuk mengoptimalkan kinerjanya dan memastikan pengalaman pengguna yang memuaskan. Masalah Perutean paket data antar *node* dalam jaringan MANET merupakan tugas yang menantang karena topologi jaringan yang berubah-ubah dan tanpa kontrol terpusat (Kumar & Roy, 2020). Faktor-faktor ini berdampak pada *end-to-end delay* dan *throughput* layanan *video conference* di MANET. Menganalisis kinerja aplikasi *video conference* di MANET sangat penting untuk mengoptimalkan kinerjanya dan memastikan pengalaman pengguna yang memuaskan.

Integrasi *video conference* ke dalam MANET menimbulkan tantangan unik karena karakteristik yang melekat pada jaringan. *Bandwidth* yang terbatas, mobilitas *node* yang tinggi, dan topologi yang dinamis membuat *video conference* menjadi tugas yang kompleks di MANET. Penelitian (Fleury et al., 2019) telah menyelidiki berbagai aspek *video conference* di MANET untuk mengatasi tantangan ini. Teknik *video conference* adaptif dirancang khusus untuk MANET dan mengadaptasi kualitas *video* dan *bitrate* secara dinamis berdasarkan sumber daya jaringan yang tersedia dan kondisi *node* untuk memastikan kelancaran pemutaran. Strategi manajemen *buffer* juga telah dieksplorasi untuk meminimalkan waktu *buffering* dan mengurangi gangguan pemutaran di MANET (Dongol & Vaman, 2014). Penelitian lain telah mengusulkan peningkatan protokol perutean di MANET untuk memprioritaskan lalu lintas *video* dan memastikan pengiriman yang efisien (Rath et al., 2017; Vivekananda G N et al., 2020). Evaluasi *cross-layer* dan optimasi *Quality of Service* juga menjadi fokus penelitian lain. Evaluasi parameter kinerja seperti *jitter* dan *packet loss*, serta parameter kinerja *end-to-end delay* telah dievaluasi melalui layanan *video conference* (Rath et al., 2017; Vivekananda G N et al., 2020) (Kango et al., 2023). Meskipun penelitian-penelitian ini telah memberikan wawasan dalam *video conference* di MANET, masih ada kelemahan yang perlu diteliti. Dampak variabel kepadatan *node* pada kinerja MANET menjadi salah satu aspek yang belum sepenuhnya terpenuhi. Kepadatan *node* pada layanan *video conference* memiliki implikasi penting terhadap *end-to-end delay* dan *throughput* karena mempengaruhi kualitas sesi komunikasi. Oleh karena itu, dalam menyempurnakan kinerja MANET kami mengusulkan serangkaian pengujian terhadap setiap perubahan kepadatan *node* pada MANET yang dibentuk, dimana setiap *node* melakukan panggilan dengan mengakses *data-streaming* dari *cloud internet* yang dapat memberikan pengaruh signifikan terhadap kinerja layanan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kinerja *video conference* di MANET dengan fokus pada dua parameter utama, yaitu *end-to-end delay* dan *throughput*. Kami akan mengevaluasi pengaruh perubahan kepadatan *node* pada kinerja *video conference* dengan mengukur *end-to-end delay* dan *throughput* dalam berbagai skenario. Kami merancang skenario eksperimental dengan kepadatan 2 *node* dan 4 *node*. Kami mengukur *end-to-end delay* dan *throughput* secara teratur selama setiap sesi *video conference* di setiap skenario. Kami juga mengulangi pengujian sebanyak 20 kali untuk mengumpulkan data yang cukup untuk analisis statistik yang dapat diandalkan. Data ini dianalisis menggunakan teknik statistik yang sesuai untuk mengidentifikasi tren dan perbedaan antara skenario. Penilaian kinerja dilakukan dengan membandingkan hasil dari berbagai skenario eksperimental. Kami membandingkan *end-to-end delay* dan *throughput* dalam setiap skenario untuk mengidentifikasi pengaruh kepadatan *node* pada kinerja layanan *video conference* di MANET. Dengan demikian, penelitian ini akan memberikan wawasan yang lebih baik tentang bagaimana variasi kepadatan *node* dapat mempengaruhi kualitas dan kelancaran layanan *video conference* di MANET.

II. STUDI PUSTAKA

A. Gambaran umum layanan *Video over IP*

Video over IP adalah metode pengiriman konten *video* melalui jaringan area lokal atau luas. Input media didekonstruksi menjadi aliran yang berbeda dan dikirim melalui jaringan IP sebagai paket data individual. Pengguna dapat menonton konten *video* dan *audio* secara *real-time*, mirip dengan menonton siaran televisi. Dalam konteks jaringan produksi media, *video* melalui IP dapat dianggap sebagai alternatif yang lebih baru dari penyiaran yang telah menjadi standar selama bertahun-tahun. Dalam bidang Teknologi Informasi, layanan yang umum dikenal dan digunakan adalah layanan data, layanan informasi, dan layanan komunikasi. Layanan data mencakup FTP (*file transfer protocol*), *download/upload services*, *data-streaming*, *live-streaming* (Simamora, 2014). Layanan informasi mencakup *website* dan *blog*. Layanan komunikasi mencakup *Video over IP*, *webchat*, *video-chat* (Abdullah Saeed & Edan, 2022). Hampir semua layanan yang dikenal dalam Teknologi Informasi khususnya internet dapat dijalankan pada jaringan *ad-hoc*. Penelitian *Video over IP* yang dibangun dalam MANET juga telah dilakukan. Model layanan *Video over IP* menggunakan teknik MANET dapat diartikan sebagai sejumlah *host-computer client* yang diintegrasikan dalam satu jaringan *wireless* dimana layanan yang dapat dijalankan oleh masing-masing *node-client* tersebut saling *independent* satu-dengan yang lain (Alturfi et al., 2021), sehingga model komunikasi berantai terbentuk dan saling bisa berinteraksi antar *end-user* tanpa dibatasi oleh jarak dan waktu oleh sebab proses berjalan saling-berantai (Masrurroh et al., 2014).

