

Analisis Kinerja Protokol Routing AODV Single Path dan Multipath Pada Jaringan IEEE 802.15.4/ ZIGBEE

Muhammad Hamidi*¹, Ahmad Ashari²

¹Program Studi S2, Ilmu Komputer, FMIPA UGM, Yogyakarta

²Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta

e-mail: hamidi.ilkom@gmail.com, ashari@ugm.ac.id

Abstrak Protokol routing digunakan untuk mempertahankan dan menjaga kualitas dari koneksi. Hal tersebut berhubungan dengan komunikasi yang baik saat dihubungkan dari node sumber ke node tujuan. Faktor utama keberhasilan dalam melakukan teknik protokol routing terletak pada quality of service yang menyediakan tingkat jaminan layanan trafik yang berbeda-beda dalam mengatur dan memberikan prioritas layanan trafik pada jaringan seperti constant bit rate (CBR) dan file transfer protocol (FTP) yang memanfaatkan jaringan wireless sensor network (WSN). Penelitian ini menganalisis kinerja quality of service pada jaringan IEEE 802.15.4/Zigbee menggunakan teknik protokol routing Ad Hoc On Demand Distance Vector (AODV) single path dan multipath berdasarkan variasi jarak dan jumlah node disimulasikan dengan software Cygwin. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan menggunakan dua teknik protokol routing Ad Hoc On Demand Distance Vector single path dan multipath untuk layanan trafik constant bit rate dan file transfer protocol, diperoleh hasil packet delivery ratio dan goodput lebih baik pada jarak antar node 10m dibanding jarak antar node 15m sampai 25m, sehingga mengindikasikan bahwa goodput berpengaruh terhadap layanan trafik yang digunakan. Dan hasil average delay menggunakan teknik protokol routing AODV multipath lebih rendah sehingga mengindikasikan bahwa jalur alternatif menekan buffer delay pada layanan trafik yang digunakan..

Kata Kunci > IEEE 802.15.4/Zigbee, AODV single path, AODV multipath, CBR, FTP

Abstract – Routing protocol is used to keep the stabilization of connection. Its connected with the performance was caused good communication when the communication from the source node to the destination node. The main factor of success in routing protocol techniques was quality of service to provide the difference level of service in arranging and giving the traffic service priority in the the network like constant bit rate (CBR) and file transfer protocol (FTP) using wireless network sensor network (WSN). This research will analyse the achievement quality of service in IEEE 802.15.4/Zigbee network used routing protocol techniques ad hoc on demand distance vector (AODV) single path and multipath based on distance and number of nodes simulated used Cygwin software. Based on the results of tests performed using the technique of routing protocol Ad Hoc On Demand Distance Vector single path and multipath for service traffic with constant bit rate and file transfer protocol, the result packet delivery ratio and goodput better on the distance between nodes 10m than the distance between node 15m to 25m, thus indicating that the goodput affect the traffic services are used. And the average delay results using the technique of multipath routing protocol AODV lower, thus indicating that the alternative pathway suppress buffer traffic delay on the service used.

Keywords – IEEE 802.15.4/Zigbee, AODV single path, AODV multipath, CBR, FTP.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan jaringan nirkabel dalam ruang lingkup personal saat ini semakin meningkat, dikarenakan penggunaan komunikasi yang bersifat nirkabel memiliki banyak kemudahan dan mampu mengatasi keterbatasan jangkauan yang dapat dijangkau pada daerah sulit [1]. Teknologi tersebut adalah ZigBee yang dibangun berlandaskan *Institute of Electrical and Electronics Engineering* (IEEE) dengan standar 802.15.4 yang mendefinisikan *Low Rate Wireless Personal Area Network/LR-WPAN* (transfer data tingkat rendah) sebesar 250 Kbps dengan jarak maksimal 75 m, diperuntukkan terutama pada *very low power consumption* (konsumsi baterai yang sangat sedikit), *low cost* (murah) dimanfaatkan sebagai alat otomasi sensor maupun aplikasi remot kontrol serta diaplikasikan pada *Wireless Sensor Network* (WSN) [2].

Setiap penyampaian suatu data/informasi membutuhkan protokol [3] dengan tujuan untuk mempertahankan kualitas dari proses pengiriman

data/informasi berupa *packet delivery ratio/PDR* (persentase data terkirim) maupun mengurangi *delay* (waktu tunda) [4] serta *throughput* (rata-rata data yang sampai di tujuan) [5]. Secara umum ada dua teknik penerapan protokol *routing* yaitu *single path* (jalur tunggal) dan *multipath* (jalur banyak) yang diaplikasikan pada WSN, dimana *routing* yang diberikan antara *node* sumber ke *node* tujuan berjauhan dan diperuntukkan pada skala besar (skalabilitas) yang dapat berkomunikasi pada jaringan dari 10 node bahkan ratusan node [6].

