

Pengaruh Mobilitas Terhadap Kualitas *Throughput* pada Jaringan *Wireless*

Kartika Nafius Sholikhah¹, I Made Suartana²

^{1,2} Jurusan Teknik Informatika/Teknik Informatika, Universitas Negeri Surabaya

¹kartika.18037@mhs.unesa.ac.id

²imadesuartana@unesa.ac.id

Abstrak— Meningkatnya pengguna jaringan *wireless* dari waktu ke waktu dalam proses komunikasi, didukung dengan banyaknya perangkat yang dikembangkan seperti ponsel pintar, *laptop*, *notebook*, dan lain sebagainya yang digunakan untuk menunjang kebebasan pergerakan penggunanya. Namun, di sisi lain adanya pergerakan atau mobilitas yang terjadi menjadi salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kinerja suatu jaringan *wireless*, memungkinkan adanya peningkatan ataupun penurunan terhadap proses transmisi data yang terjadi melalui suatu jaringan *wireless*. Penelitian ini menganalisa pengaruh mobilitas terhadap kualitas *throughput* pada jaringan *wireless*. Analisa dihasilkan melalui pengujian yang disimulasikan menggunakan OMNeT++. Menyimulasikan dua model mobilitas, antara *Gauss Markov* dan *Random Waypoint* dalam jaringan *wireless*. Pengujian dilakukan pada lingkungan jaringan *wireless* yang meliputi 1 *node* sumber, 1 *node* tujuan, dan *node* perantara yang berjumlah 5, 10, 15 dengan kecepatan 2m/s, 10m/s, dan 20m/s. Hasil parameter kinerja *throughput* memiliki nilai yang lebih baik pada model mobilitas *Random Waypoint*. Nilai *throughput* dengan model mobilitas *Gauss Markov* mengalami penurunan ketika kecepatannya semakin tinggi. Nilai *throughput* dengan model mobilitas *Random Waypoint* mengalami peningkatan pada nilai kecepatan yang tinggi, dan terjadi peningkatan secara berturut-turut pada setiap penambahan jumlah *node*. Nilai *throughput* dengan model mobilitas *Gauss Markov* dapat menghasilkan nilai yang lebih baik ketika model mobilitas bergerak dalam kecepatan yang rendah dengan jumlah *node* yang tidak terlalu banyak. Sedangkan, nilai *throughput* dengan model mobilitas *Random Waypoint* mampu menghasilkan nilai *throughput* yang stabil dan tinggi walaupun dengan jumlah *node* yang banyak dalam kecepatan yang rendah maupun tinggi.

Kata Kunci— Jaringan *Wireless*, OMNeT++, *Gauss Markov*, *Random Waypoint*, *Throughput*.

I. PENDAHULUAN

Jaringan *ad-hoc*, salah satu hasil dari pengembangan jaringan *wireless* yang merupakan salah satu jenis dari jaringan *wireless* area lokal atau WLAN yang memungkinkan perangkat yang satu dengan yang lain saling terhubung dan dapat berkomunikasi secara langsung tanpa bergantung pada infrastruktur seperti *router* atau *access point*, karena masing-masing perangkat pada jaringan *ad-hoc* telah memiliki antarmuka *wireless*[1]. Membayangkan betapa sulitnya pengiriman informasi jarak jauh sebelum ditemukannya teknologi jaringan *wireless*, dikarenakan perangkat yang begitu besar dan berat sehingga tidak mudah untuk dibawa ataupun dipindahkan. Meningkatnya pengguna komunikasi dari waktu ke waktu, menjadikan jaringan *wireless* semakin

banyak digunakan dibandingkan dengan jaringan kabel. Hal ini dikarenakan pengguna membutuhkan akses cepat dan dapat bertukar data kapan saja dan dimana saja. Banyak perangkat dikembangkan seperti ponsel pintar, *laptop*, *notebook*, dan lain sebagainya yang digunakan untuk menunjang kebebasan pergerakan penggunanya. Oleh karena itu, tidak dapat dipungkiri bahwa pergerakan atau mobilitas menjadi pertimbangan dalam perkembangan jaringan *wireless*. Namun, di sisi lain adanya mobilitas tersebut juga menjadi salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kinerja suatu jaringan *wireless*, memungkinkan adanya peningkatan ataupun penurunan terhadap proses transmisi data yang terjadi melalui suatu jaringan *wireless*[2].