B. *Mobile Ad-hoc Network*

MANET Salah satu jaringan komputer yang tergolong dalam *media-transmisi* yang digunakan untuk koneksi adalah *wireless network*. Kelebihan jaringan ini adalah minimasi *cost* dalam infrastruktur kabel fisik oleh sebab digantikan oleh gelombang radio (Zhang et al., 2019). Jaringan *wireless* dapat didefinisikan sebagai sejumlah *node* komputer yang dikoneksikan menggunakan gelombang radio sebagai *media-transmisi* dan umumnya skalabilitas yang dimiliki secara lokal (*private network*). Topologi jaringan yang umum digunakan adalah *star*, *mesh*, *bus*, *ring*, *loop*, dan *tree* (Alam & Rababah, 2019). Sedangkan teknologi jaringan *wireless* yang digunakan adalah mengacu pada standarisasi IEEE 802.11, yakni mengatur perihal koneksi *wireless access fixed network* yang disebut *Wireless Fidelity* (Mirza & Bakshi, 2018). Untuk menghubungkan setiap terminal-terminal komputer *client* dalam jaringan maka digunakan *backwarding/forwarding devices*; untuk koneksi menggunakan kabel, perangkat yang umum digunakan adalah: *switch* dan *hub*. Sedangkan untuk koneksi menggunakan *wireless*, digunakan *access-point*. Namun dengan teknik MANET, yang sebelumnya dalam jaringan membutuhkan perangkat *backwarding/forwarding devices*, setiap komputer *client* dapat dialihfungsikan sebagai *backwarding/forwarding devices*. Hal ini bisa dilakukan oleh sebab peranan penting dari protokol *routing* yang berjalan di *Host-to-Host* layer pada struktur lapisan komunikasi data TCP/IP (Streit et al., 2020). Umumnya pada teknik MANET protokol *routing* yang digunakan ada dua jenis yakni: *proactive protocol* dan *reactive protocol* (Yang et al., 2019). MANET menggunakan standar regulasi IEEE 802.11 untuk menjalankan standar regulasi IEEE 802.15 yakni *personal area network*, yang umumnya dalam penggunaan sehari-hari disebut dengan *Bluetooth* (Alam & Rababah, 2019). Topologi jaringan yang dibentuk dalam teknik MANET adalah *point-to-point* yang bersifat *temporary*, *dynamic* dan *multi-point-relay* (Ul Islam Khan et al., 2018). Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa protokol *routing* yang digunakan secara umum terbagi dua yakni *proactive protocol*, dimana protokol akan aktif senantiasa tanpa ada permintaan terlebih dahulu panggilan *routing* dari/antar *node* yang saling bertetangga (Sagar & Reddy, 2020), dan *reactive-protocol* yakni protokol yang bekerja melakukan perutean *packet-data* apabila ada permintaan dari *node-node* yang saling bertetangga. Pergerakan *node* dalam MANET bersifat perpindahan bukan pergerakan; sehingga panggilan yang dibangun hanyalah efektif apabila *node terminal client* berada pada posisi *fixed*, oleh sebab teknologi WiFi rentan *disconnected* apabila terjadi pergerakan (Niazi et al., 2018). Oleh sebab topologi yang terbentuk pada MANET bersifat *dynamic* dan *flexible*, maka teknik komunikasi yang terbangun disebut dengan teknik MANET (Sapiro, 2019). Dalam hal pengalamatan sendiri, teknik MANET tidak bergantung pada hal khusus penggunaan IPv4 dan IPv6 dengan kata lain pengalamatan ini dapat baik dijalankan pada jaringan *wireless* berbasis teknik MANET.

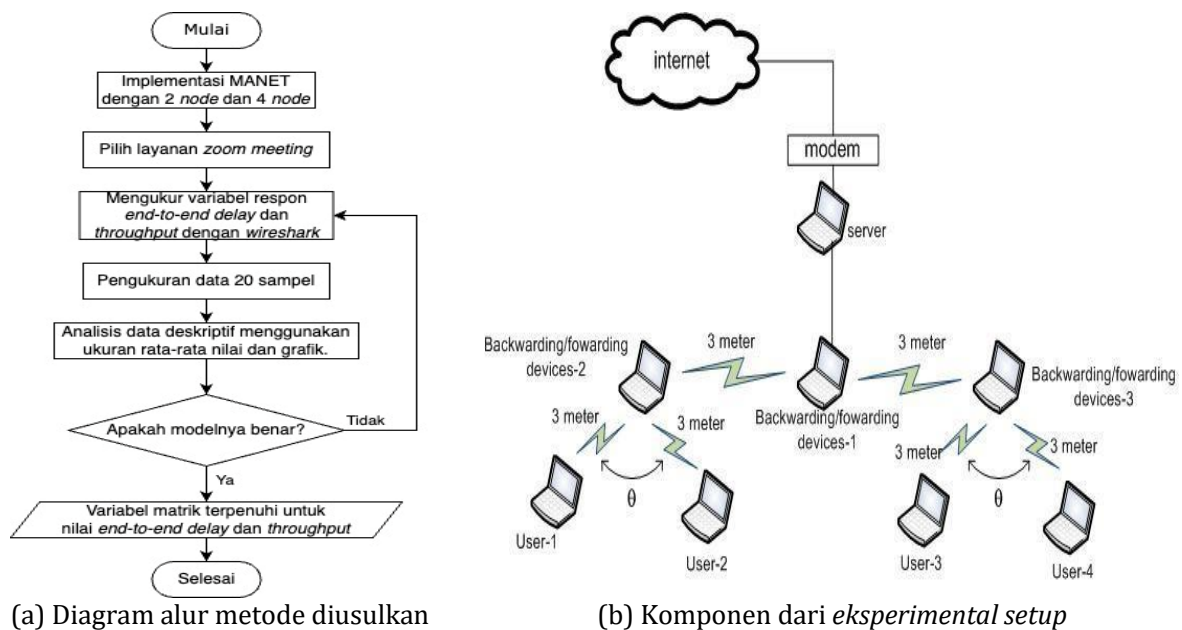
C. *Quality of Service*

Video over IP sangat sensitif terhadap *Quality of Service* (QoS) sehingga kualitas layanannya bergantung pada besar *delay*, *jitter*, dan *packet loss*. *End-to-end delay* adalah waktu yang dibutuhkan sebuah paket data dari sumber ke tujuan. Beberapa penyebab *delay* diantaranya adalah jarak jalur komunikasi, proses *codec*, paketisasi, dan lain-lain. *Delay* yang diizinkan untuk aplikasi *voice* kurang dari 150 ms (Chhabra, 2020). *Jitter* adalah variasi waktu *delay* antara paket-paket yang dikirimkan secara terus-menerus dari sumber ke tujuan pada jaringan IP. *Jitter* disebabkan oleh beban trafik, perubahan rute paket, kemacetan paket (*congestion*), dan waktu tunda pemrosesan (Durr-e-Nayab et al., 2021). Besar *jitter* yang diizinkan