Analisis kinerja teknik protokol *routing* AODV *single path* berdasarkan variasi konfigurasi topologi *mesh* terhadap jarak antar *node* dan jumlah *node* [7] untuk layanan trafik berbeda seperti CBR dan FTP [4] pada jaringan IEEE 802.15.4/Zigbee telah dilakukan namun belum ada hasil yang dapat diimplementasikan pada teknik protokol *routing* AODV *multipath*. Pada penelitian ini akan menganalisis dan membandingkan kinerja protokol *routing* AODV *single path* dan *multipath* pada jaringan IEEE 802.15.4/Zigbee berdasarkan variasi jarak antar *node* dan jumlah *node* untuk layanan trafik yang berbeda seperti CBR dan FTP.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penelitian ini, digunakan beberapa referensi sumber pustaka yang berasal dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Putra *et al.* (2013) melakukan penelitian tentang kinerja teknik protokol *routing* AODV *singlepath* dan *multipath* pada jaringan Zigbee dipengaruhi oleh *quality of service* (QoS) dengan beberapa parameter yang dianalisis meliputi *throughput*, *packet loss*, *packet delivery ratio* dan *delay* menggunakan layanan trafik FTP berdasarkan variasi jumlah *node*[8]. Hal yang hampir serupa dilakukan Paul *et al.* (2014) yang meneliti tentang kinerja teknik protokol *routing single path* yang bervariasi dan protokol *routing multipath* diantaranya AODV, DSR, DSDV dan AOMDV pada jaringan WSN. Disini teknik protokol *routing* yang akan dinilai dari pengaruh parameter QoS berdasarkan variasi jumlah *node* dengan variasi kecepatan pengiriman menggunakan layanan trafik yang berbeda, meliputi CBR dan TCP[4].

Arpithadan Ramesh (2014) melakukan penelitian tentang kinerja dua teknik protokol *routing single path* diantaranya AODV dan DSDV pada jaringan Zigbee/IEEE802.15.4 berdasarkan jumlah *node* dan variasi topologi yaitu *star*, *cluster tree*, dan *mesh* dengan parameter parameter QoS yang dinilai yaitu *goodput*, *throughput*, *end-to-end delay*[9].

Asriyadi dan Kurnia (2014) melakukan penelitian tentang kinerja dua teknik protokol *routing single path* dengan membandingkan protokol *routing* AODV dan DSR bersasarkan variasi jumlah *node* dan variasi jumlah paket yang dikirim untuk mengetahui kinerja protokol *routing* tersebut pada jaringan IEEE 802.15.4/Zigbee dengan penilaian parameter *rasio paket delivery* (PDR), *delay*, maupun *throughput* terhadap topologi *mesh*[5].

Mauryadan Bawar (2015) melakukan penelitian mengenai dua teknik protokol *routing single path* dengan membandingkan AODV dan DSDV bersasarkan variasi jumlah *node* dan jarak *node* pada jaringan IEEE 802.15.4/Zigbee dengan penilaian kinerja parameter *packet delivery ratio* dan *average throughput* dan *average end to end delay*[7].

III. METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini akan merancang sebuah model teknik protokol *routing* ad hoc on demand distance vector (AODV) *single path* dan *multipath* pada jaringan IEEE 802.15.4/Zigbee dan mensimulasikannya. *Node-node* yang diimplementasikan yaitu *source*, *coordinator*, *router*, dan *destination* [5]. Dimana fungsi dan peranan dari setiap *node* yang disebutkan dalam pengiriman dan menerima paket akan sangat berpengaruh pada hasil yang akan diperoleh, berikut fungsi dari setiap *node* yang dirancang.

1. Source

Untuk memberikan paket data dengan permintaan layanan trafik dari *constant bit rate* dan *file transfer protocol*, yang selanjutnya ukuran paket akan dikirim untuk melayani permintaan layanan trafik dari *constant bit rate* dan *file transfer protocol* ketika melakukan *routing*.

2. Coordinator

Sebagai koordinator atau pengatur semua *node*, agar

terkoneksi dengan baik antar *node* sumber, *node* router, dan *node* destination, serta dapat berkomunikasi untuk melakukan perintah-perintah ketika *node* melakukan *routing*.

3. Router

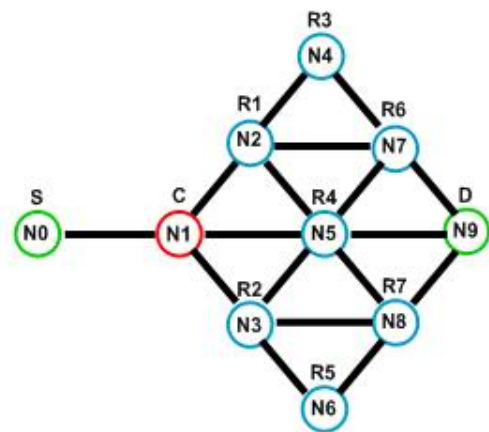
Sebagai penghubung antar *node* source dan *node* destination dalam berkomunikasi, agar paket yang disampaikan *node* source sampai ke *node* destination saat *routing* berlangsung.

4. Destination

Untuk menerima paket yang dikirim dari *node* source melalui *node* router pada saat *routing* berlangsung.

B. Protokol Routing dengan Layanan Trafik CBR dan FTP

Skenario pengujian kinerja protokol *routing* akan dirancang untuk melewati tujuh *node* router pada saat *node* source mengirim paket ke *node* destination sesuai standart Tiphon [10]. Konsep yang digunakan pada jaringan akan digunakan dengan model jarak sama sisi antar setiap *node* dikarenakan dengan penentuan jarak yang sama dinilai lebih efektif [7] seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Bentuk jaringan sama sisi

Routing dimulai dari pengaturan jaringan *node* coordinator untuk menentukan *node* router mana yang aktif pada saat *node* source berkomunikasi menuju *node* destination. Hal ini dilakukan agar komunikasi antara *node* source berkomunikasi menuju *node* destination dengan layanan trafik tidak terputus[5].

