

ANALISIS PERFORMANSI JARINGAN *BATTLEFIELD* MANAGEMENT SYSTEM MENGGUNAKAN *MULTI HOP* WIRELESS NETWORK

BATTLEFIELD MANAGEMENT SYSTEM PERFORMANCE ANALISYS USING MULTI HOP WIRELESS NETWORK

Ahmad T. Hanuranto¹, Doan Perdana², Risyad Riyadi³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹athanuranto@telkomuniversity.co.id, ²doanperdana@telkomuniversity.ac.id,

³risyadriyadi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Medan perang modern merupakan skenario jaringan yang kompleks yang mencakup domain jaringan yang berbeda. Domain-domain ini termasuk entitas militer yang berbeda seperti pasukan sekutu, objek bergerak, dan lain sebagainya. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah sistem yang dapat digunakan untuk berkomunikasi antar elemen militer mulai dari komunikasi suara hingga mengontrol jalannya suatu operasi militer yang sedang berlangsung.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan menganalisis jaringan komunikasi yang paling baik untuk diimplementasikan dalam bidang militer. Dimana bidang tersebut merupakan bidang vital yang membutuhkan konektivitas dan jaringan yang stabil serta real-time. Melalui penelitian ini, penulis berharap dapat menciptakan suatu sistem komunikasi yang dapat dimanfaatkan di berbagai wilayah dan dapat memberikan informasi mengenai pertempuran yang sedang terjadi melalui perancangan jaringan *Battlefield Management System* menggunakan *Multi Hop Wireless Network*. Diharapkan *Battlefield Management System* ini dapat memenuhi kebutuhan pertukaran informasi yang didalamnya tidak hanya mengenai komunikasi suara antar pangkalan militer dan entitas pendukungnya, namun dapat mengetahui juga apa saja yang terjadi dalam suatu pertempuran.

Kata kunci : multi-hop, wireless network, ad hoc, BMS.

Abstract

Modern battlefields are a complex network scenario that contains different network domain. These domains including different military entities like allied forces, moving objects, etc. Therefore we need a system that can be used to communicate between military elements ranging from voice communication to controlling the running of an ongoing military operation.

The purpose of this study is to design and analyze the best communication networks to be implemented in the military field. Where the field is a vital field that requires a stable connectivity and real-time network. Through this research, the authors hope to create a communication system that can be utilized in various regions and can provide information about the fighting that is going on through the design of the *Battlefield Management System* network using the *Multi Hop Wireless Network*. It is expected that this *Battlefield Management System* can meet the need for information exchange which is not only about voice communication between military bases and supporting entities, but can also know what happens in a battle.

Keywords: multi-hop, wireless network, ad hoc, BMS.

1. Pendahuluan

Medan perang modern merupakan skenario jaringan yang kompleks yang mencakup domain jaringan yang berbeda. Domain-domain ini termasuk entitas militer yang berbeda seperti berbagai pasukan sekutu, pasukan tentara yang sama, objek bergerak, dan lain sebagainya[1]. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah sistem yang dapat digunakan untuk berkomunikasi antar elemen militer mulai dari komunikasi suara hingga mengontrol jalannya suatu operasi militer yang sedang berlangsung.

Melalui penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hong-wa Yang dan Min Wang, dapat diketahui bahwa model arsitektur yang paling cocok untuk digunakan oleh *Battlefield Management System* adalah model arsitektur yang menggunakan *Multi Hop Wireless Network*. *Multi Hop Wireless Network* adalah sebuah jaringan komunikasi nirkabel yang bersifat *infrastructure-less* dan *self organized*[2]. Menurut penelitian tersebut, model ini cocok karena secara dinamis dapat menyesuaikan diri dengan kebutuhan *traffic* untuk QoS dan *Bandwidth*. Selain itu, sistem tersebut juga harus mampu untuk menjaga konektivitas jaringan dan kelengkapannya dengan sumber daya yang terbatas melalui *topology rebuild*, *nodes recovery*, *link repair*, dan lain sebagainya.