untuk aplikasi *voice* kurang dari 50 ms. *Packet loss* adalah hilangnya satu atau lebih paket data yang berjalan pada jaringan. *Packet loss* terjadi ketika terdapat penumpukan data pada jalur yang dilewati dan menyebabkan terjadinya *buffer overflow* pada *router*. *Packet loss* yang masih dapat diterima untuk aplikasi *voice* kurang dari 5% (Mostafa & Darwish, 2021). Pada penelitian ini kami mengevaluasi dua variabel respon yang mendukung layanan *video conference* secara *real-time* pada MANET; *end-to-end delay* dan *throughput*. *End-to-end delay* mengacu pada waktu yang dibutuhkan paket untuk dikirim melalui jaringan dari sumber ke tujuan. Selanjutnya studi ini mengevaluasi variabel respon *throughput* yang didefinisikan sebagai total data yang dikirim dan diterima selama periode tertentu yang diukur dalam *bit per second* (bps) (Ospina Cifuentes et al., 2021; Soret et al., 2014).

III. METODE PENELITIAN

Metodologi yang diusulkan untuk mengevaluasi QoS layanan VoIP *real-time*, seperti *video conference* yang didukung dalam MANET, yang memungkinkan verifikasi apakah jaringan ini dapat berfungsi sebagai infrastruktur komunikasi, terdiri dari alur pada Gambar 1.a. yang menyajikan metode yang diusulkan. Pada tahap pertama (operasional), MANET diimplementasikan. Tahap kedua (eksperimen) didasarkan pada adaptasi metodologi DoE, yang merupakan salah satu teknik statistik yang paling banyak digunakan untuk mengoptimalkan eksperimen. Metodologi ini didefinisikan sebagai metode untuk menerapkan statistik secara sistematis ke dalam proses eksperimen. Lebih tepatnya, itu dapat didefinisikan sebagai aplikasi dari serangkaian tes di mana perubahan sukarela dilakukan pada parameter kontrol dari suatu proses atau sistem untuk mengamati dan mengidentifikasi alasan perubahan dalam *output* atau variabel respons dari proses. Untuk mendapatkan kesimpulan yang objektif dan subjektif, evaluasi eksperimen harus terdiri dari dua komponen mendasar dan saling terkait: (1) desain eksperimen, yang mengacu pada proses perencanaan eksperimen sehingga data dapat dikumpulkan, dengan cara yang layak, untuk analisis statistik; dan (2) analisis statistik data yang efisien. Tahap ketiga (yang evaluatif) terdiri dari verifikasi atau evaluasi QoS setelah masalah yang harus dipecahkan telah diidentifikasi.



Gambar 1. Metodologi Penelitian
Sumber Gambar. Karya penulis sendiri

Eksperimen dilakukan di laboratorium Jaringan Telekomunikasi Politeknik Negeri Balikpapan. Skenario ini mencakup area dalam ruangan seluas 42 m². Percobaan terdiri dari dua dan empat *node mobile* (laptop) yang didistribusikan secara seragam posisi jarak. *Node* memiliki karakteristik teknis yang sama: sistem operasi *Windows 10*, memori RAM 4 GB, dan NIC nirkabel yang sesuai dengan standar IEEE 802.11 b/g/n. Untuk menghasilkan lalu lintas dan mensimulasikan layanan *video conference real-time* yang didukung MANET, aplikasi *Zoom cloud meeting* (*Zoom Meeting*, n.d.) digunakan untuk melakukan *video conference* antara semua *node* yang terhubung ke MANET dari *node master*. Studi ini mengevaluasi dua variabel respons dari MANET yang mendukung layanan VoIP *real-time*, yaitu *end-to-end delay* dan *throughput*. *End-to-end delay* sebagai waktu yang dibutuhkan sebuah paket untuk melewati jaringan dari sumber ke tujuan. Jaringan yang efisien mencapai *end-to-end delay* yang lebih baik, diukur dalam milidetik (Zeb et al., 2020). Sedangkan *throughput* menggunakan persamaan dari (Soret et al., 2014).

Gambar 1.b mengilustrasikan topologi sistem yang diterapkan untuk mengevaluasi *end-to-end delay* dan *throughput*. Layanan diberikan melalui *video conference* langsung menggunakan masing-masing *2-node* dan kemudian *4-node* terhubung ke *node server* di laboratorium TIK/elektronik. Perangkat *node-client* di ruangan menerima layanan dari rapat *cloud zoom* melalui *transmisi* jaringan. Perangkat terhubung ke MANET dan menggunakan aplikasi *zoom cloud meeting* untuk mengakses layanan. Faktor-faktor yang *end-to-end delay* dan *throughput* diperhitungkan ketika mentransmisikan layanan online di testbed (Soret et al., 2014). Setiap sesi *transmisi* dikelola di *node*, dan Wireshark (*Wireshark · Go Deep.*, n.d.) digunakan untuk mengumpulkan paket. Secara umum, berbagai variabel dapat berdampak pada fungsionalitas MANET, yang menyediakan layanan *video conference real-time*. Besarnya jumlah *node* yang terhubung ke MANET dipilih sebagai faktor penentu penelitian. Percobaan dilakukan di ruang kelas yang sebenarnya. Masing-masing dari empat *node* diproses lima kali selama pengumpulan data untuk memberikan temuan *end-to-end delay* dan *Throughput*. Akibatnya, masing-masing dari 20 percobaan yang dibuat oleh *testbed* (5x4) dijalankan selama 180 detik. Hasil dari semua tes penelitian dianalisis pada tahap akhir menggunakan data yang dibuat dari pengukuran menggunakan *Microsoft Excel®*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Eksperimen

Pada bagian ini, kami menyajikan hasil analisis komparatif layanan *video conference* kami untuk variabel posisi di jaringan *ad-hoc* seluler. Kami melakukan serangkaian eksperimen untuk mengevaluasi kinerja berbagai layanan *video conference* dalam berbagai skenario jaringan *ad-hoc* seluler. Eksperimen berfokus pada penilaian *end-to-end delay* dan nilai *throughput*. Untuk memulainya, kami mengumpulkan data pada variabel posisi dengan kepadatan *2-node* seperti yang ditunjukkan Tabel 2 dan kepadatan *4-node* ditunjukkan Tabel 3. Variabel-variabel ini dikontrol dan dimanipulasi dengan hati-hati untuk mensimulasikan kondisi jaringan yang berbeda. Kami kemudian memilih layanan *video conference* populer, yaitu Layanan *Zoom cloud meeting* untuk analisis komparatif kami. Layanan diuji dalam berbagai skenario untuk memastikan evaluasi yang komprehensif.