C. Rancangan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang terdapat pada Sub Bab I, maka rancangan pengujian dalam penelitian ini menggunakan dua teknik protokol *routing* yaitu AODV *single path* dan *multipath*. Masing-masing metode akan menggunakan lima skenario dengan layanan trafik CBR dan FTP. Dalam pengujian ini hanya menggunakan frekuensi global 2,4 GHz, dengan kinerja yang menggunakan kelas layanan *Unsolicited Grant Service* (UGS) dimana kelas ini mendukung layanan *real time* dan *best effort* (BE) yang tidak mendukung kecepatan data[11].

Setiap skenario yang disimulasikan menggunakan *software* Cygwin, simulasi yang dijalankan berdurasi 100 detik dan data sebesar 50 Kbps sebanyak 1.000 paket[5].

Skenario protokol *routing* dengan teknik protokol *routing* AODV *single path* dan *multipath* divariasikan berdasar jumlah dan jarak antar *node*. Setiap skenario

akan dilakukan pengujian sebanyak 14 kali, dengan pengujian pertama 10m, pengujian kedua 15m, pengujian ketiga 20m, pengujian keempat 25m, pengujian kelima 30m, pengujian keenam 35m, pengujian ketujuh 40m, pengujian kedelapan 45m, pengujian kesembilan 50m, pengujian kesepuluh 55m, pengujian kesebelas 60m, pengujian kedua belas 65m, pengujian ketiga belas 70m, dan pengujian keempat belas 75. Hal ini diperlukan untuk melihat pengaruh yang akan terjadi untuk hasil akhir. Berikut variasi skenario protokol *routing* pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Skenario Protokol *Routing* Untuk Layanan Trafik CBR

| Jarak Antar <i>Node</i> (m) | Jumlah <i>Node</i> | Skenario | Protokol <i>Routing</i> |
|---|--------------------|----------|--|
| 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70 & 75 | 10 | 1 | AODV <i>single path</i> dan <i>multipath</i> |
| | 20 | 2 | |
| | 30 | 3 | |
| | 40 | 4 | |
| | 50 | 5 | |

Tabel 2 Skenario Protokol *Routing* Untuk Layanan Trafik FTP

| Jarak Antar <i>Node</i> (m) | Jumlah <i>Node</i> | Skenario | Protokol <i>Routing</i> |
|---|--------------------|----------|--|
| 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70 & 75 | 10 | 1 | AODV <i>single path</i> dan <i>multipath</i> |
| | 20 | 2 | |
| | 30 | 3 | |
| | 40 | 4 | |
| | 50 | 5 | |

Pengujian ini dilakukan untuk mengukur kinerja jaringan IEEE 802.15.4/Zigbee ketika *routing* terjadi dengan layanan trafik CBR dan FTP. Hasil yang dianalisis yaitu, (1) *packet delivery ratio* (PDR) dalam jaringan IEEE 802.15.4/Zigbee merupakan perbandingan banyaknya jumlah paket yang diterima oleh *node* penerima/tujuan dengan total paket yang dikirimkan dalam suatu periode waktu tertentu [8], perhitungan menggunakan persamaan (1).

$$Packet\ Delivery\ Ratio\ (PDR) = \frac{Total\ Paket\ yang\ diterima}{Total\ Paket\ yang\ dikirim} \times 100\% \quad (1)$$

(2) *average delay* merupakan selang waktu mulai dari paket dikirimkan oleh *node* sumber sampai paket data tersebut berhasil diterima oleh *node* tujuan. *Delay* merupakan faktor penting dalam menentukan kualitas layanan trafik CBR dan FTP. Semakin besar *delay* yang terjadi maka semakin rendah kualitas layanan trafik yang dihasilkan [12]. Perhitungan menggunakan persamaan (2).

$$Average\ Delay = \frac{Total\ delay}{Total\ paket\ diterima} \quad (2)$$

(3) *goodput* kata lain dari good throughput yang merupakan jumlah rata-rata data yang diterima oleh penerima per satuan waktu yang tidak transmisi ulang, berbeda dengan *throughput* yang melakukan transmisi ulang dalam suatu jaringan yang dikirim [13]. Perhitungan menggunakan persamaan (3).

$$Goodput = \frac{Jumlah\ rata-rata\ paket\ yang\ diterima}{Paket\ yang\ dikirim} \times 100\% \quad (3)$$

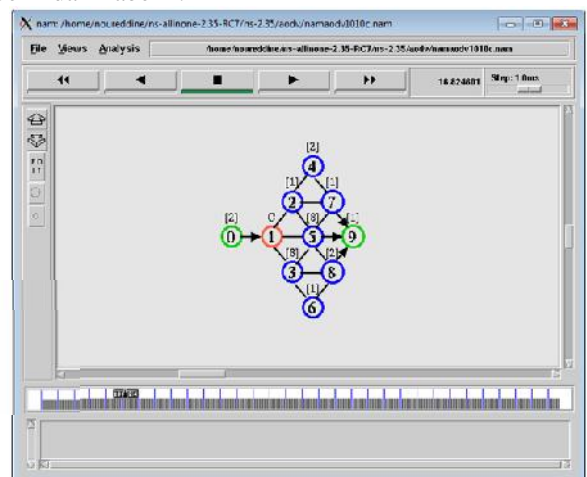
D. Implementasi

Implementasi sistem pada jaringan IEEE 802.15.4/Zigbee yang disimulasikan, secara umum dibagi menjadi dua yaitu konfigurasi pendukung dan konfigurasi *node*. Dimana konfigurasi pendukung akan mendukung *channel*, *propagation*, *network interface type*, *interface queue type*, *antenna*, frekuensi dan transmisi, Mac, dan protokol *routing*. Hal ini sesuai kebutuhan dari sebuah jaringan.

