

## Implementasi dan Analisis Performansi Protokol Routing Jaringan Ad-Hoc Multinode untuk Sistem Komunikasi Kapal Laut

**Mukminatun Ardaisi**

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti Palembang

Email: [mukminatunardaisi@univ-tridinanti.ac.id](mailto:mukminatunardaisi@univ-tridinanti.ac.id)

### Abstrak

Dunia kelautan dan maritime sangat membutuhkan sistem pemantau dan navigasi kapal untuk memberikan informasi mengenai posisi kapal, keadaan laut, atau informasi lain yang diperlukan. Informasi ini diharapkan mampu diterima oleh penerima secara cepat dan akurat, serta menggunakan biaya yang tidak mahal. Quality of service (QoS) pada jaringan ad hoc dipengaruhi oleh kinerja protokol routing. Sebuah protokol routing untuk jaringan wireless *ad hoc* sangat diperlukan pada proses komunikasi kapal laut antara beberapa *node*, untuk mengirimkan paket data melalui satu atau beberapa *node* menuju alamat tujuan dimana topologi jaringan selalu berubah. Agar dapat dilakukan routing, masing-masing *node* harus mengupdate tabel routingsnya. Hal ini akan menimbulkan permasalahan ketika protokol routing diterapkan pada jaringan sistem komunikasi kapal laut dengan user yang banyak. Selain itu, sistem komunikasi kapal laut yang menggunakan kanal VHF memiliki jumlah kanal terbatas dan bitrate yang rendah (1200 bps). Dari hasil pengujian didapatkan bahwa protokol routing yang dibangun dapat mencari beberapa rute alternatif untuk mengatasi masalah ketika terjadi rute yang rusak sehingga node pengirim tidak perlu membangun rute mulai dari awal lagi dan nilai delay pengiriman paket data sangat bervariasi dikarenakan nilai delay sangat bergantung pada nilai hasil random sehingga dapat disimpulkan skema yang dibangun dapat mengurangi tabrakan data ketika masing-masing node sama-sama mendeteksi bahwa kondisi kanal sedang kosong.

**Kata kunci:** Jaringan *ad hoc*, Protokol Routing, Sistem Komunikasi VHF

### Abstract

The marine and maritime world really needs a ship monitoring and navigation system to provide information about ship positions, sea conditions, or other necessary information. This information is expected to be received by recipients quickly and accurately, as well as using inexpensive costs. Quality of service (QoS) on an ad hoc network is affected by the performance of the routing protocol. A routing protocol for wireless ad hoc networks is needed in the process of ship communication between several nodes, to send data packets through one or several nodes to a destination address where the network topology is always changing. In order to do routing, each node must update its routing table. This will cause problems when the routing protocol is applied to a ship communication system network with many users. In addition, ship communication systems that use VHF channels have a limited number of channels and a low bitrate (1200 bps). From the test results it was found that the routing protocol that was built can look for several alternative routes to overcome problems when a damaged route occurs so that the sending node does not need to build a route starting from the beginning again and the delay value for sending data packets varies greatly because the delay value is very dependent on the random result value so that it can be concluded that the scheme built can reduce data collisions when each node both detects that the channel condition is empty.

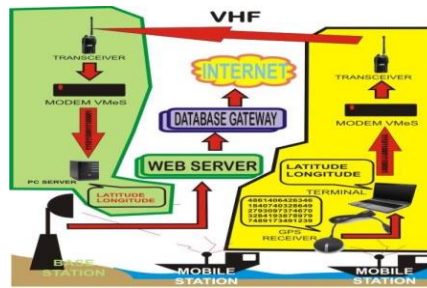
**Keywords:** Ad hoc Network, Routing Protocol, VHF Communication System

## PENDAHULUAN

Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki wilayah laut yang luas. Tentunya laut yang luas memiliki potensi yang besar. Potensi ini dimanfaatkan oleh maritime atau penduduk pesisir pantai sebagai mata pencaharian utama mereka. Banyaknya kecelakaan perairan seperti kapal tenggelam, kapal terdampar dan kapal tabrakan yang menimpa mereka akibat belum adanya teknologi komunikasi yang memadai, menjadikan sebagai suatu hambatan. Dunia kelautan dan maritim saat ini membutuhkan sistem pemantau dan navigasi kapal untuk memberikan informasi mengenai posisi kapal, keadaan laut, atau informasi lain yang diperlukan. Informasi ini diharapkan mampu diterima oleh penerima secara cepat dan akurat, serta menggunakan biaya yang tidak mahal. Sebenarnya telah ada teknologi komunikasi berbasis satelit untuk mendukung pelayaran. Sayangnya teknologi ini memiliki fisik perangkat yang besar dan harga yang tidak terjangkau bagi semua kalangan. Oleh karena itu gunakanlah sistem komunikasi radio dalam jaringan ad hoc menggunakan kanal VHF.

Jaringan ad hoc adalah kumpulan dari beberapa mobile host yang membentuk suatu jaringan yang bersifat sementara tanpa ada infrastruktur dan administrasi terpusat dengan karakteristik topologi yang dinamis. Setiap node dalam jaringan dapat berperan sebagai host dan router dan harus dapat memforward paket menuju node lainnya. Untuk tujuan seperti itu, suatu protokol routing diperlukan.

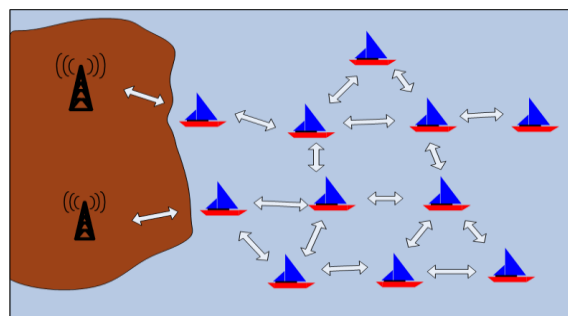
Quality of service (QoS) pada jaringan ad hoc dipengaruhi oleh kinerja protokol routing. Dengan topologi dinamis sebagai karakteristik dasar pada jaringan ini menimbulkan masalah dalam hal routing. Hal ini disebabkan karena topologi yang mudah berubah akan menyebabkan komputasi yang besar pada setiap node dalam hal penyimpanan (storage), konsumsi memori, pemrosesan data oleh CPU, dan konsumsi daya. Kategori dalam protokol routing untuk MANET (Mobile Adhoc Network) dapat berbeda berdasarkan: klasifikasi dari cara suatu routing protocol bereaksi terhadap perubahan topologi jaringan (protocol proaktif dan reaktif), dan klasifikasi berdasarkan aturan tiap node dan organisasi dalam jaringan (protokol datar dan hirarki). Protokol proaktif akan menyebarkan informasi topologi secara berkala dan terus menemukan rute, sedangkan protokol reaktif akan menemukan rute pada saat ada permintaan. Pada analisis kinerja dan hasil simulasi menunjukkan bahwa protokol reaktif mengungguli protokol proaktif dalam hal paket pengiriman rasio, routing overhead, dan efisiensi energy. AODV (Ad-hoc On-demand Distance Vector), DSR (Distance Source Routing), dan TORA (Temporally Ordered Routing Algorithm) merupakan tiga protokol routing jenis reaktif dan diklasifikasikan sebagai protokol routing datar. Protokol routing datar bekerja dengan baik untuk jaringan kecil yang mengandung beberapa ratus node, namun kinerjanya akan menurun dengan cepat seiring berkembangnya jaringan karena routing overhead. Keistimewaan MANET terletak pada ketidak tergantungan pada infrastruktur tetap dan dapat bertahan terhadap perubahan topologi jaringan, sehingga untuk mendukung hal ini perlu dievaluasi kinerja MANET melalui simulasi yang meliputi beberapa factor termasuk delay & throughput. Pada penelitian terdahulu berdasarkan performansi analisis dari protokol routing AODV, DSR, dan TORA menunjukkan bahwa AODV memiliki keandalan sistem yang baik, end-to-end delay and packet delivery ratio sangat bagus sehingga dapat meningkatkan performansi. Secara keseluruhan, protokol routing AODV lebih baik dibanding DSR dan TORA, namun perlu diperbaiki pada bagian "overhead".