Tabel 2. Hasil pengukuran *end-to-end delay* dan *throughput* pada kepadatan 2 *node*

Pengukuran-i	<i>End-to-End Delay</i> (s)		<i>Throughput</i> (Kbps)	
	<i>Node-1</i>	<i>Node-2</i>	<i>Node-1</i>	<i>Node-2</i>
1	5,70	2,72	0,61	2,61
2	7,09	3,82	3,83	1,62
3	7,22	4,18	0,42	1,39
4	6,40	4,17	0,59	1,39
5	7,24	4,71	0,44	1,24
Nilai Rata-rata	6,73	3,92	1,18	1,65

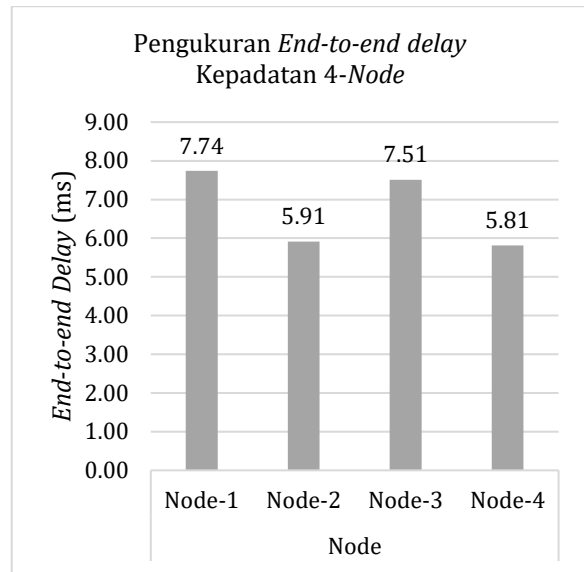
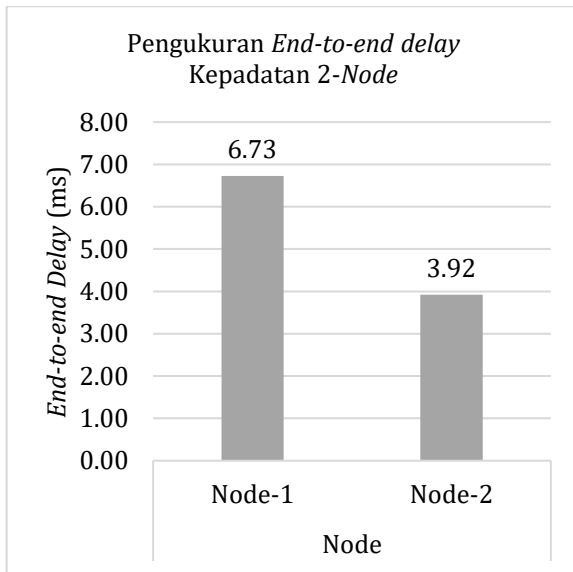
Sumber Tabel. Karya olahan data penulis sendiri

Tabel 3. Hasil pengukuran *end-to-end delay* dan *throughput* pada kepadatan 4 *node*

Pengukuran-i	<i>End-to-end Delay</i> (s)				<i>Throughput</i> (Kbps)			
	<i>Node-1</i>	<i>Node-2</i>	<i>Node-3</i>	<i>Node-4</i>	<i>Node-1</i>	<i>Node-2</i>	<i>Node-3</i>	<i>Node-4</i>
1	5,02	6,10	6,32	6,33	0,85	0,60	0,51	0,57
2	4,52	7,29	10,15	6,36	0,77	0,36	0,19	0,44
3	5,33	4,51	4,44	3,65	0,60	0,55	0,58	0,72
4	12,26	5,49	7,92	6,25	0,26	0,47	0,40	0,47
5	11,59	6,16	8,70	6,47	0,37	0,43	0,33	0,38
Nilai rata-rata	7,74	5,91	7,51	5,81	0,57	0,48	0,40	0,52

Sumber Tabel. Karya olahan data penulis sendiri

Gambar 2 menyajikan komposisi nilai *end-to-end delay* yang didapatkan dari hasil pengukuran *Quality of Service* melalui *Wireshark*. Seperti terlihat pada Gambar 2.a, komposisi *end-to-end delay* untuk kepadatan 2 *node* menunjukkan nilai terkecil 3,92 ms dan nilai tertinggi 6,73 ms. Sedangkan untuk (Gambar 2.b) kepadatan 4 *node* menunjukkan nilai terkecil 5,81 ms dan nilai tertinggi 7,74 ms.