Implementasi *node-node* dalam jaringan yang akan berkomunikasi dalam memberikan layanan bermanfaat untuk memastikan paket data dikirim sesuai permintaan. Dalam berkomunikasi *node source*, *node coordinator*, *node router*, dan *node destination* akan dipisahkan sesuai kategorinya, hal ini berguna saat pengiriman data akan sampai ke tujuan sesuai harapan.

Jarak antar *node* disetiap skenario akan dibedakan dengan perlakuan memvariasikan jarak yang dibutuhkan. Skenario kinerja teknik protokol *routing* AODV *single path* dan *multipath* untuk layanan trafik CBR dan FTP juga divariasikan dengan jumlah *node* yang berbeda untuk memprediksi jangkauan *routing*.

Implementasi yang dilakukan tersebut seperti seperti Gambar 2 berdasarkan jarak antar *node* 10m dan jumlah *node* sebanyak 10 *node* akan dianalisis dengan layanan trafik CBR dan FTP secara terpisah dan selanjutnya akan diuji lagi dengan variasi jarak antar *node* yaitu 15m, 20m, 25m, 30m, 35m, 45m, 50m, 55m, 60m, 65m, 70m, dan 75m sesuai dengan skenario yang telah disebutkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.



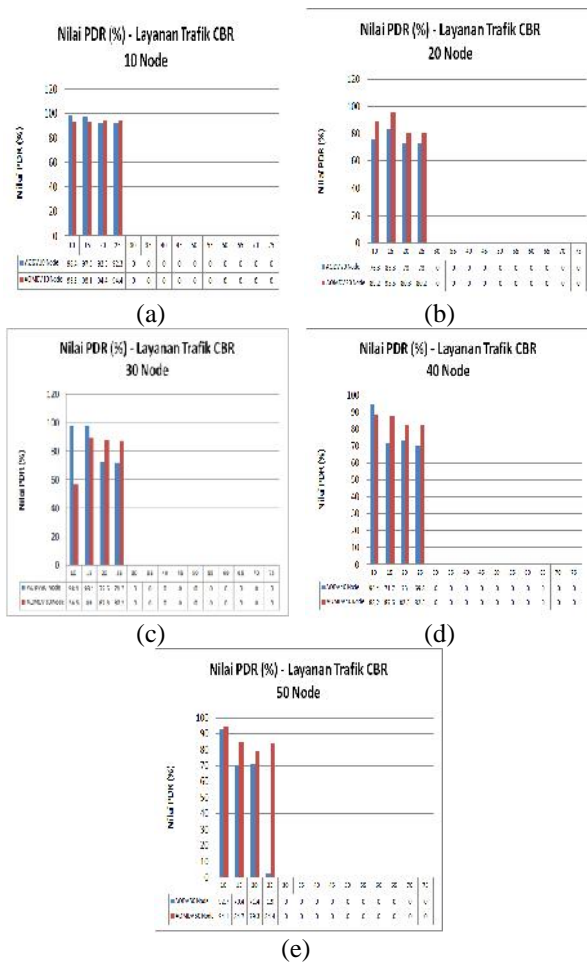
Gambar 2 Implementasi jaringan IEEE 802.15.4/Zigbee

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian *Packet Delivery Ratio*

1. Kinerja untuk layanan trafik CBR

Gambar 3 memperlihatkan nilai *packet delivery ratio* pada jaringan IEEE 802.15.4/Zigbee untuk layanan trafik CBR. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, ketika jarak antar *node* bertambah akan mengalami penurunan nilai *packet delivery ratio*. Hal ini dipengaruhi oleh jangkauan transmisi pada jaringan ketika komunikasi dengan layanan trafik CBR.