2. Konsep Dasar

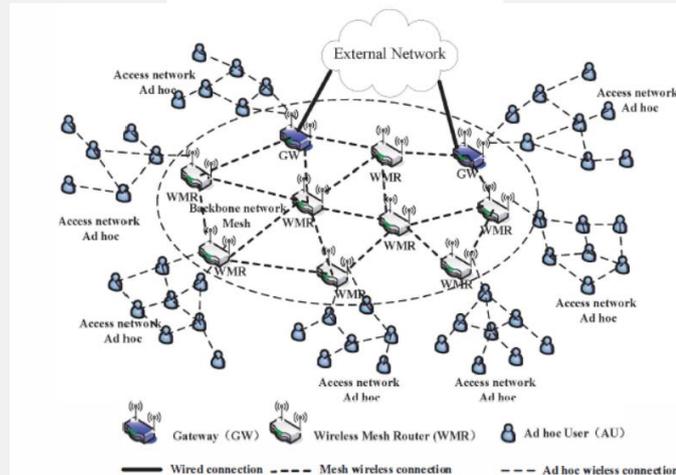
2.1 Battlefield Management System

Battlefield Management System adalah sebuah sistem yang digunakan di bidang militer dimana sistem tersebut dapat digunakan untuk mengetahui perkembangan, komunikasi, dan pertukaran data intelijen sebuah operasi militer. Dalam hal ini penulis memfokuskan pembahasan pada perancangan jaringan dan analisis performansi *Battlefield Management System* untuk digunakan di berbagai area yang bersifat hostile dan atau tidak ada infrastruktur jaringan telekomunikasi sebelumnya. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Hong-wa Yang dan Min Wang, model jaringan yang paling sering digunakan di lingkungan yang tidak bersahabat (medan perang) adalah *Multi Hop Wireless Network*[2]. Selain itu, jaringan BMS tersebut harus dapat beroperasi di wilayah dimana terdapat sedikit ataupun tidak ada sama sekali infrastruktur jaringan di wilayah tersebut. Sehingga kebutuhan komunikasi ataupun pertukaran data bisa terus berlangsung.

2.2 Multi Hop Wireless Network

Multi Hop Wireless Network adalah jaringan komunikasi yang bersifat *Infrastructure-less* dan *Self-organized*. Penerapan jaringan tersebut banyak diterapkan pada bidang militer. Konektivitas adalah dasar bagi jaringan telekomunikasi. Oleh karena itu, perancangan jaringan tersebut harus dapat memenuhi kebutuhan jaringan komunikasi di berbagai medan perang dan berbagai kondisi[3].

Pada dasarnya, arsitektur untuk *Multi Hop Wireless Network* adalah jaringan *Mesh* sebagai *Backbone* jaringan dan jaringan *Ad-Hoc* sebagai aksesnya. Gambar 2.1 menunjukkan arsitektur untuk *Multi Hop Wireless Network*.



Gambar 2.1 Arsitektur jaringan *Multi Hop Wireless Network*

Pada **Gambar 2.1** diatas digambarkan bahwa pada arsitektur jaringan *Multi Hop Wireless Network* terdapat jaringan *Mesh* dan beberapa jaringan *Ad-Hoc*. Jaringan *wireless mesh backbone* terdiri dari *mesh routers* dan hanya sedikit dari *router* tersebut berperan sebagai *gateway* antara jaringan *mesh* dan jaringan eksternal seperti internet. Jaringan *ad-hoc access* tersusun dari beberapa terminal user.

Jaringan *Multi-hop* adalah sebuah jaringan yang memiliki variansi terhadap waktu dan jaringan yang dapat dikonfigurasi secara dinamis. Model jaringan yang lengkap harus memiliki informasi secara struktural dan perilaku[2]. Oleh karena itu, secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$G(t) = \{N(t), L(t), P(t), R(t)\}(1)$$

Karakteristik dari *Multi Hop Wireless Network* adalah :

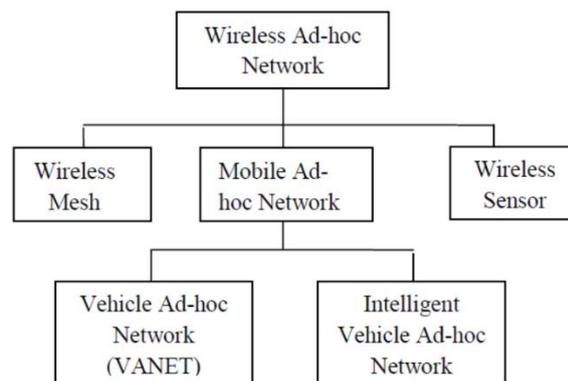
1. Berbasis nirkabel dengan kanal terbuka. Komunikasi utamanya adalah nirkabel dengan kanal terbuka, lebar pita yang terbatas, dan rentan. Link tidak bergantung pada posisi node.