**Gambar 1** Arsitektur Sistem Komunikasi Kapal Berbasis Radio VHF

Kini telah ada penelitian mengenai teknologi komunikasi untuk mendukung transportasi laut menggunakan kanal radio very-high-frequency (VHF). Sistem ini memiliki tiga macam fungsi yaitu sebagai pemantau kapal, penyedia informasi dan komunikasi. Kapal (Mobile Station/MS) dapat dipantau posisinya dengan mengirimkan koordinat posisi kapal ke darat (Base Station/BS). Darat membalas pesan yang dikirim berupa informasi persebaran ikan, kondisi cuaca dan lain sebagainya. Sistem ini memungkinkan nelayan dapat berkomunikasi dengan darat maupun kapal nelayan lain. Energi gelombang elektromagnetik pada band VHF tidak dipantulkan oleh ionosfer, sehingga tidak memungkinkan untuk komunikasi secara Beyond LOS. Radio VHF memiliki keterbatasan jangkauan, dengan demikian kapal yang berada diluar jangkauan gateway tidak dapat menerima informasi dari gateway. Jaringan Ad-hoc dinilai dapat mengatasi masalah ini karena memungkinkan kapal yang tidak berada pada jangkauan Base Station dapat menggunakan perangkat komunikasi kapal lain sebagai relay Base Station.

Sebelumnya telah dilakukan penelitian mengenai pengiriman data melalui frekuensi VHF secara point-to-point dan hanya dapat melayani satu user. Dalam Penelitian ini akan dikembangkan sistem yang dapat mendukung jaringan Ad-hoc multinode. Pada sistem jaringan Ad-hoc multinode, jumlah node dan gateway lebih dari satu sehingga memerlukan protokol akses jamak untuk mengatasi tabrakan data saat terjadi pengiriman data secara bersamaan.. Oleh karena itu ketika diterapkan pada banyak node akan timbul masalah "multipath". Dalam masalah ini protokol routing AODV belum bisa memadai, untuk itu agar dapat mengatasi masalah ini, makalah ini mengusulkan untuk menggunakan algoritma AOMDV (Ad-hoc On-demand Multipath Distance Vector).



**Gambar 2** Jaringan Ad-hoc Multinode

AOMDV merupakan perluasan dari AODV yang dapat menemukan beberapa uraian jalur penghubung antara sumber dan tujuan dalam setiap penemuan rute. AOMDV menggunakan informasi yang ada pada protocol AODV, paket control AODV dengan tambahan berupa paket header, dan daftar rute yang berisi beberapa jalur menuju tujuan. Optimasi terhadap AOMDV ditujukan untuk menemukan sepasang uraian jalur tanpa harus mengalami masalah rute yang terputus. Jika dalam satu atau lebih node intermediate umum yang dihubungkan dengan dua jalan antara sumber dan tujuan, maka seharusnya akan terdapat dua jalur balik dan dua jalur menuju tujuan. Namun dalam penelitian sebelumnya Analisis kinerja dari protokol routing AOMDV ini masih dalam bentuk simulasi sehingga

hasil yang diperoleh dari simulasi ini belum tentu sesuai dengan kenyataan yang ada.

Penelitian ini sudah tidak lagi dilakukan dengan menggunakan simulasi namun sudah dalam bentuk eksperimen di lapangan dengan perangkat komunikasi seperti Personal Komputer atau laptop dan modem radio. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan protokol komunikasi data yang sesuai dengan kebutuhan sistem dan melakukan analisis unjuk kerja pengiriman paket data secara Ad-hoc multinode sehingga didapatkan hubungan antara payload, waktu kirim, packet loss dan banyaknya node perantara yang menjadi parameter utama dalam penentuan keandalan sistem yang telah dibuat.

Adapun tujuan dari tesis ini adalah untuk merancang sistem komunikasi jaringan Ad-hoc menggunakan algoritma protokol routing AOMDV di frekuensi VHF untuk kapal laut. Serta menganalisa performansi QoS protokol routing AOMDV pada frekuensi VHF

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut untuk mampu meningkatkan kualitas sistem komunikasi kapal laut. Kemudian dapat mengimplementasikan sistem jaringan adhoc dengan keterbatasan kanal yang dipakai. Serta bisa dijadikan dasar untuk penelitian selanjutnya mengenai jaringan adhoc multimode.

## **METODE**

Sebelum memasuki tahapan perancangan perangkat komunikasi data melalui radio akan dibahas terlebih dahulu tentang gambaran sistem secara umum. Sistem yang dibangun adalah sistem yang memiliki *gateway* di darat yang berfungsi untuk meneruskan pesan dari darat ke laut dan sebaliknya dengan sejumlah *mobile station* berupa perangkat komunikasi data di kapal. Pada penelitian ini *Gateway* dan *mobile station* memiliki susunan perangkat dan peran yang sama, karena pada jaringan MANET setiap *node* dalam jaringan memiliki kedudukan yang sama dan tidak ada administrator pusat seperti pada jaringan *seluler* atau pada jaringan *wireless local area network* (WLAN) mode infrastruktur. Perangkat komunikasi radio yang sudah ada di kapal biasanya berupa radio komunikasi HF atau VHF. Pada penelitian ini yang akan dibahas adalah penerapan komunikasi data melalui radio VHF yang mendukung fungsi jaringan Ad-Hoc. Pada komunikasi radio pada band VHF pada umumnya berjalan dengan baik apabila kondisi antenanya dapat saling melihat (*Line of Sight – LOS*). Komunikasi radio secara LOS secara alami dibatasi oleh *radio horizon* yang terjadi akibat permukaan bumi yang berbentuk melengkung. Untuk mengatasi kondisi ini maka pada tesis ini diperkenalkan jaringan radio *ad hoc* untuk diterapkan pada sistem komunikasi data di laut.

Untuk dapat melakukan komunikasi data maka diperlukan sebuah terminal komunikasi data dan sebuah modem yang berfungsi merubah data digital menjadi sinyal analog untuk dapat dikirimkan melalui radio komunikasi suara yang sudah ada. Terminal komunikasi data dapat berupa sebuah perangkat berbasis mikrokontroler dan dapat pula berupa sebuah komputer kecil yang didesain untuk tahan terhadap guncangan. Untuk perangkat modemnya pada penelitian ini akan dipergunakan sebuah modem KYL 600L. Modem ini telah terintegrasi dengan radio sehingga memudahkan penggunaan. Ukurannya yang hanya 70x46x12mm dan berat 180g sehingga lebih fleksibel. Spesifikasi KYL-600L ada pada tabel 3.1

Penelitian ini dilaksanakan dengan beberapa tahapan yang dimulai dari perancangan secara umum sampai dengan uji coba pada kanal radio. Alur kegiatan penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.3. Peralatan yang dibuat dalam penelitian ini diharapkan memiliki bentuk fisik yang ringkas dan dapat dioperasikan di dalam lingkungan kapal nelayan tradisional.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam bab ini akan dibahas mengenai pengujian protokol routing dan akses jamak yang sudah dijelaskan di bab III. Sesuai yang telah dijelaskan di bab III, terdapat beberapa skema pengujian sistem

yaitu menguji protokol routing dan protokol akses jamak untuk mendukung sistem multinode. Berikut dibawah ini akan dijelaskan mengenai perhitungan secara teoritis dan hasil pengujian di lapangan.