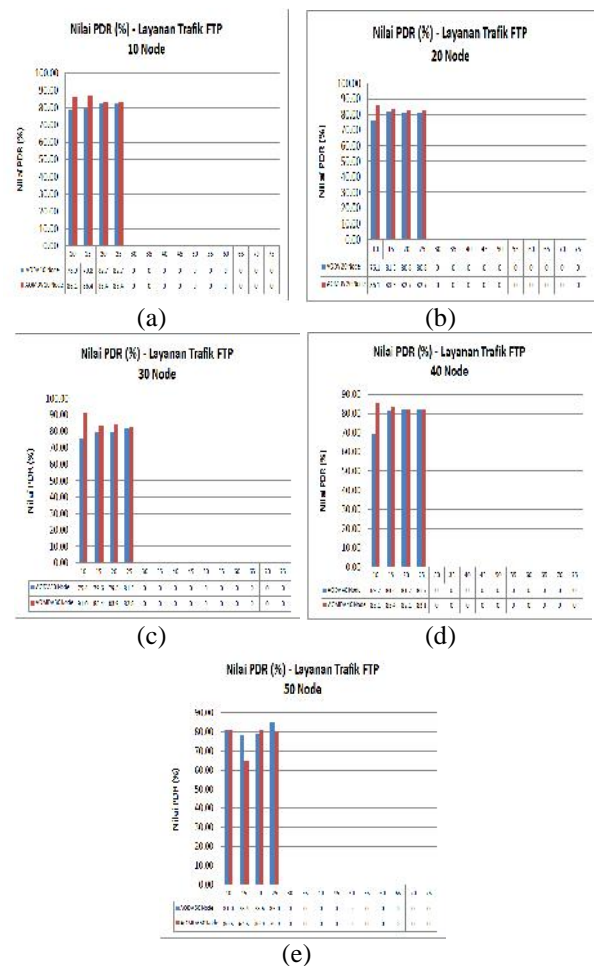


Gambar 3 Skenario 1 *Packet Delivery Ratio* untuk Layanan CBR: a) 10 node; b) 20 node; c) 30 node; d) 40 node; e) 50 node

Dengan pengujian 100 detik didapat hasil pada setiap nilai yang bervariasi dalam rentang indeks ke-3 masuk dalam kategori 86%-97% dan ke-4 masuk dalam rentang 98%-100%. Besaran tertinggi terjadi pada skenario pertama yaitu 98,4% seperti Gambar 3a. Besaran paket yang dikirim akan mendapat kualitas tinggi dan didukung kelas service yang sangat baik untuk layanan trafik *real-time*, sehingga pengiriman trafi berdasarkan jarak antar *node* dan jumlah *node* sangat mempengaruhi kualitas *packet delivery ratio*.

2. Kinerja untuk layanan trafik FTP

Kinerja jaringan IEEE 802.15.4/Zigbee ketika mengirimkan paket saat berkomunikasi untuk layanan trafik FTP mempengaruhi nilai *packet delivery ratio* seperti Gambar 4. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, memperlihatkan penambahan dan penurunan kinerja *packet delivery ratio* kurang mempengaruhi kinerja ketika jarak antar *node* dan jumlah *node* bertambah disebabkan pada layanan trafik ini level service yang disediakan tidak menjamin data rate yang dihasilkan. Oleh karena itu yang berperan adalah kinerja dari protokol *routing* dalam menyediakan jalur ketika berkomunikasi.



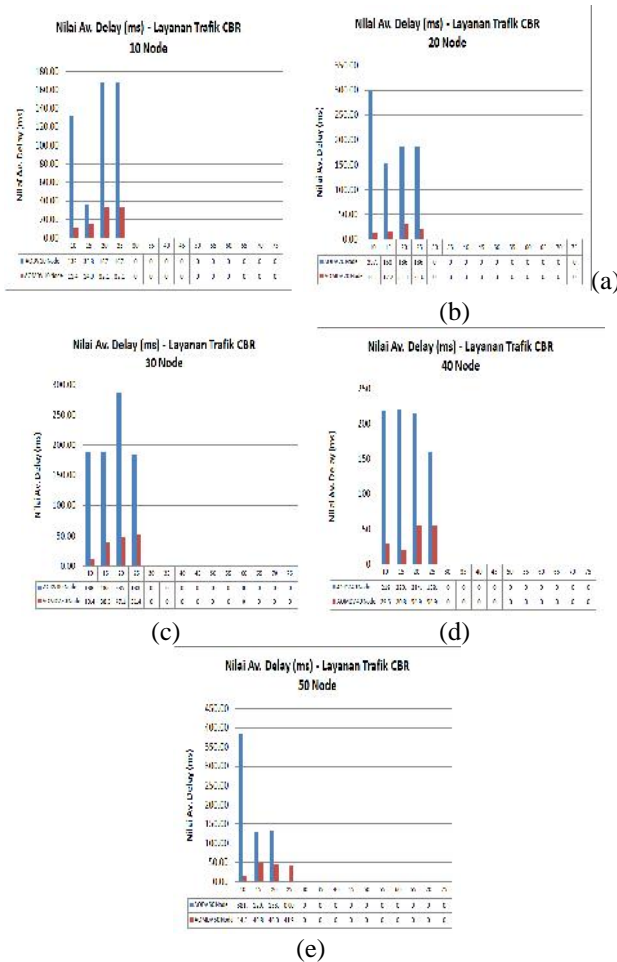
Gambar 4 Skenario 2 *Packet Delivery Ratio* untuk Layanan FTP: a) 10 node; b) 20 node; c) 30 node; d) 40 node; e) 50 node

Dengan pengujian yang dilakukan hasil yang didapat dengan rekomendasi Tiphon [8]. Gambar 4 menunjukkan layanan trafik FTP lebih didominasi dari kinerja protokol *routing* disebabkan *service* yang diberikan oleh layanan trafik tersebut tidak menjamin *rate* pada setiap nilai yang bervariasi dalam rentang indeks ke-3 dan masuk dalam kategori 86%-97%. Nilai PDR terbaik diantara kedua kinerja teknik protokol *routing* AODV *single path* dan *multipath* untuk layanan trafik FTP adalah teknik protokol *routing* AODV *multipath*. Terbukti dengan hasil pengujian yang serupa dengan penelitian ini. Dan nilai terbaik pada teknik protokol *routing* tersebut pada jumlah *node* 30 dan jarak antar *node* 10m dengan nilai 91,04%.