Pembahasan mobilitas pada jaringan *wireless* banyak menjadi topik penelitian, seperti halnya penelitian yang dilakukan oleh Tama & Suartana, dengan judul “Pengaruh Mobilitas dan Jumlah Pengguna pada Kualitas Layanan *Software Defined Wireless Network* (SDWN)”. Beberapa model mobilitas yang disimulasikan antara lain *Gauss Markov*, *Random Direction*, *Random Walk*, dan *Random Waypoint*, dengan memanfaatkan Mininet-Wifi sebagai emulatoarnya. Salah satu hasil dari penelitiannya yakni dari parameter *throughput* menunjukkan bahwa, adanya penambahan jumlah *node* menyebabkan penurunan terhadap nilai *throughput*[3]. Penelitian lain yang dilakukan oleh Agussalim et al. yang membandingkan model mobilitas *Random Direction* dan *Gauss Markov* pada MANET dengan protokol perutean AODV, yang diberi judul “Analisis Pengaruh Mobilitas *Node* pada Kinerja AODV Protokol Menggunakan Emulator Mininet-Wifi”, hasil menunjukkan nilai *throughput* model mobilitas *Gauss Markov* yang selalu lebih tinggi dibandingkan dengan nilai *throughput* model mobilitas *Random Direction*[4]. Penelitian dengan perbandingan model mobilitas juga dilakukan oleh Hardein et al. pada penelitiannya yang berjudul “Analisis Mobilitas *Node* Jaringan Nirkabel pada *Software Defined Wireless Network* (SDWN)”. Hasil penelitian menunjukkan, masing-masing model mobilitas memberikan pengaruh yang berbeda seperti halnya *Random Direction* yang memberikan pengaruh nilai *throughput* yang lebih tinggi dibanding kedua model mobilitas lainnya pada kecepatan tertinggi yang diujikan, nilai *packet loss* yang meningkat seiring bertambahnya kecepatan, dan nilai *delay* yang lebih tinggi daripada dua model mobilitas lainnya; *Random Walk* yang memberikan pengaruh nilai *throughput* yang cenderung stabil seiring bertambahnya kecepatan, nilai *packet loss* yang lebih tinggi, dan nilai *delay*

yang cukup tinggi pada kecepatan terendah yang diujikan; *Random Waypoint* yang memberikan pengaruh yang cenderung stabil pada nilai *throughput* serta nilai *packet loss* dan *delay* yang lebih baik dibandingkan dengan dua model mobilitas lainnya pada setiap kecepatan yang diujikan[5]. Dilihat dari penggunaan model mobilitas dalam proses simulasi penelitian-penelitian di atas, Gupta et al. menuliskan bahwa setiap model mobilitas yang digunakan tersebut memiliki peran sebagai peniru perilaku pergerakan pengguna yang sebenarnya, selain itu juga setiap model mobilitas memiliki karakteristik gerakan yang unik dan spesifik untuk menunjang keberhasilan simulasi[6].

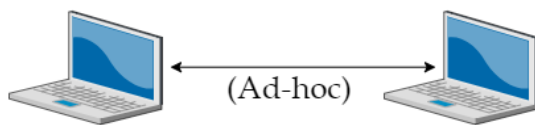
Pada penelitian ini yang menggunakan dua model mobilitas, antara lain *Gauss Markov* dan *Random Waypoint*, disimulasikan menggunakan OMNeT++ , dengan proses pembangunan jaringan yang tidak luput dari standarisasi IEEE 802.11. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh mobilitas terhadap kualitas *throughput* pada jaringan *wireless*. Sehingga, analisis dilakukan terhadap parameter *throughput* pada hasil seluruh simulasi.

II. KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini memuat beberapa dasar teori terkait dengan penelitian yang dilakukan.

A. Ad-Hoc

Jaringan *Ad-hoc* termasuk salah satu jenis dari jaringan *wireless*, biasanya terdiri dari sekelompok perangkat *mobile* seperti *laptop*, ponsel cerdas, atau *tablet*, yang saling terhubung secara nirkabel dan dapat berkomunikasi satu sama lain tanpa adanya infrastruktur jaringan yang tetap. Setiap perangkat dalam jaringan berperan sebagai *node* yang dapat berfungsi sebagai pengirim, penerima, dan *router* data. Mereka saling berkomunikasi dan berbagi informasi untuk mengirimkan paket data ke tujuan dengan menggunakan metode komunikasi nirkabel seperti Wi-Fi, *Bluetooth*, atau protokol khusus lainnya. Sebab itu, salah satu keterbatasan yang dimiliki oleh jaringan *ad-hoc* adalah kemampuan jangkauan komunikasi antar perangkat yang digunakan.



Gbr. 1 Skema *ad-hoc* sederhana.

B. Model Mobilitas

1) *Model mobilitas Gauss Markov*: model mobilitas *Gauss Markov* merupakan model mobilitas gerak acak yang dihasilkan dengan mempertimbangkan kecepatan, arah, serta faktor variasi dalam prediksi posisi berikutnya. Sehingga, menciptakan perilaku pergerakan objek yang realistis dan bervariasi.