### Perhitungan Waktu Pengiriman Data Secara Teoritis

Lamanya pengiriman data melalui kanal radio dipengaruhi oleh bitrate perangkat. Pada penelitian ini data yang dikirimkan berupa data karakter, karena itu dihitung waktu pengiriman per karakter.

$$\text{Bitrate} = 1200 \text{ bps}$$

$$\text{Waktu kirim 1 bit} = 0,833 \text{ ms}$$

Karena 1 karakter terdiri dari 10 bit, maka

$$\text{Waktu kirim 1 karakter} = 10 \times 0,833 \text{ ms} = 8,33 \text{ ms.}$$

$$\text{Waktu Kirim 10 Karakter} = 10 \times 8,33 \text{ ms} = 83,3 \text{ ms}$$

Secara teoritis semakin banyak karakter atau semakin panjang pesan yang dikirim maka waktu kirim akan semakin lama. Dalam protokol yang dibuat, sebelum *node* mengirimkan pesan maka *node* tersebut akan didelay minimal sebesar delay DIFS yaitu 5 detik. Jadi perhitungan waktu pengiriman data diatas ditambah 5 detik. Misalkan pengiriman data 150 karakter adalah 5 detik ditambahkan 1 detik. Selain itu, pengiriman pesan dipengaruhi jumlah *node* perantara semakin banyak *node* perantara maka semakin besar pula waktu pengiriman.

Dalam sistem komunikasi melalui kanal VHF, delay propagasi sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Setiap perangkat transceiver memiliki delay untuk perpindahan dari Tx menjadi Rx. Namun karena tidak ada data yang lengkap dan nilainya relatif kecil, maka delay ini diabaikan.

### Perhitungan Link Budget

Sebelum dilakukan pengujian di luar laboratorium dilakukan perhitungan link budget terlebih dahulu. Perhitungan link budget digunakan untuk menghitung jangkauan radio. Berikut adalah perhitungan link budget nya.

Radio yang digunakan bekerja pada frekuensi 158 MHz, memiliki daya pancar 1W (0dB), gain antenna 4 dBi dan sensitivitas penerima 0,25 uV (setara dengan -119 dBm). Rugi pada saluran transmisi diasumsikan 2 dB. Mengacu pada persamaan 2.4 diperoleh

$$EIRP = P_{Tx} - L_{TX} + G_{Tx}$$

$$EIRP = 4 \text{ dB}$$

Berdasar persamaan 2.5 diperoleh jangkauan maksimum

$$d = 10^{(EIRP - 32,44 - 20 \log(\text{MHz}) - 20 \log(D) + G_{Rx} - NF)}$$

$$d = 379,61 \text{ Km}$$

Akibat adanya terdapat kelengkungan bumi jangkauan maksimum dipengaruhi oleh ketinggian antenna. Oleh karena itu jarak jangkauan terbatas pada radio horizon ( $R_h$ ). Jika diasumsikan tinggi antenna pemancar-penerima adalah 1 meter, maka jangkauan maksimum =  $2 \times R_h$ . Berdasarkan persamaan 2.6  $R_h = 1,95 \text{ Km}$  dan jangkauan maksimum adalah.

$$R_h = 3,569 \sqrt{\text{tinggi antenna (m)}}$$

$$R_h = 3,91 \text{ Km}$$

### Pengujian Kinerja

Pengujian yang dilakukan merupakan pengujian kinerja sistem yang telah dibuat. Sebelum menguji protokol routing yang telah dibuat, yang diuji terlebih dahulu adalah protokol akses jamaknya untuk memastikan bahwa protokol routing yang dibangun dapat berjalan dengan jumlah node lebih dari satu dengan jumlah kanal yang dipakai hanya satu.

Pengujian protokol akses jamak dilakukan di laboratorium B406. Sedangkan pengujian protokol routing dilakukan di empat titik di lingkungan kampus ITS.

Pada skema pengujian terdapat beberapa skenario pengujian yaitu:

1. Skenario pertama, tanpa *node* perantara. *Node* 1 yang berlokasi di Pengajaran Elektro dapat berkomunikasi dengan *node* 2 yang berlokasi di lab B406
2. Skenario kedua, melalui satu *node* peantara. *Node* 1 yang berlokasi di jurusan Matematika ingin mengirimkan pesan data ke *node* 3 yang berlokasi di Lab. B406 melalui *node* perantara *node* 2 yang berlokasi di pengajaran elektro. Adapun sebelumnya dapat dipastikan dulu *node* 1 tidak dapat berkomunikasi dengan *node* 3, namun *node* 2 dapat berkomunikasi dengan *node* 1 dan *node* 3.
3. Skenario ketiga, melalui satu *node* perantara dengan *node alternatif*. *Node* 1 akan mengirimkan pesan data ke *node* 4. *Node* 1 yang berlokasi di jurusan Matematika harus dapat berkomunikasi dengan *node* 2 yang berlokasi di Plaza elektro dan *node* 3 yang berlokasi di Pengajaran Elektro, sedangkan *node* 1 tidak dapat berkomunikasi dengan *node* 4 yang berlokasi di Lab.B406.
4. Skenario keempat, melalui dua *node* perantara. *Node* 1 yang berlokasi di jurusan Matematika akan mengirimkan pesan ke *node* 4 yang berlokasi di Jurusan Material melalui dua *node* perantara yaitu *node* 2 yang berlokasi di Pengajaran Elektro dan *node* 3 yang berlokasi di Lab B.406. Sebelumnya dipastikan dulu *node* 1 tidak dapat berkomunikasi dengan *node* 3 dan *node* 4, *node* 2 tidak dapat berkomunikasi dengan *node* 3 dan *node* 4.

Di wilayah surabaya khususnya wilayah ITS, sangat susah untuk mencari tempat yang benar-benar LOS sehingga lokasi antar *node* tidak berdasarkan fungsi jarak melainkan melihat kondisi bangunan disekitar lokasi. Secara teori jarak yang dapat dijangkau lebih dari 4 km, namun melihat kondisi yang ada jarak jangkauan hanya sekitar 1 km.

**Table 1 Lokasi *node***

| Pengujian   | Lokasi             | Identitas <i>Node</i> | Lintang     | Bujur          |
|---|--------------------|-----------------------|-------------|----------------|
| Tanpa <i>node</i> perantara                           | Matematika         | N1                    | 7°17'1.67"S | 112°47'40.20"T |
|   | Pengajaran Elektro | N2                    | 7°17'5.68"S | 112°47'44.95"T |
| 1 <i>node</i> perantara                               | Matematika         | N1                    | 7°17'1.67"S | 112°47'40.20"T |
|   | Pengajaran Elektro | N2                    | 7°17'5.68"S | 112°47'44.95"T |
|   | Material           | N3                    | 7°17'6.01"S | 112°47'50.64"T |
| 1 <i>node</i> perantara dengan <i>node alternatif</i> | Matematika         | N1                    | 7°17'1.67"S | 112°47'40.20"T |
|   | Pengajaran Elektro | N2                    | 7°17'5.68"S | 112°47'44.95"T |
|   | B 406              | N3                    | 7°17'5.65"S | 112°47'46.99"T |
|   | Material           | N4                    | 7°17'6.01"S | 112°47'50.64"T |





**Gambar 3 Konfigurasi lokasi *node***

Pengujian dilakukan selama satu bulan untuk proses pengambilan data dan juga proses pengecekan program yang telah dibuat. Karena lokasi pengujian didalam gedung, sehingga timbul permasalahan pada perangkat modem. Sesekali lampu modem menyala hijau menandakan modem sedang menerima data, padahal di dalam spektrum analyzer tidak ada yang sedang memakai frekuensi tersebut. hal ini sangat mengganggu algoritma yang telah dibuat karena dalam protokol akses jamak, sebelum *node* mengirimkan pesan maka *node* akan mendengarkan kanal terlebih dahulu untuk mengecek kondisi kanal sedang kosong atau tidak.