B. Pengujian Average Delay

1. Kinerja untuk layanan trafik CBR

Gambar 5 memperlihatkan nilai *average delay* pada jaringan IEEE 802.15.4/Zigbee untuk layanan trafik CBR. Pada layanan trafik CBR dikategorikan pada *unsolicited grant service* (UGS), sehingga untuk layanan trafik tersebut mengutamakan pengiriman *real time* dan menjamin kebutuhan *delay*. Oleh karena itu penggunaan teknik protokol *routing* AODV *multipath* lebih cenderung dipilih dari pada menggunakan teknik protokol *routing* AODV *single path*.



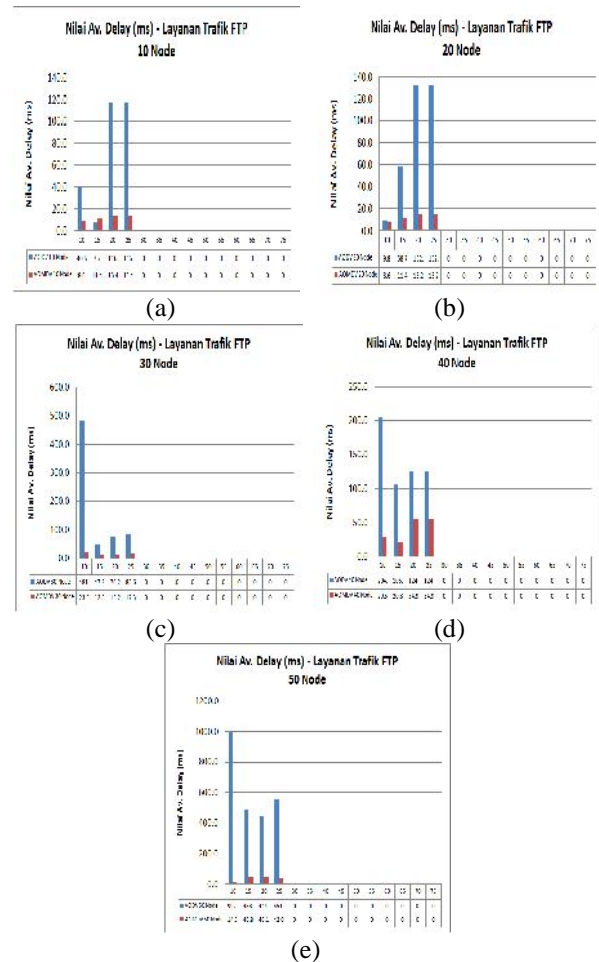
Gambar 5 Skenario 1 Average Delay untuk Layanan CBR: a) 10 node; b) 20 node; c) 30 node; d) 40 node; e) 50 node

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan seperti Gambar 5, penilaian kinerja *average delay* menunjukkan pengaruh jarak dan jumlah *node* kurang mempengaruhi kinerja, akan tetapi lebih ditentukan dari penyediaan jalur *routing* yang diberikan oleh teknik protokol *routing*. Terbukti dengan hasil pengujian *average delay* dengan penelitian ini. Dan nilai terbaik pada teknik protokol *routing* tersebut pada jumlah *node* 30 dan jarak antar *node* 10m dengan nilai 10,47 *milisecon*.

2. Kinerja untuk layanan trafik FTP

Gambar 6 memperlihatkan nilai *average delay* pada jaringan IEEE 802.15.4/Zigbee untuk layanan trafik FTP. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, ketika jarak antar *node* bertambah akan mengalami penurunan nilai *average delay*. Hal ini dipengaruhi oleh jangkauan transmisi pada jaringan ketika komunikasi dengan layanan trafik FTP.

Pada layanan trafik FTP dikategorikan pada *best effort* (BE), sehingga untuk layanan trafik tersebut tidak mengutamakan kecepatan data dan tidak adanya jaminan menjamin kebutuhan *delay*. Oleh karena itu penggunaan teknik protokol *routing* AODV *multipath* lebih cenderung dipilih dari pada menggunakan teknik protokol *routing* AODV *single path*.



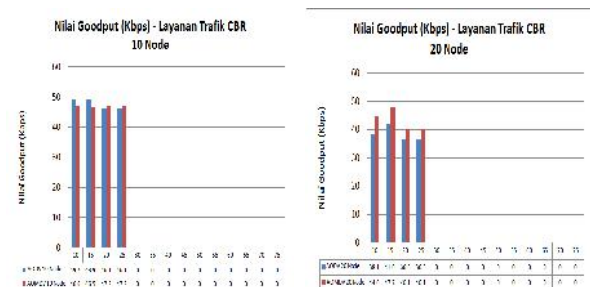
Gambar 6 Skenario 2 Average Delay untuk Layanan FTP: a) 10 node; b) 20 node; c) 30 node; d) 40 node; e) 50 node