2. Hierarkis dan terukur. Pada umumnya *Multi Hop Wireless Network* terdapat jaringan mesh sebagai *backbone* dan ad-hoc sebagai jaringan aksesnya. Serta jaringannya dapat diperluas.
3. Rekombinasi yang dinamis dan kokoh. Jaringan tersebut *self-organized*, dapat memulihkan dirinya sendiri, serta *real-time*. Jaringan tersebut sangat kuat dan dapat berlangsung pada lingkungan yang keras sekalipun.

2.3 Wireless Ad-hoc Networks

Pada mulanya, jaringan nirkabel umumnya menggunakan *Wireless Local Access Network* (WLAN) dengan mengoperasikan protokol WiFi IEEE 802.11 pada mode infrastruktur. Infrastruktur ini terdiri dari base station yang juga disebut sebagai access point yang dimiliki oleh sebuah perusahaan atau operator jaringan. Jaringan tersebut tersentralisasi dan base station mengontrol akses terhadap kanal komunikasi. Base station juga bertugas untuk menyambungkan WLAN kepada jaringan internet. IEEE 802.11 memiliki mode yang lain, yaitu mode ad-hoc[5]. Mode tersebut digunakan untuk keadaan-keadaan darurat seperti operasi militer, penanggulangan bencana, dan lain sebagainya[6]. Pada mode ini tidak terdapat base station, sehingga *device* yang terhubung dalam jaringan WLAN yang sama dapat berkomunikasi secara langsung.

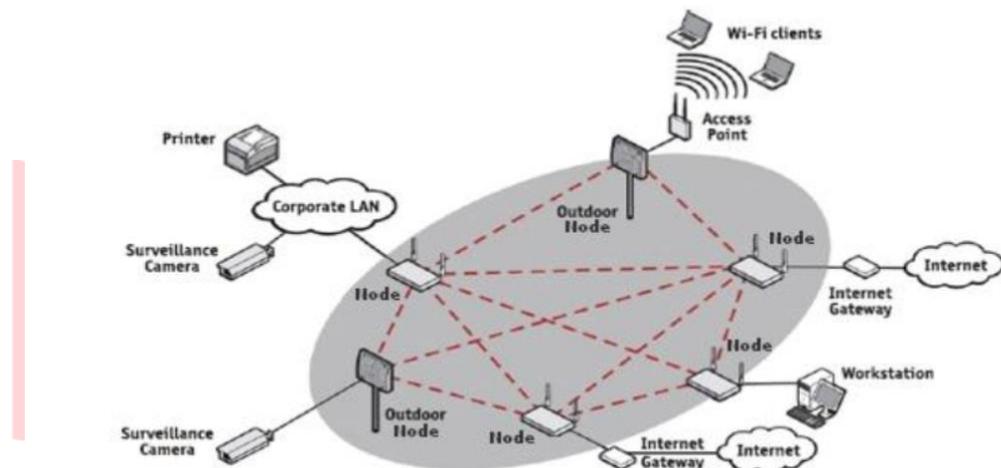
Konsep jaringan ini telah berhasil diaplikasikan pada beberapa kelas jaringan yang telah digunakan secara massal. Model jaringan ini sudah banyak diterapkan pada jaringan sipil dan militer. Jaringan tersebut tidak bergantung pada infrastruktur yang ada sehingga biaya penyebarannya menjadi rendah. Model tersebut juga menawarkan throughput gain yang menjanjikan. Hal ini menjadikan teknologi ini menjadi teknologi yang menjanjikan[6].



Gambar 2.2 Hierarki Wireless Ad-hoc Network

2.4 Wireless Mesh

Sebuah *Wireless Mesh Network* (WMN) adalah jaringan komunikasi yang tercipta dari radio nodes yang terorganisir dalam topologi mesh. Ini merupakan tipe lain dari multi hop ad-hoc network dan biasanya digunakan untuk menyediakan "the last mile" wireless broadband Internet access untuk pengguna sipil[7]. WMN juga dapat mendukung jaringan perusahaan, sistem medis, dan pengawasan keamanan. Gambar 2.4 menunjukkan WMN.



Gambar 2.3 Wireless Mesh Network

Kapasitas jaringan pada WMN adalah masalah terpenting. Kapasitas tersebut dipengaruhi oleh beberapa hal seperti topologi, kerapatan node, pola jaringan, jumlah kanal, lingkungan, dan lain sebagainya.