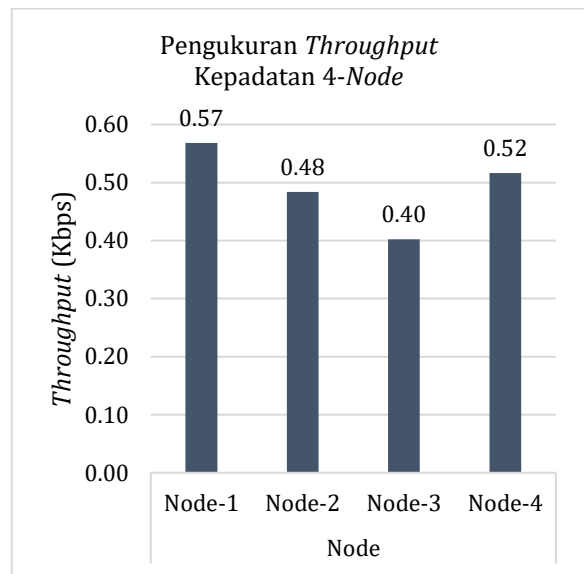
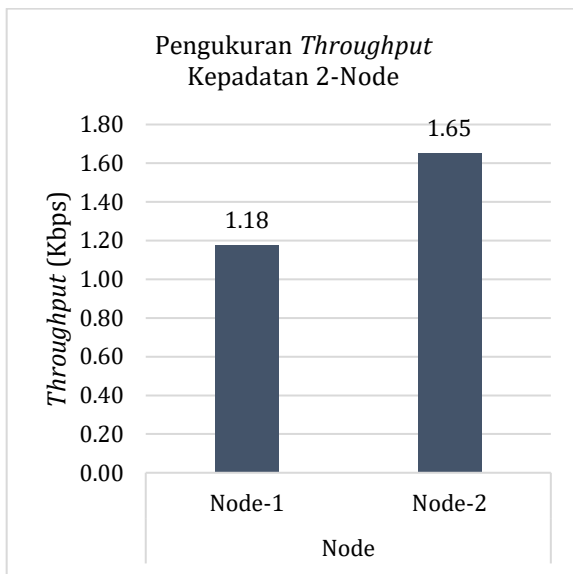


(a)

(b)

Gambar 2. Komposisi *End-to-End delay* dalam layanan *Video Conference*
 Sumber Gambar. Karya penulis sendiri

Gambar 3 menyajikan komposisi nilai *throughput* yang didapatkan dari hasil pengukuran *Quality of Service* melalui *Wireshark*. Seperti terlihat pada Gambar 3.a, komposisi *throughput* untuk kepadatan 2-node menunjukkan nilai terkecil 1,18 Kbps dan nilai tertinggi 1,65 Kbps. Sedangkan untuk (Gambar 3.b) kepadatan 4-node menunjukkan nilai terkecil 0,40 Kbps dan nilai tertinggi 0,57 Kbps.

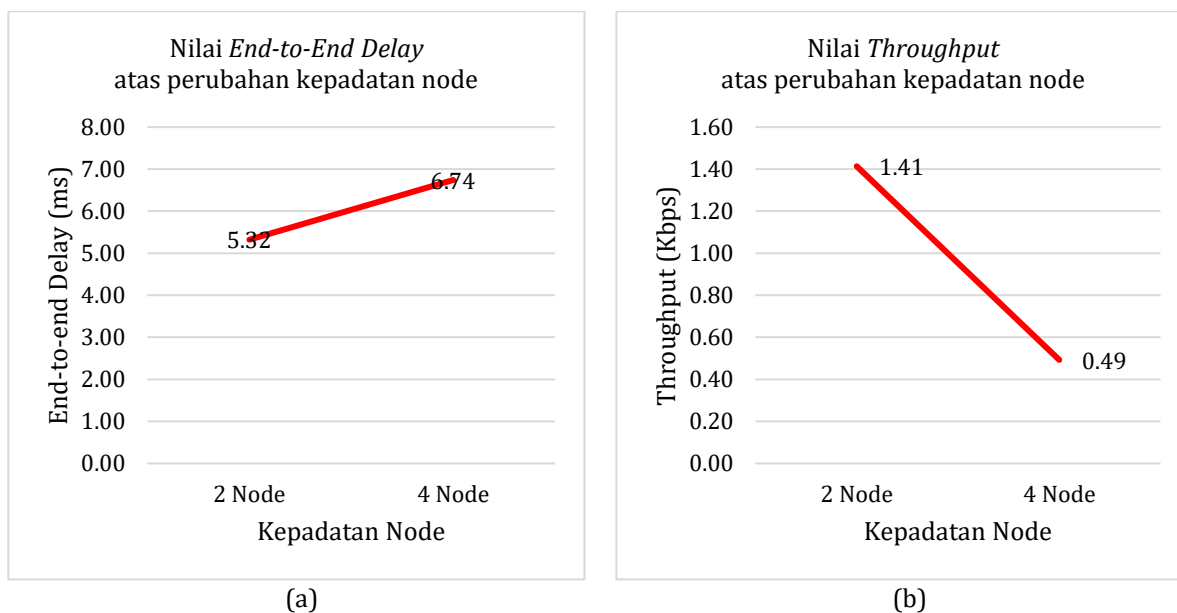


(a)

(b)

Gambar 3. Komposisi *Throughput* dalam layanan *Video Conference*
 Sumber Gambar. Karya penulis sendiri

Gambar 4 menyajikan perbandingan *end-to-end delay* 2-node dan 4-node yang ditentukan oleh komposisi *end-to-end delay* hasil pengukuran. Seperti terlihat pada Gambar 4.a, nilai *end-to-end delay* untuk 2-node menunjukkan nilai terendah dibanding *end-to-end delay* 4-node. Sedangkan untuk (Gambar 4.b) nilai *throughput* untuk 2-node menunjukkan nilai tertinggi dibanding *throughput* 4-node.