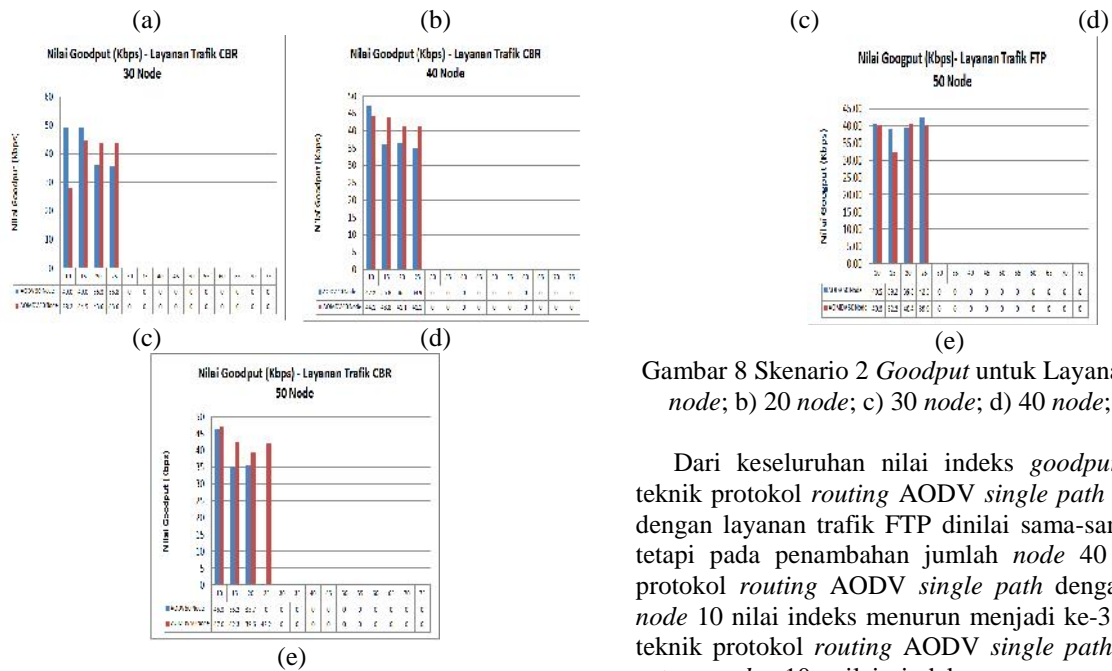
Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan seperti Gambar 6, penilaian kinerja *average delay* menunjukkan pengaruh jarak dan jumlah *node* maupun layanan trafik kurang mempengaruhi kinerja, akan tetapi lebih ditentukan dari penyediaan jalur *routing* yang diberikan oleh teknik protokol *routing*. Dan nilai terbaik pada teknik protokol *routing* tersebut pada jumlah *node* 20 dan jarak antar *node* 10m dengan nilai 8,6 *milisecon*.

C. Pengujian Goodput

1. Kinerja untuk layanan trafik CBR

Gambar 7 memperlihatkan nilai *goodput* pada jaringan IEEE 802.15.4/Zigbee untuk layanan trafik CBR. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, ketika jarak antar *node* bertambah akan mengalami penurunan nilai *goodput*. Hal ini dipengaruhi oleh jangkauan transmisi pada jaringan ketika komunikasi dengan layanan trafik CBR.



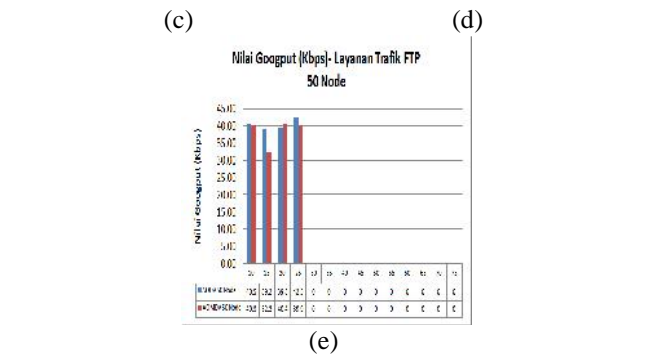
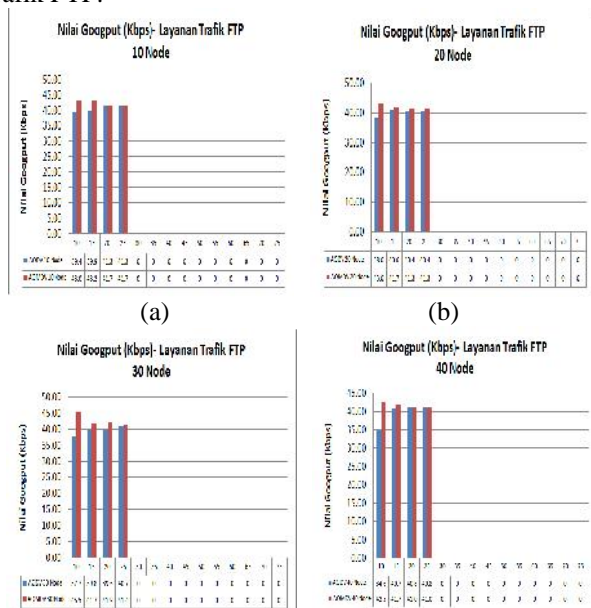


Gambar 7 Skenario 1 Goodput untuk Layanan CBR: a) 10 node; b) 20 node; c) 30 node; d) 40 node; e) 50 node

Dan untuk keseluruhan nilai indeks *goodput* terbaik adalah teknik protokol *routing* AODV *single path* dengan layanan trafik CBR disebabkan hasil kategori nilai indeks yang didapatkan adalah 4 pada setiap pengujian jumlah *node*. Lain halnya dengan teknik protokol *routing* AODV *single path* pada layanan trafik tersebut cenderung semakin bertambahnya jumlah *node* dan jarak antar *node* maka kinerjanya semakin menurun. Dan nilai terbaik pada teknik protokol *routing* tersebut pada jumlah *node* 30 dan jarak antar *node* 10m dengan nilai 10,47 *milisecon*.