2.5 Mobile Ad hoc Network

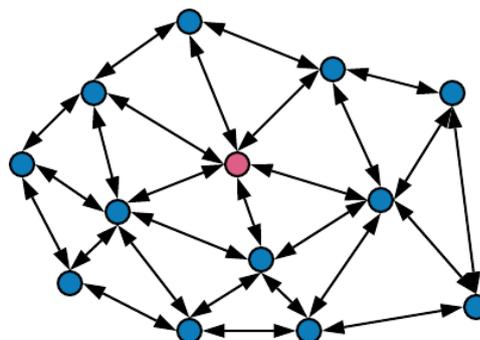
Mobile Ad-hoc Network (MANET) adalah sebuah susunan mobile nodes yang berkomunikasi melalui *multi-hop radio network*, tanpa bergantung pada infrastruktur yang stabil atau *infrastructure-less network* dimana node dapat bergerak bebas[8]. *Multi-hop radio network* memiliki kewenangan untuk menciptakan topologinya sendiri dan paket akan dikirimkan melalui lompatan-lompatan melalui beberapa node. Akibat dari node yang bergerak, maka topologi jaringannya akan berubah-ubah. Berbeda dengan single-hop, komunikasi pada multi-hop menjadi lebih menantang. Karena pada single-hop, setiap node berkomunikasi secara langsung.

Implementasi dari MANET banyak diterapkan pada operasi *Search and Rescue* (SAR). Karena karakteristik dari skenario tersebut adalah kurangnya infrastruktur komunikasi yang sudah terpasang karena semua infrastruktur yang ada bisa saja sudah hancur atau daerah yang terlalu terpencil[2]. MANET juga dapat memberikan komunikasi antar kendaraan otonom, pesawat terbang, dan pasukan angkatan darat di medan perang dimana infrastruktur komunikasi selalu tidak tersedia dan tidak layak. Jadi dapat disimpulkan bahwa implementasi dari MANET sangat luas, mulai dari layanan darurat hingga layanan komersil.

3. Pembahasan

3.1. Desain Sistem

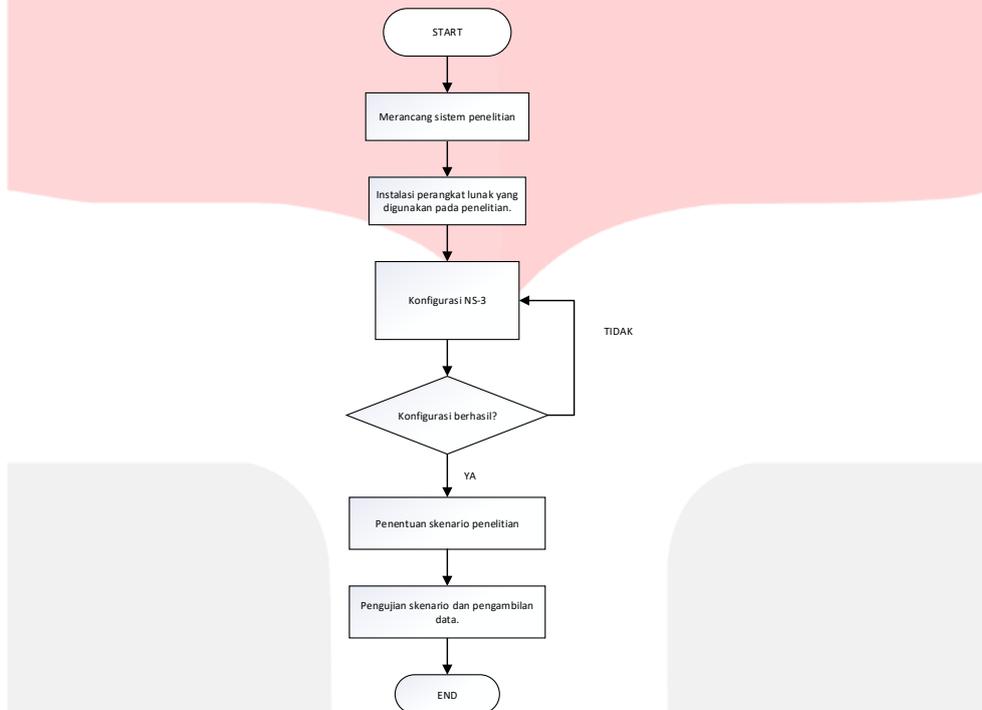
Penelitian ini seluruhnya akan disimulasikan secara virtual. Emulator yang digunakan pada penelitian ini adalah NS-3. Model sistem yang digunakan adalah *Multi Hop Wireless Network* dimana jaringan antar host menggunakan model jaringan *ad hoc*. Sistem ini dirancang pada 1 virtualisasi yang akan dilakukan dengan VirtualBox dan menggunakan *operating system* Ubuntu 16.04 LTS.