#### **Hasil Pengujian Tabrakan Data 2 *Node* Dengan Nilai p Sama**

Hasil pengujian tabrakan data pengiriman 2 *node* secara bersamaan dapat dilihat di gambar 4.2. Data yang dikirimkan sepanjang 27 Byte dengan nilai p masing-masing *node* sebesar 0.3, antar *node* ditempatkan sejauh kurang lebih 3 meter. Kedua *node* akan mengirimkan data secara bersamaan selama satu menit sekali. Untuk memastikan *node* mengirimkan secara bersamaan, maka tiap komputer yang ada di samakan waktunya dengan memakai software network time synchronization.

Pada gambar 4.2 nilai 1 menandakan bahwa data diterima sedangkan nilai -1 data tidak diterima . Dari gambar bisa dilihat bahwa dari pengiriman 100 kali, data yang tidak terkirim dari *node* 1 sebanyak 1 kali, sedangkan *node* 2 sebanyak 18 kali. Ketika salah satu atau kedua data dari *node* tidak sampai dipenerima diakibatkan oleh delay dari masing-masing *node* sama atau selisih kurang dari 0,2 detik. Ketika kedua data diterima oleh penerima, delay yang dialami kedua *node* berbeda kurang lebih 0.5 detik. Hal ini menandakan nilai random yang dihasilkan antar *node* berbeda.

#### **Hasil Pengujian Tabrakan Data 2 *Node* Dengan Nilai p Berbeda**

Pada pengujian ini, data yang dikirimkan sama dengan pengujian sebelumnya yaitu 27 Byte. Namun nilai probabilitas dari masing-masing *node* dibedakan menjadi 0.3, 0.5 dan 0.7. Pada protokol yang dibuat, nilai probabilitas 0.3 untuk pesan *error* dan 0.5 untuk tipe pesan rute dan 0.7 untuk pesan data. Hasil dari pengujian diperlihatkan pada gambar 4.3

Berdasarkan gambar 4.3, data yang dikirimkan *node* 1 berhasil diterima sebanyak 98 paket dan *node* 2 sebanyak 96 paket. Seperti pada pengujian sebelumnya, data yang tidak diterima karena nilai delay kedua *node* sama atau selisih keduanya kurang dari 0.2 detik. Sedangkan delay rata-rata ketika data diterima adalah 0.5 detik. Dengan nilai probabilitas yang beda, data yang diterima meningkat sebanyak 14 paket data. Ketika nilai delay random masing-masing node berbeda, maka ada kemungkinan salah satu node masuk dalam algoritma backoff time. Node akan mendeteksi bahwa kondisi kanal sedang sibuk, setelah itu node akan menunda waktu pengiriman sebesar nilai *time slot* yang sudah ditentukan. Nilai ini akan bertambah sebesar dua kali sebelumnya ketika node kembali mendeteksi kondisi kanal sedang sibuk.

### Hasil Pengujian Tabrakan Data 3 Node Dengan Nilai p Sama

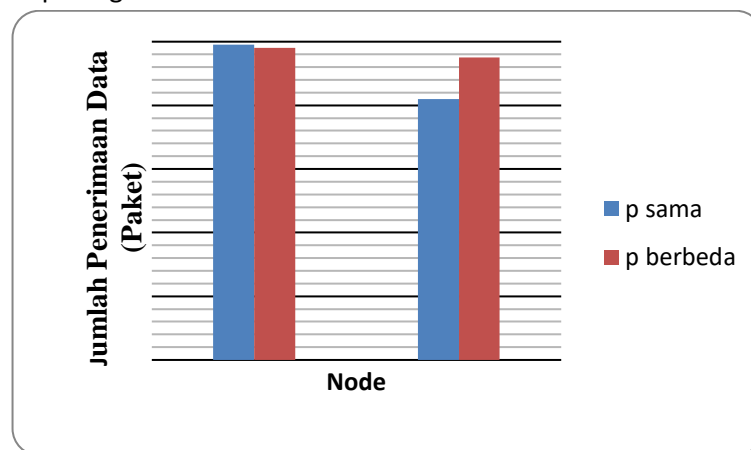
Pada pengujian ini, terdapat tiga *node* yang mengirimkan paket data secara bersamaan dengan nilai probabilitas setiap *node* sama. Setiap *node* memiliki nilai probabilitas sebesar 0.3. data yang dikirimkan sebesar 27 Byte. Setiap *node* mengirimkan data sebanyak 100 kali.

### Hasil Pengujian Tabrakan Data 3 Node Dengan Nilai p Berbeda

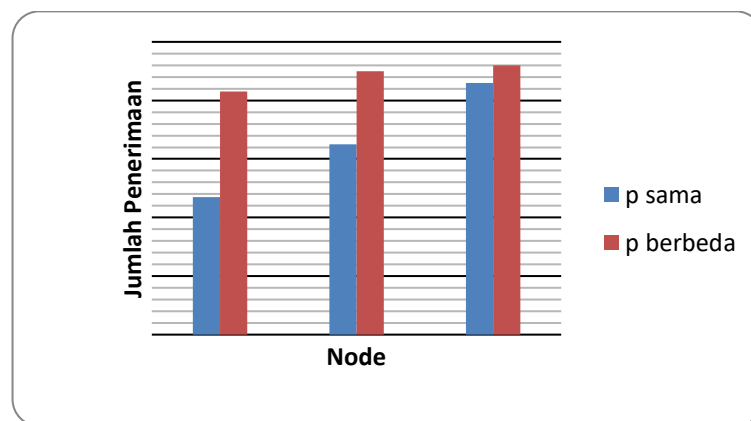
Pada pengujian ini, 3 *node* mengirimkan data secara bersamaan dengan nilai probabilitas yang berbeda yaitu 0.3, 0.5 dan 0.7. pada protokol yang dibuat nilai  $p=0.7$  untuk pesan data. Pesan data memiliki nilai  $p$  yang lebih besar karena pesan data lebih diutamakan daripada tipe pesan yang lainnya.

### Perbandingan Hasil Pengujian Tabrakan Data

Gambar 4.6 dan 4.7 menunjukkan bahwa dengan nilai  $p$  yang berbeda, maka probabilitas tabrakan data semakin kecil. Hal ini ditunjukkan oleh jumlah data yang berhasil dikirimkan masing-masing *node* mengalami peningkatan.



Gambar 4 Grafik tabrakan data dua *node*



Gambar 5 Grafik tabrakan data tiga *node*

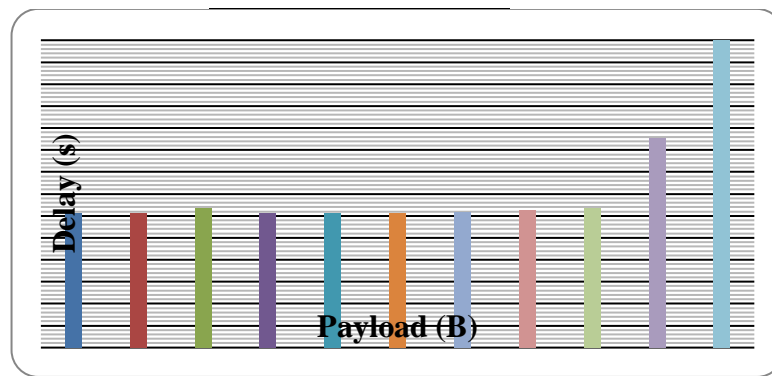
### Hasil Pengiriman Data Tanpa Node Perantara

Pada pengujian ini payload data yang dikirimkan sebesar 10 byte, 20 byte, 40 byte, 60 byte, 80 byte, 100 byte, 120 byte, 140 byte, dan 160 byte. *Node* 1 yang berada di Pengajaran Elektro mengirimkan paket data ke *node* 2 yang berada di Lab B406.