Gambar 4. Dampak Perubahan Kepadatan Node
Sumber Gambar. Karya penulis sendiri

B. Analisis Temuan

Dalam menganalisis *end-to-end delay*, kami menghitung perbedaan waktu antara pengiriman paket *video* dan kedatangannya di *node* tujuan. Kami kemudian mengumpulkan pengukuran *end-to-end delay* pada beberapa paket dan menghitung nilai rata-rata *end-to-end delay* rata-rata. Selain itu, kami menguji variasi nilai untuk memahami konsistensi dan stabilitas selama *transmisi video*. Gambar 2, mengilustrasikan rata-rata nilai *end-to-end delay* dari model evaluasi yang kami usulkan hampir sama. Temuan penelitian ini membandingkan hasil eksperimen dimana menunjukkan bahwa ada perbedaan nilai *end-to-end delay* antara perpindahan kepadatan 2-*node* (Gambar 2.a) menjadi kepadatan 4-*node* (Gambar 2.b). Kami mengamati bahwa ketika ukuran jaringan meningkat, *end-to-end delay* juga meningkat karena penundaan propagasi yang lebih tinggi dan peningkatan perebutan sumber daya jaringan. Demikian pula, dalam skenario dengan kepadatan *node* yang lebih tinggi 4-*node*, penundaan cenderung lebih tinggi karena peningkatan interferensi dan kemacetan. Kami juga mengevaluasi dampak pola mobilitas pada keterlambatan *end-to-end delay*. Dalam skenario dengan *node* yang sangat *mobile*, *end-to-end delay* menunjukkan fluktuasi dan pola yang tidak teratur karena seringnya perubahan topologi dan pembaruan perutean. Di sisi lain, skenario dengan mobilitas rendah menunjukkan pola penundaan yang lebih stabil. Dibandingkan nilai rata-rata *end-to-end delay* antara 2 dan 4-*node* (Gambar 4.a), ada peningkatan sebesar 27%, setelah layanan *video conference* dan jaringan dibagi penggunaannya secara bersama-sama pada sejumlah penambahan *node* (Simamora et al., n.d.). Kami mengamati bahwa dalam skenario dengan *node* yang padat, pengiriman ulang paket yang hilang meningkatkan penundaan. Melalui analisis, kami mengidentifikasi beberapa hambatan dan masalah kinerja yang berkontribusi pada *end-to-end delay* dalam *video conference* melalui MANET. Salah satu hambatan utama adalah *bandwidth* terbatas yang tersedia di tautan nirkabel. *Bandwidth* yang dibatasi menghasilkan peningkatan antrian dan kehilangan paket, yang mengarah ke *end-to-end delay* yang lebih tinggi. Hal ini sejalan dengan (Vivekananda G N et al., 2020) bahwa banyak faktor yang mempengaruhi variasi *end-to-end delay transmisi* pengiriman, antara lain *congestion* dan *collision* yang ada pada sisi saluran data.

Dalam mengevaluasi *throughput*, hasil percobaan mengungkapkan berbagai nilai *throughput* di berbagai skenario. Kami mengamati bahwa ketika jumlah *node* dalam jaringan meningkat, keseluruhan *throughput* menurun karena peningkatan *congestion* dan *collision* (Gambar 3.b). Melalui analisis data, kami dapat mengukur *throughput* yang dicapai dalam berbagai kondisi. Dengan mengukur jumlah data yang berhasil ditransmisikan dalam jangka waktu tertentu, kami menghitung *throughput* rata-rata untuk setiap skenario. Dalam analisis ini, kami membandingkan *throughput* yang dicapai dalam berbagai skenario dan konfigurasi untuk mengidentifikasi pola dan tren. Kami memeriksa skenario dengan kepadatan *node* yang berbeda untuk menilai dampaknya terhadap *throughput*. Perbandingan *throughput* yang dicapai dalam jaringan 2-*node* dengan 4-*node* (Gambar 4.b) menunjukkan bahwa jaringan dengan populasi yang padat mengalami persaingan yang lebih tinggi berakibat *throughput* yang lebih rendah dibandingkan dengan jaringan dengan populasi yang jarang mengalami penurunan nilai *throughput* 65%. Temuan ini menekankan pentingnya mempertimbangkan kepadatan *node* saat mengevaluasi *throughput* dalam layanan *video conference* di MANET. Kepadatan jaringan merupakan faktor mempengaruhi *throughput* layanan *video*

conference pada MANET. Kemacetan jaringan terjadi ketika banyak *node* mencoba untuk mengirimkan data secara bersamaan, yang menyebabkan peningkatan *collision* dan pengurangan *throughput*. Analisis kami menyoroti bahwa seiring bertambahnya jumlah *node*, kemungkinan *congestion* juga meningkat, menghasilkan *throughput* yang lebih rendah. Demikian pula, posisi *node* mempengaruhi kekuatan sinyal dan tingkat interferensi, memengaruhi *throughput* yang dapat dicapai. Terlepas dari wawasan yang diperoleh dari analisis, ada keterbatasan tertentu dalam penelitian kami yang memerlukan pertimbangan. Pertama, hasil percobaan didasarkan pada seperangkat konfigurasi dan parameter jaringan tertentu. Temuan mungkin dapat memiliki tingkat relevansi yang berbeda dalam situasi lain, sehingga memerlukan penelitian lebih lanjut untuk mengeksplorasi pengaturan. Selain itu, analisis difokuskan pada dampak faktor jaringan pada *throughput*, namun mungkin ada faktor eksternal lain yang dapat mempengaruhinya juga seperti kondisi lingkungan dan interferensi jaringan yang dapat memiliki efek tambahan pada *throughput* yang tidak diselidiki secara eksplisit dalam penelitian ini. Ketidakpengendalian variabel lain dapat menghasilkan temuan yang mungkin tidak sepenuhnya berlaku dalam semua konteks MANET.

Temuan penelitian kami memiliki implikasi penting untuk implementasi dan kinerja layanan *video conference* melalui MANET. Memahami faktor-faktor yang mempengaruhi *end-to-end delay* dan *throughput* dapat membantu dalam merancang sistem yang lebih kuat dan efisien. Mengenai *end-to-end delay*, meminimalkan jumlah *hop* dapat mengurangi *end-to-end delay*. Menggunakan algoritma perutean yang memilih rute dengan jumlah *hop* terendah, paket data dapat menghindari perjalanan yang panjang dan meminimalkan penundaan. Mempertimbangkan sumber daya yang terbatas di MANET, memprioritaskan paket *video* dan menerapkan mekanisme kualitas layanan (QoS) dapat membantu dalam mengelola penundaan dan menjaga kualitas *video*. Dalam meningkatkan *throughput*, sistem *video conference* dapat memantau lalu lintas jaringan secara cermat. Jika terjadi kemacetan, langkah-langkah kontrol kemacetan dapat diterapkan, seperti pengaturan ulang paket atau alokasi sumber daya yang lebih efisien, untuk memastikan pengiriman data yang lancar. Selanjutnya, menggunakan teknik seperti kontrol kemacetan, dan laju *transmisi* adaptif dapat meningkatkan pemanfaatan sumber daya jaringan yang tersedia dan meningkatkan *throughput*.