Gambar 3.1 Topologi Jaringan.

Gambar 3.1 merupakan desain sistem yang akan dirancang dimana *access point* berada pada pangkalan militer dan host merupakan personel militer ataupun asset militer lainnya seperti kendaraan perang dan lain sebagainya. Pada topologi ini terdapat 3 *access point* dimana 1 *access point* bertugas sebagai *gateway* ke jaringan pusat dan jaringan Internet. Dua *access point* lainnya bertugas sebagai *wireless router* yang akan terhubung kepada host. Tiap *access point* terdapat pada pangkalan militer yang bertanggung jawab dalam suatu operasi militer dan melayani host sebanyak 20 host.

3.2 Diagram Alir Sistem



Gambar 3.2 Diagram alir sistem.

Alur perencanaan sistem dijelaskan pada **Gambar 3.2**. Langkah awal pembuatan sistem yaitu melakukan perancangan topologi jaringan. Perancangan topologi jaringan dilakukan untuk menentukan topologi yang tepat dalam mendukung tujuan penelitian ini. Pada penelitian ini digunakan topologi *mesh*. Rancangan topologi dapat dilihat pada **Gambar 3.1**. Topologi tersebut biasa digunakan pada jaringan komunikasi militer, tim SAR, dan jaringan darurat lainnya dimana pada regional tersebut tidak terdapat infrastruktur yang memadai untuk melakukan komunikasi. Selanjutnya yaitu melakukan instalasi *tools* yang digunakan pada penelitian ini, yaitu NS-3. Setelah instalasi berhasil, langkah selanjutnya adalah merancang topologi berbasis C++ dan disimulasikan pada emulator NS-3. Lalu melakukan pengujian konfigurasi untuk memastikan topologi terkonfigurasi dengan benar. Langkah selanjutnya yaitu melakukan implementasi model jaringan *multi hop wireless network* pada NS-3. Kemudian, setelah semua dipastikan berjalan dan terkonfigurasi dengan baik, dapat dilakukan skenario pengujian dan pengambilan data.

3.5 Konfigurasi NS-3

Konfigurasi NS-3 dimulai dari pendefinisian *switch*, *host*, dan *link* menggunakan bahasa C++ yang dilakukan di mesin virtual VirtualBox dengan menjalankan sistem operasi Ubuntu 16.04 LTS. Setelah itu, aplikasi akan dijalankan untuk memastikan konektivitas seluruh node pada topologi tersebut. Jika berhasil, maka konfigurasi telah selesai.

3.6 Parameter Performansi Sistem

3.6.1 Throughput

Throughput adalah suatu ukuran yang menunjukkan berapa banyak paket yang dapat diproses pada satuan waktu. Semakin baik performansi sebuah jaringan, nilai throughput semakin tinggi.

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah dikirim (bit.Byte)}}{\text{Waktu yang dibutuhkan untuk mengirim data (s)}} \quad (2)$$