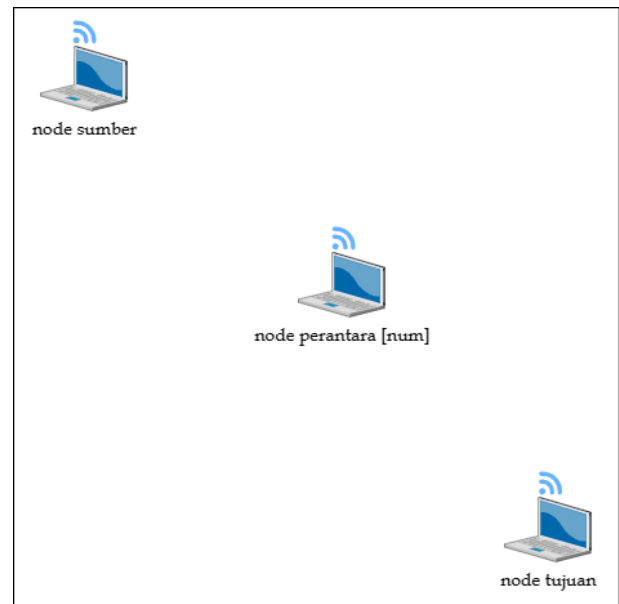
2) *Model mobilitas Random Waypoint*: model mobilitas *Random Waypoint* merupakan model mobilitas gerak acak yang bergerak pada segmen garis, sehingga menghasilkan gerak objek yang acak dengan pola linear. Objek dengan model mobilitas ini bergerak dengan memilih kecepatannya sendiri dan akan berhenti selama periode waktu tertentu saat telah mencapai posisinya ataupun batas area sebelum memilih tujuan baru.

III. METODE PENELITIAN

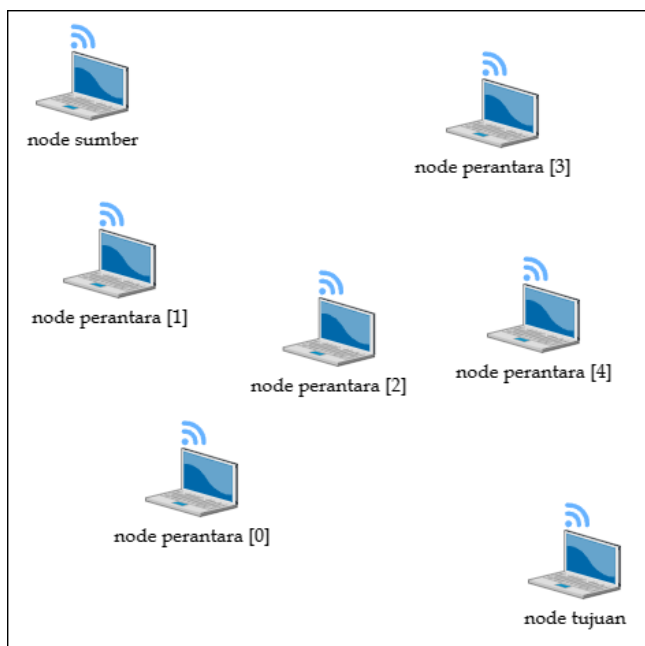
Penelitian ini dilakukan dengan model simulasi yang dirancang untuk mereproduksi dan memodelkan fenomena yang sedang diteliti dengan seakurat mungkin. Dalam pengembangannya, model simulasi ini mengintegrasikan berbagai variabel, parameter, dan aturan yang relevan untuk menggambarkan perilaku sistem yang sedang dipelajari.

A. Perancangan

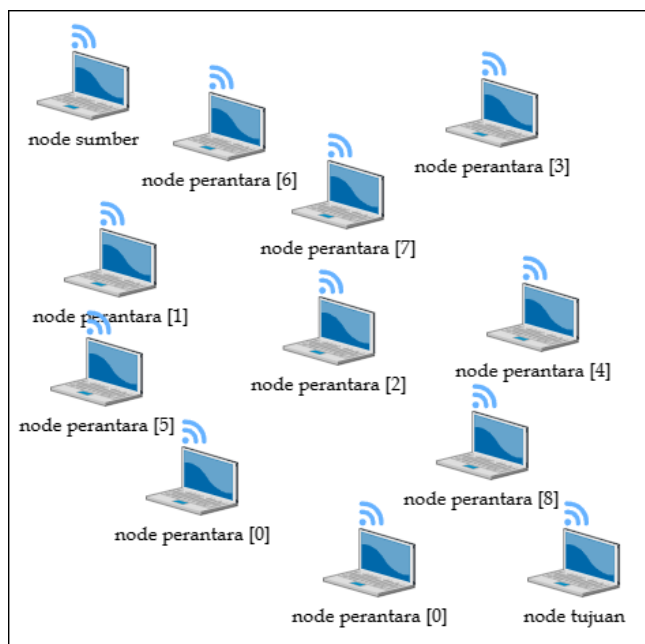
Perancangan dilakukan terhadap lingkungan jaringan yang akan dibangun, yang meliputi parameter simulasi beserta skenario yang akan diimplementasikan untuk kebutuhan simulasi dan pengujian. Penelitian ini dilakukan pada luas area 50×50 meter yang berisikan 1 *node* sumber, 1 *node* tujuan, dan *node* perantara seperti pada Gbr. 2. Skenario dibedakan berdasarkan jumlah *node* perantara pada skenario pertama jumlah *node* perantara 5 seperti topologi pada Gbr. 3. Skenario kedua *node* perantara yang berjumlah 10 seperti topologi pada Gbr. 4. Sedangkan *node* perantara yang berjumlah 15 seperti topologi pada Gbr. 5. Seluruh skenario uji coba yang dibuat diberikan asumsi posisi berada pada ketinggian 1 meter. Namun, untuk posisi setiap *node* berdasarkan sumbu x dan y pada simulasi dan pengujian akan didistribusikan sesuai distribusi acak yang dihasilkan oleh setiap model mobilitas yang digunakan.