Jika kita melihat hasil akhir pengujian menggunakan teknik distribusi data untuk pola jumlah *n-user*, kita mendapatkan hubungan antara E2E delay dan *throughput* sesuai hasil penelitian sebelumnya (Ospina Cifuentes et al., 2021); dimana untuk *n*-jumlah *client* semakin meningkat menyebabkan *throughput* semakin kecil dan E2E delay semakin besar (Kango et al., 2023). Namun, berdasarkan nilai *end-to-end delay* yang diperoleh memberikan selisih 1,42ms (<0,1s); jika menggunakan tingkat pengamatan *end-user*, waktunya mendekati singkat; tetapi keuntungannya adalah mungkin di lapisan perangkat keras, yang artinya tidak sesingkat sisi pengguna akhir. Terutama ketika menyadari bahwa kecepatan bit saluran data mendekati satuan dasar megabit per detik. Berdasarkan temuan kami, kami mengusulkan rekomendasi berikut untuk meningkatkan *end-to-end delay* dan *throughput* dalam layanan *video conference* melalui MANET. Mengembangkan mekanisme QoS yang dirancang khusus untuk MANET untuk memprioritaskan paket *video* dan mengalokasikan sumber daya jaringan secara efektif. Mekanisme QoS dapat memastikan bahwa paket *video* diberi prioritas lebih tinggi, mengurangi penundaan dan menjaga kualitas *video* selama kemacetan jaringan.

Sangat penting untuk meninjau dan mengkonsolidasikan hasil untuk mendapatkan pemahaman yang komprehensif tentang faktor kinerja dan keterbatasan. Pertama, analisis kami mengungkapkan bahwa *end-to-end delay* dipengaruhi oleh beberapa faktor dalam lingkungan MANET. Jumlah *node* dalam jaringan yang digunakan memainkan peran penting dalam menentukan delay. Sangat penting untuk mempertimbangkan faktor-faktor ini saat merancang sistem *video conference* untuk MANET. Kedua, *throughput* dalam layanan *video conference* melalui MANET dapat dipengaruhi oleh kondisi jaringan dan kendala sumber daya *bandwidth* yang tersedia dan perubahan topologi jaringan dapat menghambat *throughput* secara keseluruhan. Oleh karena itu, MANET dapat menjadi solusi jaringan yang efisien untuk proses komunikasi secara *real-time*, khususnya *video conference* pada aplikasi *Zoom cloud conferencing*. Pendekatan tersebut menunjukkan bahwa efisiensi dapat diamati ketika skalabilitas *node* jaringan ditingkatkan dari 2 menjadi 4-*node*, yang menghasilkan kinerja yang masih cukup baik untuk standar komunikasi ITU G114. Pemanfaatan teknologi jaringan nirkabel untuk bertukar informasi melalui komunikasi *real-time* dapat menjadi tren jaringan komputer saat ini, karena kepraktisan dan kinerjanya hampir sama dengan jaringan kabel.

V. SIMPULAN

Dalam karya ini kami mengeksplorasi pengaruh kepadatan *node* terhadap performa *video conference* di MANET. Temuan utama bahwa layanan *video conference* di MANET menghadapi tantangan yang signifikan karena sifat jaringan yang dinamis. Hasil penelitian kami membuktikan bahwa kualitas *video* sangat tergantung pada kepadatan *node*. Dalam skenario dengan kepadatan *node* yang tinggi, *bandwidth* yang

tersedia dibagi di antara jumlah *node* yang lebih banyak, menghasilkan kualitas *video* yang lebih rendah dan waktu *buffering* yang lebih lama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode yang dikembangkan dapat digunakan untuk mengevaluasi QoS MANET secara *real-time*. Fluktuasi nilai *End-to-End Delay* dan *throughput* rentan terjadi selama layanan *video conference* karena cenderung *real-time*. Hal ini dikarenakan kondisi fluktuasi dipengaruhi oleh kepadatan *node*. Temuan ini menyoroti pentingnya mempertimbangkan persyaratan dan karakteristik khusus dari MANET saat memilih layanan *video conference*. Temuan ini berkontribusi pada pengetahuan yang ada dengan menyoroti tantangan dan peluang *video conference* di lingkungan jaringan yang dinamis. Untuk lebih memajukan pemahaman *video conference* di MANET, penelitian di masa depan penting untuk menjelajahi faktor tambahan yang mempengaruhi layanan *video conference*, seperti perutean berbasis lokasi dan pengelompokan *node* karena MANET sering digunakan dalam pemindahan perangkat. Dengan demikian, pentingnya mempertimbangkan karakteristik MANET saat layanan *video conference*. Dalam lingkungan jaringan yang dinamis, kinerja *video conference* dapat bervariasi signifikan tergantung pada kepadatan *node*. Penelitian ini berkontribusi pada pengetahuan yang ada dan membuka jalan bagi penelitian lebih lanjut untuk memperdalam pemahaman kita tentang kinerja *video conference* di MANET.

VI. UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian yang dilaporkan dalam publikasi ini didukung dengan sumber pendanaan oleh Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia dengan Nomor Kontrak 181/SPK/D.D4/PPK.01.APTV/VI/2023. Proyek ini melalui skema penelitian dosen pemula (PDP) untuk tahun anggaran 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah Saeed, M., & Edan, N. M. (2022). Design and Implementation of Peer-to-Peer Video and Chat Communication. *Technium Social Sciences Journal*, 37, 142–152. <https://doi.org/10.47577/TSSJ.V37I1.7570>
- Alam, T., & Rababah, B. (2019). Convergence of MANET in Communication among Smart Devices in IoT. *International Journal of Wireless and Microwave Technologies*, 9(2), 1–10. <https://doi.org/10.5815/ijwmt.2019.02.01>
- Ali, M. F., Suharto, N., & Kusumawardani, M. (2019). Analisis Perbandingan Qos Simulasi Dan Eksperimen Praktis Protokol Olsr Pada Jaringan Mobile Adhoc. *Jaringan Telekomunikasi (JARTEL)*, 9(2). <http://jtdjurnal.polinema.ac.id/index.php/jtd/article/view/125>
- Alturfi, S. M., Muhsen, D. K., & Mohammed, M. A. (2021). Network Performance Evaluation of Different MANET Routing Protocols Configured on Heterogeneous Nodes. *Journal of Physics: Conference Series*, 1804(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1804/1/012124>
- Chhabra, A. (2020). VoIP QoS Prediction over Wireless Mesh Network Scenario. *International Journal of Computer Science & Communication*, 11(2), 52–55.
- Dongol, P., & Vaman, D. R. (2014). End to End Quality of Service Assurance for Multi-Service Provisioning in Mobile ad hoc Networks. *International Journal of Network Security & Its Applications*, 6(4), 1.
- Durr-e-Nayab, Zafar, M. H., & Altalbe, A. (2021). Prediction of Scenarios for Routing in MANETs Based on Expanding Ring Search and Random Early Detection Parameters Using Machine Learning Techniques. *IEEE Access*, 1–1. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3067816>
- Fleury, M., Kanellopoulos, D., & Qadri, N. N. (2019). Video streaming over MANETs: An overview of techniques. *Multimedia Tools and Applications*, 78, 23749–23782.
- Kango, R., & Ibrahim, I. (2018). Analisis Quality of Service Aplikasi Voice Over Internet Protokol pada Jaringan Mobile Adhoc Network. *Jurnal Sains Informasi Geografi*, 1(2), 21. <https://doi.org/10.31314/jsig.v1i2.175>
- Kango, R., Jamal, N., & Abas, M. I. (2023). Analysis of End-to-End Delay Video Conferencing Services on a Mobile Ad Hoc Network. *JOURNAL OF INFORMATICS AND TELECOMMUNICATION ENGINEERING*, 6(2), 393–402.
- Kumar, V., & Roy, O. P. (2020). A Reliable and Secure Wireless Network for VoIP Applications. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 686, 1–10. https://doi.org/10.1007/978-981-15-7031-5_1
- Marion, T. J., & Fixson, S. K. (2021). The transformation of the innovation process: How digital tools are changing work, collaboration, and organizations in new product development. *Journal of Product Innovation Management*, 38(1), 192–215.