**Table 2 Delay Pengiriman Data Tanpa *Node* Perantara**

| Payload (B) | Delay(s) |
|-------------|----------|
| 10          | 13.478   |
| 20          | 13.493   |
| 40          | 13.975   |
| 60          | 13.449   |
| 80          | 13.447   |
| 100         | 13.485   |
| 120         | 13.609   |
| 140         | 13.796   |
| 160         | 13.973   |
| 1000        | 21       |
| 2166        | 30.818   |



**Gambar 6 Grafik Delay Pengiriman Data Tanpa *Node* Perantara**

Pada gambar 4.8 memperlihatkan bahwa waktu pengiriman tidak berbanding lurus dengan lebar data. Hal ini dikarenakan dalam protokol yang dibangun terdapat delay yang bervariasi yang bergantung pada nilai random masing-masing node. Tabel 4.3 memperlihatkan perubahan update tabel routing yang terjadi selama proses pengiriman data.

**Table 3 Tabel Routing *Node* Pengiriman Data Tanpa *Node* Perantara**

|                      | <i>Node 1</i> | <i>Node 2</i> |
|----------------------|---------------|---------------|
| Advertised hop count | 1             | 1             |
| Destination          | 2             | 1             |
| sequence Number      | 2             | 2             |
| Nex hop              | 2             | 1             |
| Hop Count            | 1             | 1             |

### Hasil Pengiriman Data Melalui 1 *Node* Perantara

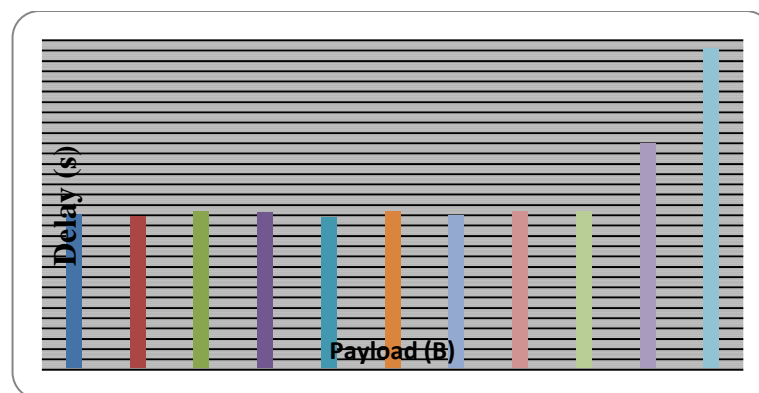
Pada pengujian ini *node 1* yang berlokasi di jurusan Matematika ingin mengirimkan pesan data ke *node 3* yang berlokasi di Lab. B406 melalui *node* perantara *node 2* yang berlokasi di pengajaran elektro. Lebar data yang dikirimkan sama dengan pengujian tanpa *node* perantara.

Pada gambar 4.9 terlihat bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan data antara 10-160 byte sekitar 32,9 detik. Pada grafik menunjukkan bahwa nilai delay antara 10 byte dan 160 byte tidak berbanding lurus dengan lebar data yang dikirimkan. Hal ini dikarenakan dalam protokol yang dibangun terdapat delay yang bervariasi yang bergantung pada nilai random masing-masing *node*. Tabel 4.5 memperlihatkan perubahan update tabel routing yang terjadi selama proses

pengiriman data. Pada node 2, terdapat dua next hop yaitu *node* 1 dan *node* 3. *Node* 2 secara otomatis mendapatkan rute *forward* menuju *node* 3 dan rute *reverse* menuju *node* 1. Ketika *node* 2 akan mengirimkan pesan data ke *node* 3 dan pesan ACK ke *node* 1, maka *node* 2 akan langsung dapat mengirimkan pesan-pesan tersebut ke *node* 3 dan *node* 1 dengan alamat tujuan next hop yang ada di tabel routing.

**Table 4 Delay Pengiriman Data Melalui Satu *Node* Perantara**

| Payload (B) | Delay(s) |
|-------------|----------|
| 10          | 32.772   |
| 20          | 32.292   |
| 40          | 33.35    |
| 60          | 33.321   |
| 80          | 32.26    |
| 100         | 33.352   |
| 120         | 32.624   |
| 140         | 33.42    |
| 160         | 33.38    |
| 1000        | 48.062   |
| 2166        | 68.195   |



**Gambar 7 Grafik delay pengiriman melalui satu *node* perantara**

T

**Table 5 Tabel Routing *Node* Pengiriman Data Melalui Satu *Node* Perantara**

|                      | <i>Node</i> 1 | <i>Node</i> 2 | <i>Node</i> 3 |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|
| Advertised hop count | 2             | 1             | 2             |
| Destination          | 3             | 1             | 3             |
| sequence Number      | 3             | 2             | 3             |
| Nex hop              | 2             | 1             | 3             |
| Hop Count            | 2             | 1             | 2             |

**Hasil Pengiriman Data Melalui 1 *Node* Perantara Dengan 1 *Node* Alternatif**

Pada pengujian ini, *node* yang aktif sebanyak empat *node*. *Node* 1 yang berlokasi di jurusan Matematika akan mengirimkan pesan ke *node* 4 yang berlokasi di Lab.B406 melalui *node* 2 yang berlokasi di Plasa elektro. *Node* 3 yang berlokasi di Pengajaran Elektro dibiarkan aktif sebagai pengganggu untuk melihat pengaruh jumlah *node* terhadap delay pada protokol yang telah dibuat.

**Table 6 Delay pengiriman data melalui satu *node* perantara dengan *node* alternatif**

| Payload (B) | Delay(s) |
|-------------|----------|
| 10          | 32.786   |
| 20          | 32.792   |
| 40          | 32.815   |
| 60          | 32.828   |
| 80          | 32.218   |
| 100         | 32.832   |
| 120         | 33.617   |
| 140         | 33.411   |
| 160         | 33.273   |
| 1000        | 34.167   |
| 2166        | 48.403   |

Karena nilai random dari *node* 2 lebih sedikit dari *node* 3, maka *node* 2 yang akan broadcast ulang pesan RREQ, sedangkan *node* 3 akan masuk kedalam proses backoff time. *Node* 3 akan didelay sebesar time slot dan akan meningkat ketika kanal masih penuh. Jalur utama yang terbentuk adalah jalur yang melewati *node* 2, sedangkan jalur melewati *node* 3 sebagai rute alternatif. Dalam pengujian menunjukkan bahwa jalur alternatif terbentuk setelah jalur utama. Hal ini dikarenakan adanya proses antrian dalam pengiriman data.

**Table 7 Tabel Routing *Node* Pengiriman Data Melalui *Node* Perantara Dengan *Node* Alternatif**

|                      | <i>Node</i> 1 | <i>Node</i> 2 | <i>Node</i> 3 | <i>Node</i> 4 |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Advertised hop count | 2             | 2             | 1             | 1             |
| Destination          | 4             | 4             | 1             | 4             |
| sequence Number      | 4             | 4             | 2             | 2             |
| Nex hop              | 3             | 2             | 1             | 4             |
| Hop Count            | 2             | 2             | 1             | 1             |

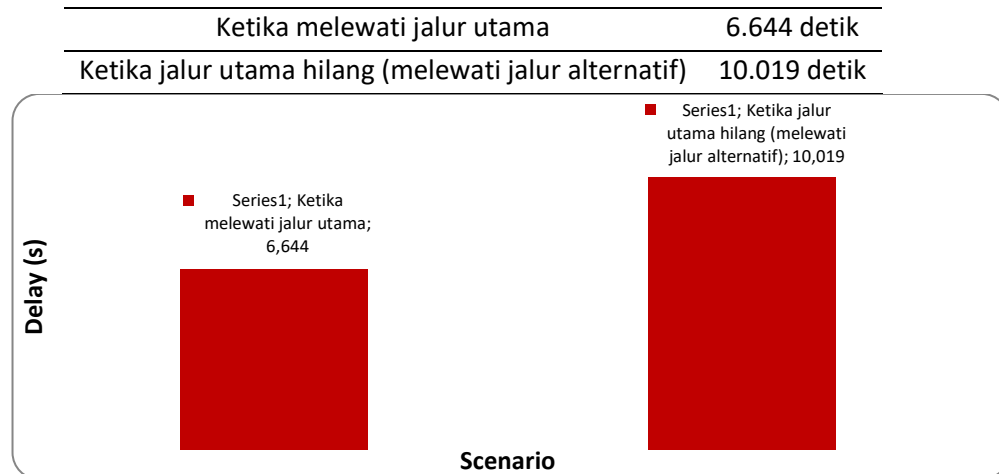
Tabel 7 memperlihatkan perubahan update tabel routing yang terjadi selama proses pengiriman data. Masing-masing *node* memiliki 2 tabel rute. Untuk *node* 1 dan 4, keduanya memiliki 2 next hop yang berbeda dengan *node* tujuan yang sama. Hal ini menandakan bahwa *node* memiliki link alternatif.