Gbr. 2 Node dasar.



Gbr. 3 Lingkungan jaringan dengan 5 perantara.



Gbr. 4 Lingkungan jaringan dengan 10 perantara.



Gbr. 5 Lingkungan jaringan dengan 15 perantara.

Simulasi dijalankan pada tiap pertambahan *node* dan tiap model mobilitas yang digunakan pada kecepatan 2m/s, 10m/s, 20m/s. Masing-masing disimulasikan dan diujikan dengan mengirimkan paket UDP secara *wireless* dengan ukuran 2268byte pada bitrate 54Mbps, dengan waktu 100 detik untuk setiap simulasi pengujiannya, parameter simulasi dijelaskan pada tabel 1.

TABEL I
PARAMETER SIMULASI

Durasi	100s
Ukuran Lingkungan	50m×50m
Jumlah Node Sumber	1
Jumlah Node Tujuan	1
Jumlah Node Perantara	5, 10, 15
Posisi (Tinggi)	1m
Jangkauan	10m
Mode	g
Bitrate	54Mbps
Protokol Perutean	Ad hoc On Demand Distance Vector (AODV)
Tipe Paket Data	UDP
Ukuran Paket	2268byte
Interval	1s
Model Mobilitas	Gauss Markov, Random Waypoint
Kecepatan	2m/s, 10m/s, 20m/s

B. Simulasi dan pengujian

Menggunakan aplikasi simulasi OMNeT++ dengan *framework* INET simulasi dilakukan. Simulasi secara umum meliputi implementasi skenario jaringan hingga pengujian. Implementasi dalam penelitian ini meliputi pembangunan tampilan lingkungan jaringan dan konfigurasi skenario

pengujian. Pembangunan tampilan lingkungan jaringan dilakukan dengan melakukan pengkodean pada file berekstensi *.ned*. Sedangkan, untuk melakukan konfigurasi jaringan, konfigurasi *node*, konfigurasi model mobilitas, dan konfigurasi skenario pengujian seluruhnya dilakukan dengan melakukan pengkodean pada file berekstensi *.ini*. Ketika implementasi berhasil tereksekusi dengan baik, maka simulasi dapat dijalankan dan pengujian dilakukan.

C. Analisis hasil

Data yang telah terkumpul pada OMNeT++ selanjutnya diproses sehingga dapat tersaji dalam bentuk tabel dan grafik. Berdasarkan hasil pemrosesan data tersebut maka analisis hasil dilakukan untuk mengetahui bagaimana kedua model mobilitas mempengaruhi nilai *throughput* dalam komunikasi pada jaringan *wireless*.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi implementasi dan penyajian hasil pengujian yang telah dilakukan guna mengetahui pengaruh mobilitas terhadap kualitas *throughput* pada jaringan *wireless*.

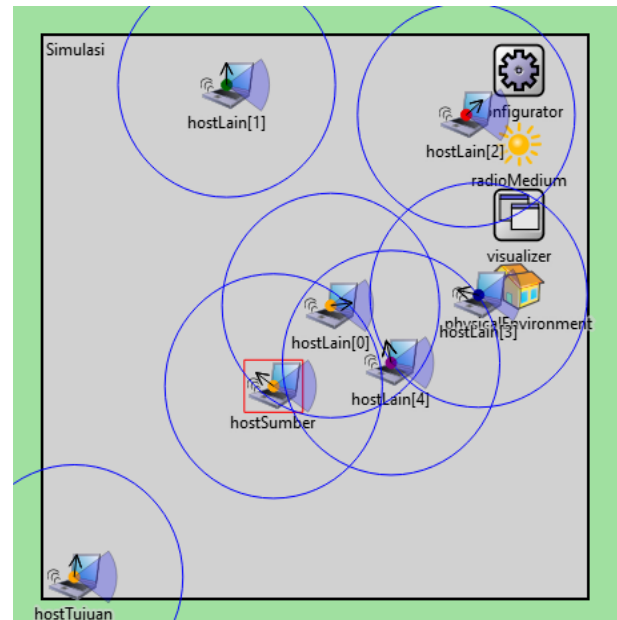
A. Implementasi

Table 2 merupakan komponen yang mempresentasikan infrastruktur yang dibutuhkan dalam simulasi.