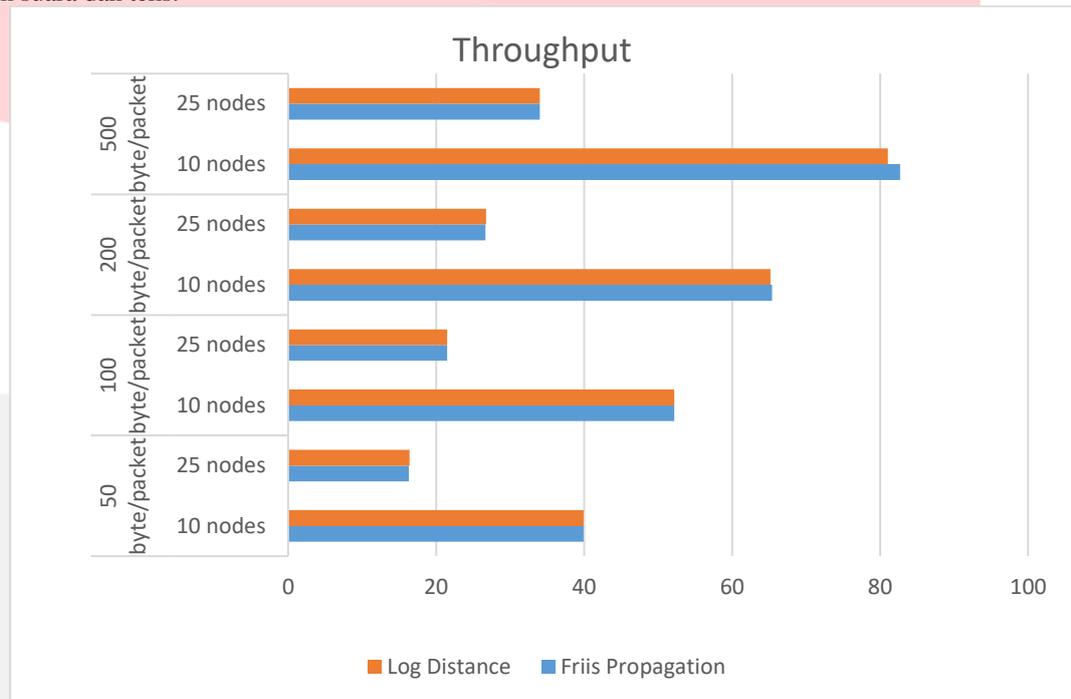
3.6.2 Packet Loss

Packet Loss adalah banyaknya paket yang hilang pada suatu jaringan. Hilangnya paket tersebut bisa diakibatkan oleh tabrakan, kapasitas jaringan yang penuh, ataupun penurunan paket yang disebabkan oleh habisnya masa TTL (*Time to Live*) paket tersebut.

$$\text{Packet Loss} = \left(\frac{\text{Data yang dikirim} - \text{Paket data yang diterima}}{\text{Paket data yang dikirim}} \right) \times 100\% \quad (3)$$

4. Simulasi dan Analisis

Simulasi yang menggunakan 100 bit/paket adalah simulasi yang paling efisien. Meskipun nilai throughput yang dihasilkan oleh simulasi bukanlah throughput tertinggi, tetapi secara keseluruhan persentase throughput dibandingkan dengan bit rate lebih baik dan memenuhi persyaratan untuk pesan suara dan teks.

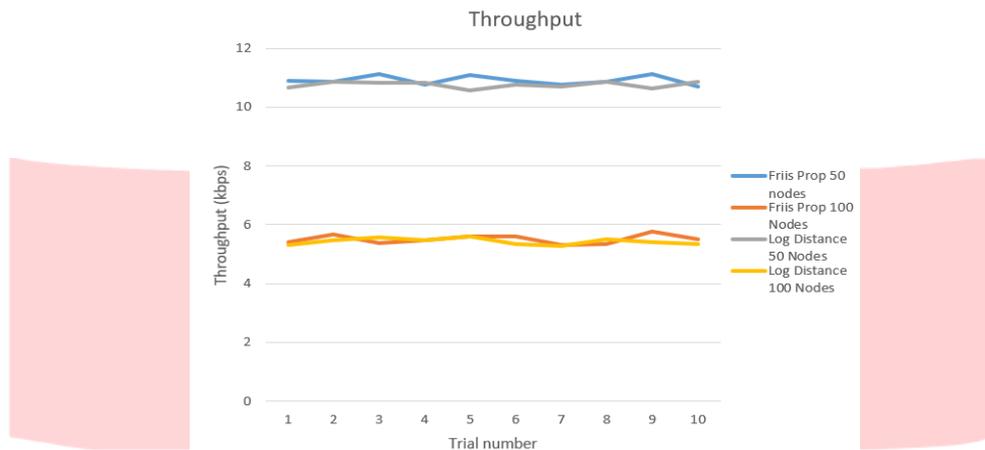


Gambar 4.1 Efisiensi *Throughput*

Dari pengujian yang dilakukan kami mendapatkan hasil seperti yang diperlihatkan oleh **Gambar 4.1**. Persentase throughput rata-rata untuk simulasi yang menggunakan 100 byte/paket adalah 32,6059% untuk simulasi dengan 10 node dan menggunakan model propagasi friis, 32,616% untuk simulasi dengan 10 node dan menggunakan model propagasi *log distance*, 13,427% untuk simulasi dengan 25 node dan menggunakan model propagasi *friis*, dan 13,3026% untuk simulasi dengan 25 node dan menggunakan model propagasi *log distance*.