#### **Hasil Pengiriman Data Melalui 1 *Node* Perantara Dengan 1 *Node* Alternatif Ketika Terjadi *pergerakan pada salah satu node perantara***

Pada pengujian ini dilakukan pengiriman data melalui *node* perantara dengan satu *node* perantara alternatif. Ketika *node* sumber ingin mengirimkan data ke *node* tujuan untuk ketiga kalinya, tiba-tiba salah satu *node* perantara bergerak menjauhi coverage area *node* sumber, hal ini terjadi untuk menguji apakah *node* dalam algoritma yang dipakai dapat mencari *node* alternatif untuk mengirimkan pesan data yang telah gagal dikirimkan melalui *node* perantara.

Ketika data yang dikirimkan *node* sumber (*node* 1) tidak diterima *node* 2, maka nilai resend data pada *node* 1 diset menjadi nol. *Node* 1 dapat mengetahui bahwa *node* 2 tidak menerima data yang dikirim dengan cara *node* 1 mendeteksi pesan ACK, kemudian *node* tersebut akan memeriksa tabel routingsnya apakah terdapat jalur lain untuk dapat mengirimkan pesan data. Dalam pengujian ini dalam tabel routing *node* sumber terdapat jalur lain selain jalur yang rusak tadi yaitu *node* 3, karena nilai resend data nol, maka *node* 1 akan mengirimkan pesan data lagi menuju *node* 3.

**Table 8 Perbandingan Delay Pengiriman Data Melalui Satu *Node* Perantara Dengan *Node* Alternatif Dalam Pengiriman Ketiga Kali**



**Gambar 8 Perbandingan Delay Pengiriman Data Melalui Satu *Node* Perantara Dengan *Node* Alternatif Dalam Pengiriman Ketiga Kali**

Gambar 8 menunjukkan delay yang terjadi pada jalur alternatif lebih besar dibanding dengan delay yang melewati jalur utama. Hal ini disebabkan oleh karena ketika *node* 2 bergerak menjauhi coverage *node* 1, maka *node* 1 membutuhkan waktu yang agak lama untuk proses menunggu pesan ack dari *node* 2 dan pengiriman ulang pesan data melalui jalur alternatif, namun tidak membutuhkan waktu yang terlalu banyak karena *node* 1 mengirimkan pesan data dengan tidak membangun jaringan baru (tidak melalui proses RREQ dan RREP lagi) melainkan langsung melewati jalur alternatif.

**Table 9 Tabel Routing *Node* Ketika Terjadi Pergerakan Pada *Node* Perantara Utama**

|                      | <i>Node</i> 1 |   | <i>Node</i> 2 |   | <i>Node</i> 3 |   | <i>Node</i> 4 |   |
|----------------------|---------------|---|---------------|---|---------------|---|---------------|---|
| Advertised hop count | 2             | 2 | 1             | 1 | 1             | 1 | 2             | 2 |
| Destination          | 4             | 4 | 1             | 4 | 1             | 4 | 1             | 1 |
| sequence Number      | 4             | 4 | 2             | 2 | 2             | 2 | 4             | 4 |
| Nex hop              | 3             | 2 | 1             | 4 | 1             | 4 | 2             | 3 |
| Hop Count            | 2             | 2 | 1             | 1 | 1             | 1 | 2             | 2 |

**Hasil Pengiriman Data Melalui 2 *Node* Perantara**

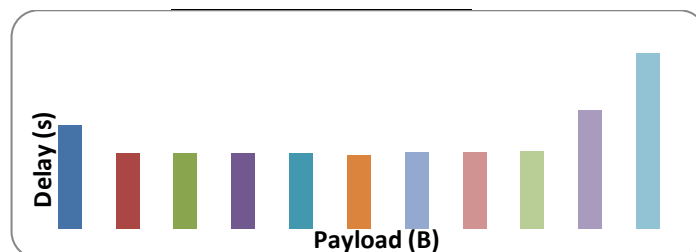
Pada pengujian ini *node* 1 yang berada di jurusan Matematika mengirimkan paket data ke *node* 4 yang berada di Jurusan Material melalui dua *node* perantara yaitu *node* 2 yang berada di Pengajaran Elektro dan *node* 3 yang berada di B406. Lebar data yang dikirimkan sama dengan pengujian tanpa *node* perantara.

Pada gambar 4.12 terlihat bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan data antara 10-160 byte sekitar 40 detik. Pada grafik menunjukkan bahwa nilai delay antara 10 byte dan 160 byte tidak berbanding lurus dengan lebar data yang dikirimkan. Hal ini dikarenakan dalam protokol yang dibangun terdapat delay yang bervariasi yang bergantung pada nilai random masing-masing *node*. Tabel 4.11 memperlihatkan perubahan update tabel routing yang terjadi selama proses pengiriman data. Pada *node* 2, terdapat dua next hop yaitu *node* 1 dan *node* 3 dan *node* 3 terdapat dua next hop yaitu *node* 2 dan *node* 4. *Node* 2 secara otomatis mendapatkan rute *forward* menuju *node* 3 dan rute *reverse* menuju *node* 1 dan *node* 3 mendapatkan rute *forward* menuju *node* 4 dan rute *reverse* menuju *node* 2. Ketika *node* 2 akan mengirimkan pesan data ke *node* 3 dan pesan ACK ke *node* 1, maka *node* 2 akan langsung dapat mengirimkan pesan-pesan tersebut ke *node* 3 dan *node* 1

dengan alamat tujuan next hop yang ada di tabel routing, begitu juga dengan *node* 3.

**Table 9 Delay Pengiriman Data Melalui Dua *Node* Perantara**

| Payload (B) | Delay(s) |
|-------------|----------|
| 10          | 54.412   |
| 20          | 39.655   |
| 40          | 39.800   |
| 60          | 40.014   |
| 80          | 40,100   |
| 100         | 38.743   |
| 120         | 40.295   |
| 140         | 40.373   |
| 160         | 41,059   |
| 1000        | 62.487   |
| 2166        | 92.948   |



**Gambar 9 Grafik delay pengiriman data melalui dua *node* perantara**

**Table 10 Tabel Routing *Node* Pengiriman Data Melalui Dua *Node* Perantara**

|                      | <i>Node</i> 1 | <i>Node</i> 2 | <i>Node</i> 3 | <i>Node</i> 4 |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Advertised hop count | 3             | 3             | 1             | 2             |
| Destination          | 4             | 4             | 1             | 4             |
| sequence Number      | 4             | 4             | 2             | 3             |
| Nex hop              | 2             | 2             | 1             | 3             |
| Hop Count            | 3             | 3             | 2             | 1             |

### Perbandingan Hasil Pengujian Waktu Kirim dan Packet Loss

Pada tabel 11 menunjukkan bahwa terjadi packet loss pada pengiriman paket data dalam 100 kali pengiriman pesan. Pada pengujian pengiriman data melalui satu *node* perantara, pesan yang gagal dikirimkan sebesar 2 pesan dari 100 pesan yang dikirimkan atau jumlah *packet loss* 2 %.