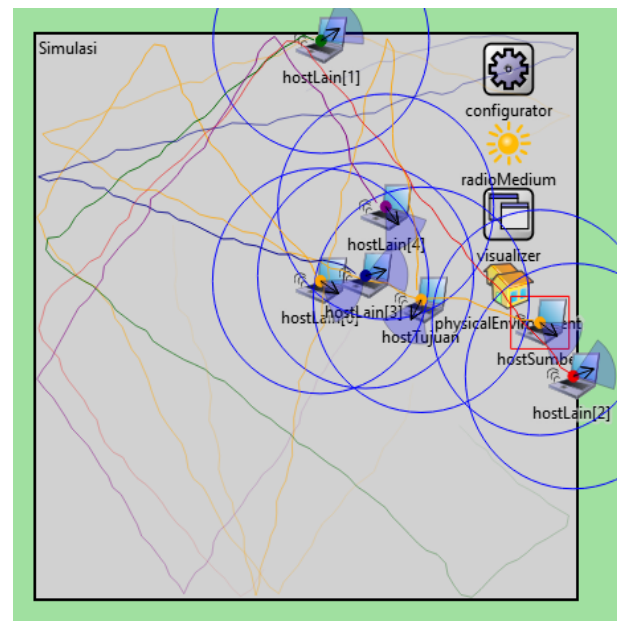
TABEL III
KOMPONEN TAMPILAN LINGKUNGAN JARINGAN

No.	Komponen	Fungsi
1.	<i>hostSumber</i>	Sebagai <i>node</i> sumber paket dikirimkan.
2.	<i>hostTujuan</i>	Sebagai <i>node</i> tujuan akhir paket dikirimkan.
3.	<i>hostLain[numHosts]</i>	Sebagai <i>node</i> perantara dalam proses pengiriman paket dari <i>hostSumber</i> ke <i>hostTujuan</i> ketika keduanya tidak dapat menjangkau satu sama lain.
4.	<i>configurator</i>	Sebagai submodul untuk melakukan konfigurasi dalam mengatur koneksi lingkungan jaringan.
5.	<i>radioMedium</i>	Sebagai submodul yang mewakili media fisik komunikasi lingkungan jaringan.
6.	<i>visualizer</i>	Sebagai submodul untuk dapat memvisualisasikan aspek-aspek tertentu pada lingkungan jaringan.
7.	<i>physicalEnvironment</i>	Sebagai submodul untuk melakukan konfigurasi lingkungan fisik pada wilayah lingkungan jaringan.

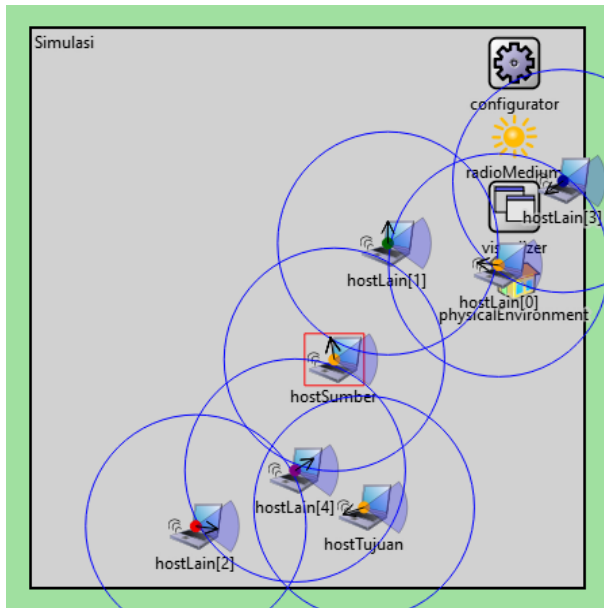
Tampilan pendistribusian *node* yang dihasilkan oleh model mobilitas *Gauss Markov* dan *Random Waypoint* seperti pada ilustrasi Gbr. 6 dan Gbr. 8 untuk posisi awal masing-masing model. Pada Gbr. 7 ilustrasi pola jejak distribusi model mobilitas *Gauss Markov*. Pada Gbr. 9 ilustrasi pola jejak distribusi model mobilitas *Random Waypoint*.



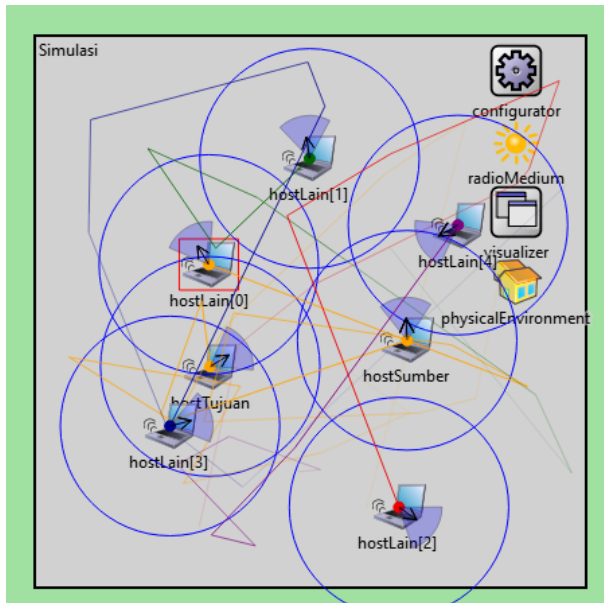
Gbr. 6 Posisi awal hasil distribusi model mobilitas *Gauss Markov*.