- Masruroh, S. U., Mu'minin, A., & Fiade, A. (2014). Perbandingan qos routing protocol olsr dan grp menggunakan opnet modeler 14.5 pada mobile ad hoc network. *JURNAL TEKNIK INFORMATIKA*, 7(2).
- Mirza, S., & Bakshi, S. Z. (2018). Introduction to MANET Routing. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 05(1), 17–20. <https://www.irjet.net/archives/V5/i1/IRJET-V5I103.pdf>
- Mostafa, K. M., & Darwish, S. M. (2021). *Adaptive Mechanism for Discovering Internet Gateways in Wireless Networks Using Swarm Intelligence*. 9. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3068527>
- Niazi, R. M., Ubaid, M., & Khan, M. (2018). Effects Of Mobility On Adhoc Routing Protocols Model. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH*, 7. www.ijstr.org
- Ospina Cifuentes, B., Montoya Benítez, A., Góez, G. D., & Alvarado Jaimes, R. (2021). Evaluating the Throughput of Real-time Distance Education Services Supported by a Mobile Ad Hoc Network. *Tecnológicas*, 24(50), e1719. <https://doi.org/10.22430/22565337.1719>
- Rath, M., Pati, B., & Pattanayak, B. K. (2017). Cross layer based QoS platform for multimedia transmission in MANET. *2017 11th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO)*, 402–407.
- Sagar, N. S. S., & Reddy, P. C. (2020). QoS Evaluation of SIP Signalled VoIP Network Routed using MANET Routing Protocols. *Global Journal of Computer Science and Technology: E Network, Web & Security*, 20(3).
- Sapiro, G. (2019). Manet: A Symbolic Revolution. In *Contemporary Sociology: A Journal of Reviews* (Vol. 48, Issue 3). books.google.com. <https://doi.org/10.1177/0094306119842138f>
- Simamora, S. N. M. P. (2014). Model Pembelajaran Teknologi Informasi Dengan Teknik MANET pada Kawasan tertinggal. *Prosiding Seminar Nasional Indonesia TIMUR - SENANTI*, 1–9.
- Simamora, S. N. M. P., Juhana, T., & Ruhyani, A. (n.d.). *The Comparative Analysis of Data-streaming Services for Position Variable in Mobile Ad-hoc Network*. 6–9.
- Soret, B., Mogensen, P., Pedersen, K. I., & Aguayo-Torres, M. C. (2014). Fundamental tradeoffs among reliability, latency and throughput in cellular networks. *2014 IEEE Globecom Workshops, GC Wkshps 2014*, 1391–1396. <https://doi.org/10.1109/GLOCOMW.2014.7063628>
- Streit, K., Viehmann, E., Steuber, F., & Rodosek, G. D. (2020). Improving Routing with Up-to-date and Full Topology Knowledge in MANETs. *2020 Military Communications and Information Systems Conference, MilCIS 2020 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/MilCIS49828.2020.9282381>
- Ul Islam Khan, B., Olanrewaju, R. F., Anwar, F., Najeeb, A. R., & Yaacob, M. (2018). A survey on MANETs: architecture, evolution, applications, security issues and solutions. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 12(2), 832–842. <https://doi.org/10.11591/IJEECS.V12.I2.PP832-842>
- Vivekananda G N, Chenna Reddy P, & Ilknur, A. (2020). A congestion avoidance mechanism in multimedia transmission over MANET using SCTP multi-streaming. *Multimedia Tools and Applications*, 79(23–24), 16823–16844. <https://doi.org/10.1007/S11042-019-7260-X/METRICS>
- Wireshark · Go Deep*. (n.d.). Retrieved January 9, 2023, from <https://www.wireshark.org/>
- Yang, H., Li, Z., & Liu, Z. (2019). A method of routing optimization using CHNN in MANET. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 10(5), 1759–1768. <https://doi.org/10.1007/s12652-017-0614-1>
- Zeb, U., Khan, W. U., Irfanullah, S., & Salam, A. (2020). The Impact of Transmission Range on Performance of Mobile Ad-hoc Network Routing Protocols. *2020 3rd International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies: Idea to Innovation for Building the Knowledge Economy, ICoMET 2020*. <https://doi.org/10.1109/ICOMET48670.2020.9074090>
- Zemrane, H., Baddi, Y., & Hasbi, A. (2021). VOIP in MANETs Based on the Routing Protocols OLSR and TORA. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1188, 443–453. https://doi.org/10.1007/978-981-15-6048-4_39
- Zhang, D. gan, Gao, J. xin, Liu, X. huan, Zhang, T., & Zhao, D. xin. (2019). Novel approach of distributed & adaptive trust metrics for MANET. *Wireless Networks*. <https://doi.org/10.1007/s11276-019-01955-2>
- Zoom Meeting*. (n.d.). Retrieved January 9, 2023, from <https://zoom.us/>