Paket yang tidak berhasil ditransmisikan bisa disebabkan karena header atau footer dari pesan tidak sesuai dengan program yang diakibatkan kesalahan pada pembacaan program, misalnya header yang dipakai seharusnya VmeS menjadi VleS. Program tidak akan dapat mengenali pesan tersebut karena program yang dipakai memakai sistem buffer, jadi data yang ada dibuffer akan diambil ketika header dan footernya sesuai dengan yang sudah ditentukan. Packet loss juga bisa terjadi akibat masing-masing *node* yang menerima pesan secara bersamaan memiliki nilai random yang sama. Selain itu, packet loss bisa diakibatkan kesalahan pembacaan header atau footer pada pesan yang dikirimkan. Kesalahan pada header atau footer menyebabkan program tidak mengenali tipe pesan tersebut atau pesan tersebut dianggap bukan pesan VmeS.

Pada saat pengujian sering terjadi *error* pada perangkat modem yang dipakai, terkadang lampu modem menyala warna hijau menandakan modem sedang menerima data. Padahal tidak ada modem

lain yang sedang mengirimkan pesan ataupun frekuensi ini sedang dipakai pengguna lain karena sudah kami periksa dengan spektrum analyzer. Hal ini mengakibatkan sering kali modem masih masuk dalam proses back off time sehingga waktu yang diperlukan lebih dari waktu seharusnya diperlukan.

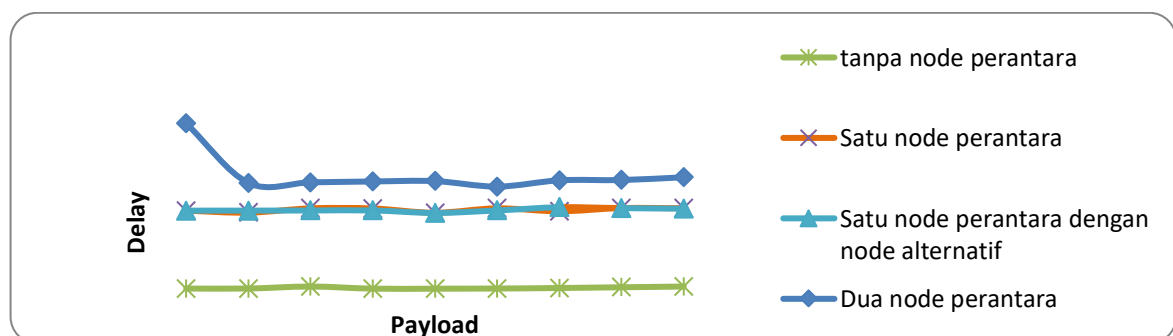
**Table 11 Packet Loss Dalam 100 Kali Pengiriman Data**

| Skenario                    | Pesan yang terkirim | Paket loss |
|-----------------------------|---------------------|------------|
| Tanpa <i>node</i> perantara | 100 pesan           | 0 %        |
| Satu <i>node</i> perantara  | 98 pesan            | 2 %        |

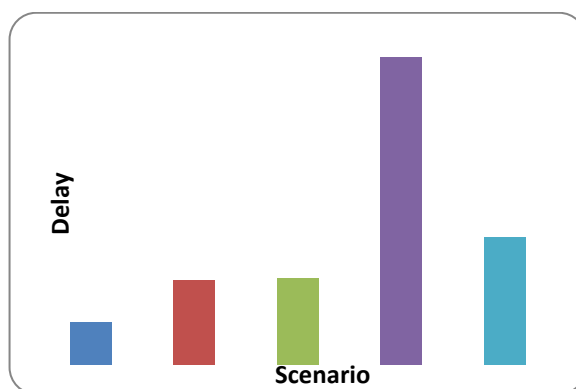
Pada gambar 10 dan 11 menunjukkan perbandingan nilai end-to-end delay masing-masing pengujian. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa semakin banyak node maka semakin besar delay. Pada setiap pengujian nilai delay yang didapatkan sangat bervariasi. Hal ini dikarenakan pada saat node akan mengirimkan data, node mendapatkan nilai random yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa skema yang digunakan mampu mengurangi resiko tabrakan data ketika masing-masing node sama-sama mendeteksi bahwa kondisi kanal sedang kosong. Delay yang besar bisa juga diakibatkan kesalahan pada perangkat. Perangkat salah mendeteksi kondisi kanal sehingga program masuk pada algoritma backoff time.

**Tabel 12 Perbandingan Delay Dalam Pengiriman Data Yang Ke Tiga**

| No | Skenario  | Delay (s) |
|----|---|-----------|
| 1  | Tanpa node perantara  | 1.578     |
| 2  | Satu node perantara   | 8.115     |
| 3  | Satu node perantara dengan node alternatif                                | 8.149     |
| 4  | Satu node perantara dengan node alternatif ketika node perantara bergerak | 11.576    |
| 5  | Dua node perantara  | 14.640    |



**Gambar 10**  
**Perbandingan End-To-End Delay Pada Saat Pertama Kali Mengirim Pesan**



**Gambar 11 Perbandingan End-To-End Delay Pada Saat Ketiga Kali Mengirim Pesan**

### Analisis Hasil Pengujian secara keseluruhan

Berdasarkan data yang diperoleh pada penelitian ini, delay pengiriman data berbanding lurus dengan jumlah *node*. Jumlah *node* mempengaruhi penundaan pengiriman pesan karena kanal yang dipakai hanya satu. Untuk pengiriman data antara 10 sampai 160 byte, delay yang dihasilkan hampir sama dan menunjukkan bahwa tidak berbanding lurus dengan lebar data. Hal ini disebabkan oleh protokol yang dibuat terdapat mekanisme random delay untuk mengurangi resiko tabrakan data ketika dua *node* atau lebih sama-sama mendeteksi keadaan kanal kosong.

Namun hal ini hanya untuk kasus pengiriman data dengan lebar 10-160 Byte. Untuk pengiriman yang data yang selisihnya minimal 5 kalinya maka nilai delay akan berbanding lurus dengan panjang data yang dikirimkan. Hal ini disebabkan karena nilai delay DIFS sebesar lima kali dari delay pengiriman data 150 Byte menurut perhitungan secara teori.

Untuk sistem komunikasi kapal menggunakan kanal VHF, delay yang didapatkan dari hasil pengujian terlalu besar. Hal ini dikarenakan kurangnya informasi mengenai perangkat yang dipakai. Seharusnya dilakukan pengkajian dan penelitian lebih lanjut mengenai perangkat yang dipakai. Delay yang besar ini disebabkan oleh besarnya nilai delay DIFS. Dalam penelitian ini nilai DIFS mengikuti aturan DCF yang ada pada 802.11.

Dalam pengujian tabrakan data, jumlah tabrakan data berkurang ketika masing-masing *node* diberi nilai probabilitas pengiriman yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah tabrakan data berbanding terbalik dengan jumlah banyaknya probabilitas pengiriman. Tabrakan data ini terjadi ketika nilai random yang diambil masing-masing terminal bernilai sama.

Pada pengujian pengiriman data dengan satu *node* perantara, terdapat beberapa pesan data yang tidak terkirim sedangkan pada pengujian tanpa *node* perantara tidak terdapat pesan yang tidak terkirim. Hal ini disebabkan karena pada pengujian tanpa *node* perantara, jumlah *node* nya masih sedikit dan masih dalam satu jangkauannya sehingga semua pesan data yang dikirimkan masih dapat diterima semua pada *node* tujuan. Data ini memang dirasa kurang untuk menguji performansi dari protokol routing karena jumlah *node* yang dipakai hanya empat.