Gbr. 7 Pola jejak distribusi model mobilitas *Gauss Markov*.



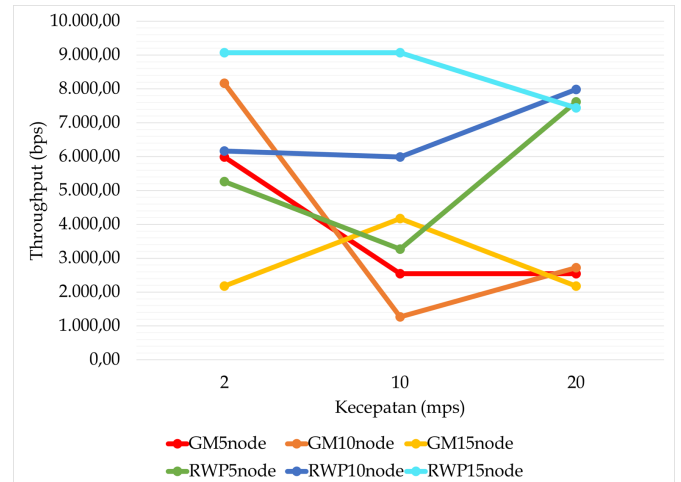
Gbr. 8 Posisi awal hasil distribusi model mobilitas *Random Waypoint*.



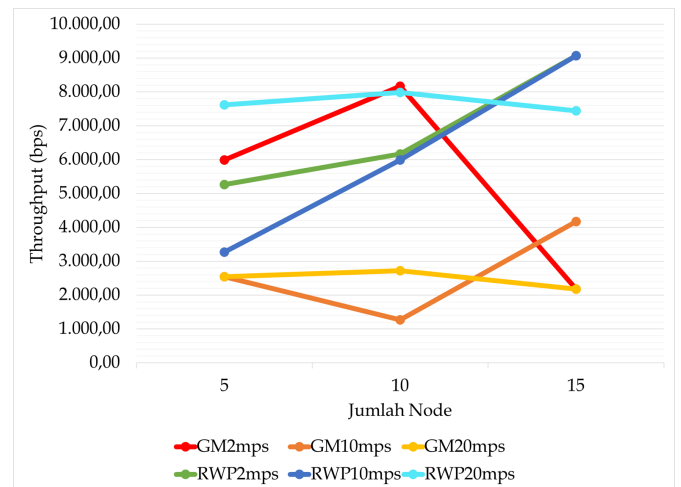
Gbr. 9 Pola jejak distribusi model mobilitas *Random Waypoint*.

B. Hasil Pengujian

Hasil *throughput* dari simulasi dan pengujian terhadap model mobilitas *Gauss Markov* dan *Random Waypoint* yang dilakukan pada variasi jumlah *node* dan kecepatan .



Gbr. 10 Grafik *throughput* terhadap pertambahan kecepatan.



Gbr. 11 Grafik *throughput* terhadap pertambahan *node*.

TABEL IIIII
NILAI *THROUGHPUT* MODEL MOBILITAS *GAUSS MARKOV*

Kecepatan Jumlah Node	2m/s	10m/s	20m/s	Rata-rata
5	5.987,52 b/s	2.540,16 b/s	2.540,16 b/s	3.689,28 b/s
10	8.164,80 b/s	1.270,08 b/s	2.721,60 b/s	4.052,16 b/s
15	2.177,28 b/s	4.173,12 b/s	2.177,28 b/s	2.842,56 b/s
Rata-rata	5.443,20 b/s	2.661,12 b/s	2.479,68 b/s	

TABEL IVV
NILAI *THROUGHPUT* MODEL MOBILITAS *RANDOM WAYPOINT*

Kecepatan Jumlah Node	2m/s	10m/s	20m/s	Rata-rata
5	5.261,76 b/s	3.265,92 b/s	7.620,48 b/s	5.382,72 b/s
10	6.168,96 b/s	5.987,52 b/s	7.983,36 b/s	6.713,28 b/s
15	9.072,00 b/s	9.072,00 b/s	7.439,04 b/s	8.527,68 b/s
Rata-rata	6.834,24 b/s	6.108,48 b/s	7.680,96 b/s	

Hasil *throughput* yang ditunjukkan oleh grafik pada Gbr. 10 dan Gbr. 11 merupakan hasil *throughput* yang dilihat dari sudut pandang yang berbeda namun dari nilai yang sama. Grafik pada Gbr. 10 menampilkan fluktuasi nilai *throughput* terhadap pertambahan kecepatan yang dilakukan setiap simulasi. Sedangkan, grafik pada Gbr. 11 menampilkan fluktuasi nilai *throughput* terhadap pertambahan *node* pada setiap simulasi. Kedua grafik menampilkan adanya fluktuasi nilai *throughput* yang variatif pada kedua model mobilitas.