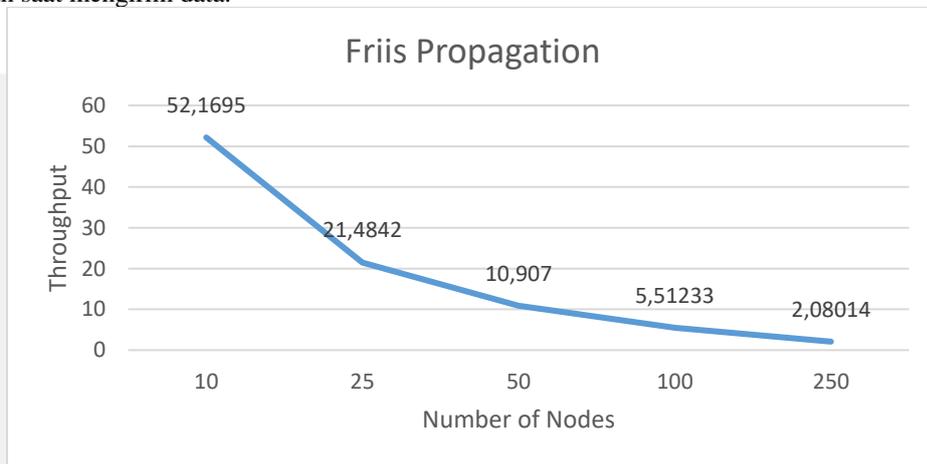
Ini adalah hasil terbaik dibandingkan dengan simulasi lain yaitu simulasi dengan 200 bit / paket dan 500 byte/paket hanya mencapai persentase throughput 10%. Meskipun simulasi dengan persentase throughput 50 byte/paket lebih baik daripada simulasi dengan 100 byte/paket, tetapi bitrate yang dihasilkan adalah 80 kbps dimana itu merupakan bitrate minimum untuk melakukan komunikasi suara sehingga ditakutkan tidak dapat melayani layanan yang lain secara bersamaan.

Selanjutnya, kami melakukan serangkaian simulasi menggunakan jumlah node yang berbeda. Dalam simulasi ini kami menggunakan 10, 25, 50, 100, dan 250 node. Tujuan dari simulasi ini adalah untuk melihat efek dari jumlah node yang berbeda. Dari Gambar 4, dapat dilihat secara sekilas bahwa semakin tinggi jumlah node membuat kinerja menurun. Tapi kita perlu melihat dari simulasi lain untuk membuktikannya.

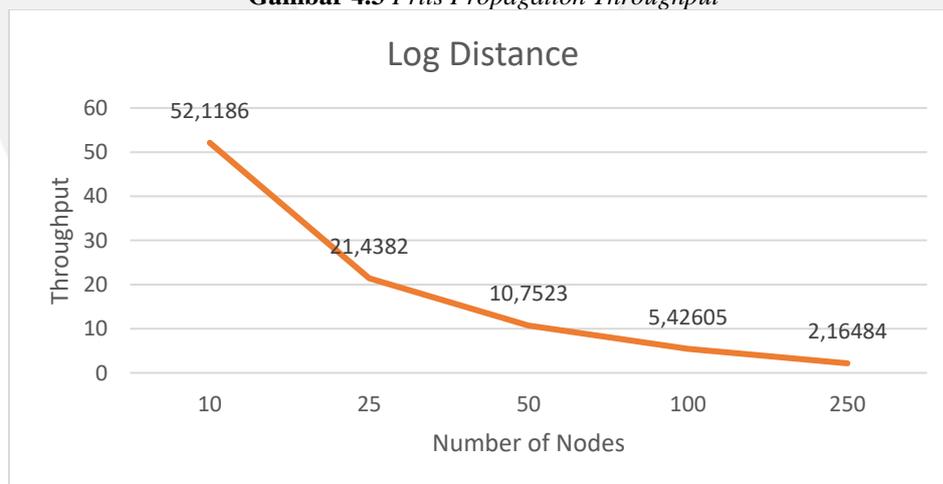


Gambar 4.2 Throughput

Hasil pengujian, Gambar 4.3 dan Gambar 4.4, menunjukkan bahwa peningkatan jumlah node mempengaruhi kinerja sistem. Juga menunjukkan bahwa propagasi *friis* memiliki kinerja yang sedikit lebih baik daripada simulasi dengan propagasi *log distance*. Penyebabnya adalah ada rintangan yang menghalangi pengiriman data dibandingkan dengan propagasi *friis* yang tidak ada rintangan saat mengirim data.