Pada saat pengujian sering terjadi *error* pada perangkat modem yang dipakai, terkadang lampu modem menyala warna hijau menandakan modem sedang menerima data. Padahal tidak ada modem lain yang sedang mengirimkan pesan ataupun frekuensi ini sedang dipakai pengguna lain karena sudah kami periksa dengan spektrum analyzer. Hal ini mengakibatkan sering kali modem masih masuk dalam proses back off time sehingga waktu yang diperlukan lebih dari waktu seharusnya diperlukan dan



ketika pesan masuk dalam proses *backoff* tersebut melebihi sampai batas waktu atau time out, maka pesan akan di drop dengan sendirinya.

Pada pengujian pengiriman data, update tabel routing yang dilakukan sudah sesuai dengan algoritma yang telah direncanakan. *Node* akan dapat mengetahui jalur yang akan dilalui ketika *node* tersebut sudah mendapatkan pesan RREP. Dengan skema seperti ini, maka ketika *node* bertukar posisi setelah proses pesan RREQ maka pesan masih dapat dikirimkan. Selain itu, dalam algoritma yang dipakai *node* dapat mencari rute lebih dari satu jalur. Hal ini akan berguna ketika terjadi kesalahan pengiriman pesan data pada suatu jalur. Jika suatu jalur sudah terbentuk, maka *node* yang telah dilalui dapat menggunakan jalur ini untuk mengirimkan pesan ke *node* sumber atau *node* tujuan. Misalkan pada skema pengiriman melalui *node* perantara, *node* 1 ingin mengirimkan pesan ke *node* 2 atau *node* 3 maka *node* 1 dapat langsung mengirimkan pesan ke *node* 2 atau *node* 3 karena didalam tabel routing *node* 1 sudah terdapat next hop untuk tujuan *node* 2 dan 3.

## SIMPULAN

Dari segala yang dilakukan pada penelitian ini meliputi tahap perancangan, implementasi dan pengujian, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil adalah dari hasil pengujian pada gambar 4.11 didapatkan bahwa protokol routing yang dibangun dapat mencari beberapa rute alternatif untuk mengatasi masalah ketika terjadi rute yang rusak sehingga *node* pengirim tidak perlu membangun rute mulai dari awal lagi. Selain itu, dalam setiap pengujian dari setiap skenario pengiriman data nilai delay pengiriman paket data sangat bervariasi dikarenakan nilai delay sangat bergantung pada nilai hasil delay random sehingga dapat disimpulkan skema yang dibangun dapat mengurangi tabrakan data ketika masing-masing *node* sama-sama mendeteksi bahwa kondisi kanal sedang kosong. Kemudian berdasarkan data yang diperoleh pada penelitian ini, delay pengiriman data berbanding lurus dengan jumlah *node*. Jumlah *node* mempengaruhi penundaan pengiriman pesan karena kanal yang dipakai hanya satu. Serta hasil pengujian waktu kirim menunjukkan bahwa sistem yang dibangun hanya sesuai digunakan untuk pengiriman data prioritas rendah. Hal ini dapat dilihat pada pengiriman data antara 10 sampai 160 byte, delay yang dihasilkan hampir sama dan menunjukkan bahwa tidak berbanding lurus dengan lebar data, ini disebabkan oleh protokol yang dibuat terdapat mekanisme random delay untuk mengurangi resiko tabrakan data ketika dua *node* atau lebih sama-sama mendeteksi keadaan kanal kosong, namun hal ini hanya untuk kasus pengiriman data dengan lebar 10-160 Byte. Untuk pengiriman data yang selisihnya minimal 5 kalinya maka nilai delay akan berbanding lurus dengan panjang data yang dikirimkan. Hal ini disebabkan karena nilai delay DIFS sebesar lima kali dari delay pengiriman data 150 Byte menurut perhitungan secara teori.

## DAFTAR PUSTAKA

- H. Nakayama, S.Kurosawa, A.Jamalipour, Y. Nemoto, and N.Kato, "A Dynamic Anomaly Detection Scheme for AODV-Based Mobile Ad Hoc Networks", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 58, No. 5, June 2009, PP.2471-2481
- R.Bai and M.Singhal, "DOA: DSR over AODV Routing for Mobile Ad Hoc Networks", IEEE Transaction on Mobile Computing, Vol. 5, No. 10, October 2006, PP.1403-1416
- A K. Gupta, H Sadawarti, and A K. VermaJan, "Performance analysis of AODV, DSR, And TORA Routing Protocols", IACSIT International Journal of Engineering and Technology, Vol.2, No.2, April 2010 ISSN: 1793-8236, PP
- S Mittah, P Kaur, "Performance Comparison of AODV, DSR, and ZRP Routing Protocols in MANET'S", International Conference on Advances in Computing, Control and Telecommunication Technologies 2009 IEEE PP 165-168
- E.Meok, Nixon, "Pengembangan Routing Protocol Untuk Gateway Ad Hoc Wireless Networks", Master Tesis JTE FTI-ITS, 2009

- Y Yuan, H Chen, and M Jia, "An Optimized Ad hoc On-demand Multipath Distance Vector (AOMDV) Routing Protocol", Asia-Pacific Conference on Communications, Perth, Western Australia, 3 - 5 October 2005 IEEE, PP.569-573
- Pusat Teknologi Elektronika Dirgantara,"Pengembangan Sistem Pengoperasian AIS pada Satelit LAPAN/Equatorial untuk pemantauan kapal diwilayah Indonesia", Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. November 2010.
- Adrian, I., "Rancang Bangun Layanan Sms Pada Teknologi Vmes (Vessel Messaging System) Untuk Sistem Komunikasi Kapal Laut". Tugas Akhir JTE FTI-ITS, Juni 2010.
- Riyanto, Z. M., "Komunikasi Data", 2004.
- Johnson D. "Routing in Ad Hoc Networks of Mobile Host". Proceeding IEEE Workshop on Mobile Computer System and Application, 1994.
- Toru Y., Shinichiro K., Masahiro T., Yasushi H., "Development od 27MHz/40MHz Bands Maritime Wireless Ad-hoc Networks". Proc. IEEE ICUFN. 2010.
- Eitan, A., Jimenez, T., "NS Simulator for Beginners". Lecture Notes Univ. De Los Andes, Merida Venezuela, 2003.
- Tobagi, F.A., "Multiaccess protocols in packet communication systems", IEEE Trans. Comm., COM-28 April 1980.
- IEEE 802.11a Part 11," Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: High-Speed Physical Layer in the 5 GHz Band", 2007
- Perkins, C., Belding-Royer E., Das S., "Ad-Hoc On Demand Distance Vector (AODV)". 1999.
- Johnson, D ., Maltz D. A.,Yih Chun Hu, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Network".
- Mahesh, K. M., Samir R. D., "On-demand Multipath Distance Vector Routing in Ad Hoc Network", 2001.
- Peng-Yong Kong, Haiguang Wang, YuGe, Chee-Wei Ang, SuWen, Jaya Shankar P ,Ming-Tuo Zhou , and Hoang Vinh Dien, "A Performance Comparison of Routing Protocols for Maritime Wireless Mesh Networks". 2008.
- Amitava, M., "Location Management And Routing In Mobile Wireless Networks". Artech House, London, 2003.
- Ningtyas, P. K., "Karakterisasi kanal Propagasi VHF Bergerak di Atas Permukaan Laut", Tugas Akhir JTE-ITS Surabaya, Maret 2010.
- D.O.Jorg, "Performnce Comparison of MANET Routing Protocols in Different Network Sizes", 2003.
- Yuli Kurnia Ningsih, Suhartati Agoes & Winer Sampekalo,"Analisis Perbandingan Throughput Pada General Packet Radio Service (GPRS) dan Enhanced Data Rate for GSM Evolution (EDGE)", JETri, Vol.7, No.1, Agustus 2007, Halaman 29 - 40, ISSN 1412-0372.
- Fajarawati, I. N., " Pemodelan Trafik Komunikasi Data Melalui Kanal Radio VHF Pada Band Maritim". Juni 2007.