Berdasarkan grafik pada Gbr. 10, terlihat beberapa hasil *throughput* yang mengalami fluktuasi secara signifikan. Terutama pada model mobilitas *Gauss Markov* dengan 5 dan 10 *node* perantara mengalami penurunan yang signifikan pada kecepatan 10m/s. Sedangkan, meningkatnya nilai *throughput* terjadi pada model mobilitas *Random Waypoint* dengan 5 dan 10 *node* perantara pada kecepatan 20m/s.

Sementara itu, berdasarkan grafik pada Gbr. 11 juga terlihat fluktuasi yang signifikan terjadi pada kedua model mobilitas. Penurunan yang signifikan juga terjadi pada model mobilitas *Gauss Markov* pada simulasi dengan kecepatan 2m/s, ketika simulasi dilakukan terhadap pertambahan *node* perantara yang berjumlah 15 *node*. Sedangkan, pada model mobilitas *Random Waypoint* dengan kecepatan 2m/s dan 10m/s terjadi kenaikan berturut-turut pada setiap pertambahan jumlah *node*.

Dapat dilihat pada tabel nilai *throughput* kedua mobilitas, pada model mobilitas *Gauss Markov* memiliki nilai *throughput* tertinggi dengan nilai 8.164,80b/s yaitu pada jumlah *node* perantara 10 *node* dengan kecepatan 2m/s, dan nilai *throughput* terendah dengan nilai 1.270,08b/s pada jumlah *node* perantara 10 *node* dengan kecepatan 10m/s. Pada model mobilitas *Random Waypoint*, nilai *throughput* tertinggi dengan nilai 9.072,00b/s yaitu pada jumlah *node* perantara 15 *node* dengan kecepatan 2m/s dan 10m/s. Sedangkan nilai *throughput* terendah yang dimiliki yaitu dengan nilai 3.265,92b/s pada jumlah *node* perantara 5 *node* dengan kecepatan 10m/s. Melihat nilai tersebut dan juga rata-rata dari nilai *throughput* yang dihasilkan jika dibandingkan antara keduanya, nilai *throughput* dengan model mobilitas *Gauss Markov* lebih kecil dari nilai *throughput* dengan model mobilitas *Random Waypoint*.

Sehingga, berdasarkan tabel hasil nilai *throughput* dan fluktuasi kedua grafik secara keseluruhan menunjukkan bahwa mobilitas mempengaruhi peningkatan maupun penurunan nilai *throughput*. Dengan nilai *throughput* pada model mobilitas *Random Waypoint* memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan dengan nilai *throughput* pada model mobilitas *Gauss Markov*. Nilai *throughput* dengan model mobilitas *Gauss Markov* dapat menghasilkan nilai yang lebih baik ketika model mobilitas bergerak dalam kecepatan yang rendah dengan jumlah partisipan yang tidak terlalu banyak. Sedangkan, nilai *throughput* dengan model mobilitas *Random Waypoint* mampu menghasilkan nilai *throughput* yang stabil walaupun dengan jumlah partisipan yang banyak dalam kecepatan yang rendah maupun tinggi.

Namun, nilai *throughput* yang dihasilkan ataupun fluktuasi yang terjadi, secara keseluruhan dipengaruhi oleh karakteristik setiap model mobilitas yang mempengaruhi posisi, jarak, dan pergerakan *node*. Karakteristik tersebut meliputi, sensitifitas model mobilitas *Gauss Markov* yang kurang dibandingkan dengan model mobilitas *Random Waypoint*. Sensitifitas ini disebabkan karena perilaku gerak, model mobilitas *Gauss Markov* kurang terpengaruh oleh penghentian tiba-tiba dan pengembalian tajam, yang dapat menghasilkan perilaku pergerakan yang lebih realistis. Karakteristik lainnya yaitu, model mobilitas *Random Waypoint* menghasilkan kepadatan *node* yang tinggi di tengah area simulasi. Hal ini berarti terjadi konsentrasi *node* di wilayah tengah, sehingga distribusi *node* di area tersebut menjadi lebih padat.