Gambar 4.3 Friis Propagation Throughput



Gambar 4.4 Log Distance Throughput

5. Kesimpulan

Dari pengujian dan analisis diatas, dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem tersebut dapat berjalan optimal dengan jumlah node maksimal sebanyak 50 node dengan besar paket sebesar 100 bit/paket.

2. Sistem yang dibuat sudah stabil, karena standar deviasi throughput dari setiap simulasi untuk model propagasi friis propagation adalah 0,139309063 untuk 50 nodes dan 0,13764121 untuk 100 nodes.
3. Sistem yang dibuat sudah stabil, karena standar deviasi throughput dari setiap simulasi untuk model propagasi log distance adalah 0,095493522 untuk 50 nodes dan 0,105889175 untuk 100 nodes.
4. Sistem yang dibuat sudah stabil, karena standar deviasi persentase paket diterima dari setiap simulasi untuk model propagasi log distance adalah 0,14502808 untuk 50 nodes dan 0,241694884 untuk 100 nodes.
5. Sistem yang dibuat sudah stabil, karena standar deviasi persentase paket diterima dari setiap simulasi untuk model propagasi log distance adalah 0,173242066 untuk 50 nodes dan 0,154476289 untuk 100 nodes.
6. Secara garis besar sistem dapat berjalan di medan yang memiliki rintangan seperti daerah perkotaan ataupun hutan karena perbedaan
7. Dengan menggunakan multi hop wireless network yang pada dasarnya adalah model jaringan adhoc maka sistem tersebut dapat digunakan di daerah yang tidak memiliki infrastruktur jaringan.
8. Besaran paket yang dapat memenuhi kebutuhan komunikasi dan memiliki efisiensi throughput paling baik adalah simulasi dengan menggunakan besaran paket sebesar 100 bit/paket.
9. Peningkatan jumlah node mempengaruhi nilai throughput dan packet loss dimana semakin banyaknya node maka performansi dari sistem akan semakin menurun.

Daftar Pustaka:

- [1] A. Durrezi, M. Durrezi, and L. Barolli, "Heterogeneous multi domain network architecture for military communications," *Proc. Int. Conf. Complex, Intell. Softw. Intensive Syst. CISIS 2009*, pp. 382–387, 2009.
- [2] H. W. Yang and M. Wang, "Study on network topology evolution model and strategies in hostility surroundings," *Int. Conf. Commun. Technol. Proceedings, ICCT*, vol. 2016–Febru, no. 1, pp. 121–124, 2016.
- [3] D. Jiang, Z. Xu, W. Li, and Z. Chen, "Network coding-based energy-efficient multicast routing algorithm for multi-hop wireless networks," *J. Syst. Softw.*, vol. 104, pp. 152–165, 2015.
- [4] T. Begin, B. Baynat, I. Guérin Lassous, and T. Abreu, "Performance analysis of multi-hop flows in IEEE 802.11 networks: A flexible and accurate modeling framework," *Perform. Eval.*, vol. 96, pp. 12–32, 2016.
- [5] C. Prabha, D. S. Kumar, and D. R. Khanna, "Wireless Multi-hop Ad-hoc Networks: A Review," *IOSR J. Comput. Eng.*, vol. 16, no. 2, pp. 54–62, 2014.
- [6] K. U. Sapre and P. G. R. Bamnote, "Peer-To-Peer Ad Hoc Network : an Overview," vol. 3, no. 4, pp. 847–852, 2014.
- [7] J. Jun and M. L. Sichitiu, "The Nominal Capacity of Wireless Mesh Networks," *IEEE Wirel. Commun.*, vol. 10, no. 5, pp. 8–14, 2003.
- [8] Y.-C. Tseng, C.-S. Hsu, and T.-Y. Hsieh, "Power-saving protocols for IEEE 802.11-based multi-hop ad hoc networks," *Comput. Networks*, vol. 43, no. 3, pp. 317–337, 2003.
- [9] G. Anastasi, E. Borgia, M. Conti, and E. Gregori, "IEEE 802 . 11b Ad Hoc Networks : Performance Measurements," pp. 135–145, 2005.