Secara keseluruhan, dapat diartikan bahwa model mobilitas *Random Waypoint* cenderung menghasilkan kepadatan *node* yang lebih tinggi di tengah area simulasi. Sedangkan, model *Gauss Markov* berfokus pada penyediaan perilaku pergerakan yang lebih realistis dengan distribusi *node* yang lebih halus.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Sesuai dengan hasil pengujian yang dilakukan dengan mengujikan model mobilitas *Gauss Markov* dan *Random Waypoint* pada variasi jumlah *node* dan kecepatan yang berbeda menunjukkan bahwa nilai *throughput* pada model mobilitas *Random Waypoint* memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan dengan nilai *throughput* pada model mobilitas *Gauss Markov*. Nilai *throughput* yang dihasilkan model mobilitas *Gauss Markov* lebih kecil dari nilai *throughput* yang dihasilkan dengan model mobilitas *Random Waypoint*. Adanya penurunan yang signifikan pada nilai *throughput* dengan model mobilitas *Gauss Markov* ketika kecepatannya semakin tinggi. Namun, terlihat adanya peningkatan yang signifikan pada nilai *throughput* dengan model mobilitas *Random Waypoint* pada nilai kecepatan yang tinggi, dan terjadi peningkatan secara berturut-turut pada tiap pertambahan jumlah *node*. Dengan itu menunjukkan bahwa, nilai *throughput* dengan model mobilitas *Gauss Markov* dapat menghasilkan nilai yang lebih baik ketika model mobilitas bergerak dalam kecepatan yang rendah dengan jumlah *node* yang tidak terlalu banyak. Sedangkan, nilai *throughput* dengan model mobilitas *Random Waypoint* mampu

menghasilkan nilai *throughput* yang stabil dan tinggi walaupun dengan jumlah *node* yang banyak dalam kecepatan yang rendah maupun tinggi.

Namun secara keseluruhan, nilai *throughput* yang dihasilkan dipengaruhi oleh karakteristik setiap model mobilitas yang mempengaruhi posisi, jarak, dan pergerakan *node*. Karakteristik antara keduanya yaitu model mobilitas *Random Waypoint* yang cenderung menghasilkan kepadatan *node* yang lebih tinggi di dibandingkan model mobilitas *Gauss Markov*. Karena, model mobilitas *Gauss Markov* yang lebih berfokus pada penyediaan perilaku pergerakan yang lebih realistis dengan distribusi *node* yang lebih halus.

Dalam upaya memperluas pemahaman dan mendapatkan wawasan yang lebih dalam tentang topik yang diteliti, ada beberapa saran yang dapat menjadi pedoman untuk penelitian lebih lanjut. Mulai dari pengembangan skala yang lebih besar dalam lingkup penelitian, memberikan lebih banyak variasi model mobilitas yang dapat memberikan wawasan lebih dalam tentang bagaimana pola mobilitas yang berbeda mempengaruhi parameter kinerja yang digunakan sehingga dapat menghasilkan pemahaman yang lebih komprehensif, memberikan lebih banyak variasi kondisi pengujian untuk memperoleh hasil analisa yang dapat diandalkan, dan menggunakan lebih banyak parameter kinerja dalam penelitian lebih lanjut untuk memberikan perspektif yang lebih luas dalam mengevaluasi kinerja jaringan.

Dengan menerapkan saran-saran yang disampaikan, penelitian selanjutnya diharapkan dapat menghasilkan temuan

yang lebih mendalam, memperluas cakupan penelitian, mengatasi batasan yang ada, dan memberikan kontribusi yang berarti terhadap pemahaman tentang topik yang diteliti.

REFERENSI

- [1] Pradana, P. D., Negara, R. M., & Dewanta, F. (2017). Protokol Routing Dsr Dan Aodv pada Simulasi Jaringan Vehicular Ad-hoc Network (VANET) untuk Keselamatan Transportasi dengan Studi Kasus Mobil. *eProceedings of Engineering*, 4(2), 1996–2004.
- [2] Olounabadi, S. A. A., Damodaram, A., & Prasad, V. K. (2019). People Movement on the Throughput of WI-FI Networks and the Significant Changes that Affect WLAN Performance by using Random Waypoint Mobility Model (RWMM) & Random Direction Mobility Model (RDMM) to Model the JNT University Hyderabad India. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(3), 23–35.
- [3] Tama, A. B., & Suartana, I. M. (2021). Pengaruh Mobilitas dan Jumlah Pengguna pada Kualitas Layanan Software Defined Wireless Network (SDWN). *Journal of Informatics and Computer Science (JINACS)*, 3(03), 224–230. <https://doi.org/10.26740/jinacs.v3n03.p224-230>.
- [4] Agussalim, Pratama, A., & Safitri, E. M. (2021). Analisis Pengaruh Mobilitas *Node* pada Kinerja Aodv Protokol Menggunakan Emulator Mininet-Wifi. *SCAN - Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 16(3), 26–30. <https://doi.org/10.33005/scan.v16i3.2818>.
- [5] Hardein, P. R., Primananda, R., & Basuki, A. (2018). Analisis Mobilitas *Node* Jaringan Nirkabel pada Software Defined Wireless Network (SDWN). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIIK) Universitas Brawijaya*, 2(10), 4116–4124.
- [6] Gupta, A. K., Sadawarti, H., & Verma, A. K. (2013). Performance Analysis of MANET Routing Protocols in Different Mobility Models. *International Journal of Information Technology and Computer Science*, 5(6), 73–82. <https://doi.org/10.5815/ijitcs.2013.06.10>.