2. Kinerja untuk layanan trafik FTP

Gambar 8 memperlihatkan nilai *goodput* pada jaringan IEEE 802.15.4/Zigbee untuk layanan trafik FTP. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, ketika jarak antar *node* bertambah akan mengalami penurunan nilai *goodput*. Hal ini dipengaruhi oleh jangkauan transmisi pada jaringan ketika komunikasi dengan layanan trafik FTP.



Gambar 8 Skenario 2 Goodput untuk Layanan FTP: a) 10 node; b) 20 node; c) 30 node; d) 40 node; e) 50 node

Dari keseluruhan nilai indeks *goodput* pada kedua teknik protokol *routing* AODV *single path* dan *multipath* dengan layanan trafik FTP dinilai sama-sama baik, akan tetapi pada penambahan jumlah *node* 40 untuk teknik protokol *routing* AODV *single path* dengan jarak antar *node* 10 nilai indeks menurun menjadi ke-3 dan 50 untuk teknik protokol *routing* AODV *single path* dengan jarak antar *node* 10 nilai indeks menurun menjadi ke-3 disebabkan pengaruh beban paket pengiriman dan kinerja teknik protokol *routing* tersebut tidak sensitif terhadap parameter *goodput*. Dan nilai terbaik pada teknik protokol *routing* tersebut pada jumlah *node* 30 dan jarak antar *node* 10m dengan nilai 10,47 *milisecon*.

V. PENUTUP

Dari penelitian yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian kinerja protokol *routing* dengan dua skenario menggunakan teknik protokol *routing* AODV *single path* dan *multipath* menunjukkan perbedaan nilai *packet delivery ratio* signifikan untuk semua variasi jarak antar *node* untuk layanan trafik CBR dengan jarak antar *node* 10m nilai *packet delivery ratio* lebih besar dibandingkan penambahan jarak antar *node* 15m, 20m, dan 25m. Lain halnya untuk layanan trafik FTP pada teknik protokol *routing* AODV *single path* dan *multipath* dari hasil kinerja nilai yang dihasilkan dengan jarak antar *node* 10m nilai *packet delivery ratio* lebih besar dibandingkan penambahan jarak antar *node* 15m, 20m, dan 25m dan nilai *packet delivery ratio* berbanding terbalik dengan protokol *routing* AODV *multipath*. Sedangkan kualitas *packet delivery ratio* lebih buruk saat jarak antar *node* 30m sampai 75m pada kedua teknik protokol *routing*, hal ini disebabkan oleh jangkauan transmisi dari *node* sumber tidak dapat dijangkau sampai *node* tujuan dalam jaringan.
2. Pengujian *average delay*, menunjukkan kinerja protokol *routing* AODV *multipath* untuk layanan trafik CBR dan FTP untuk jarak antara *node* 10m sampai 25m pada kelima skenario paling kecil dibandingkan kinerja protokol *routing* AODV *single path*. Hal tersebut menunjukkan adanya jalur alternatif dapat menekan terjadinya *buffer delay*.
3. Nilai *goodput* dalam pengujian ini pada kedua kinerja teknik protokol *routing* dalam kategori baik berdasarkan standar indeks untuk layanan trafik CBR maupun FTP yang diizinkan oleh Tiphon. Dan masing-

masing nilai terbesar yaitu 49,2 Kbps (protokol *routing* AODV *single path*) untuk layanan trafik CBR dan 45,52 (protokol *routing* AODV *multipath*) untuk layanan trafik FTP. Berdasarkan hasil pengujian *goodput* nilai yang diperoleh tidak bisa dijadikan acuan karena *rate* tidak dijamin terhadap layanan trafik trafik FTP yang digunakan.

Adapun saran dari penelitian yang dilakukan untuk penelitian berikutnya:

1. Penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan secara *real* (nyata), dengan variasi jarak antar *node* yang berbeda serta fokus bagaimana memberikan kinerja yang terbaik. Serta menggunakan jenis layanan trafik yang berbeda sehingga dapat dibandingkan kinerja antar protokol *routing*.
2. Perlu penelitian lebih lanjut terhadap penggunaan standar *coding* yang disesuaikan dengan jaringan IEEE 802.15.4/Zigbee.

aspects of Quality of Service (QoS), 1999, *DTR/TIPHON-05006* (cb0010cs.PDF).

- [11] Alshomrani, S., Qamar, S., Jan, S., Khan, I., Shah, I., A, 2012. "QoS of VOIP over WiMax Access Network", *International Journal of Computer Science and Telecommunications*, vol. 3, no. 4, pp. 92-98.
- [12] Kembuan, O., 2012. Analisis Kinerja *Reactive Routing Protocol* Dalam *Mobile Ad-Hoc Network* (Manet) Menggunakan Ns-2 (*Network Simulator*). Tesis. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- [13] Cheung, S. Y., *TCP Throughput*, www.mathcs.emory.edu/~cheung/Courses/558/Syllabus/A4-TCP-Sim/TCP-Throughput.html, (diakses: January 2, 2016)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wahyudi, E., Hidayat, R., dan Sumaryono, S., 2012. Unjukkerja Standar ZigBee pada WPAN dengan Topologi Mesh. JNTETI, Vol 1, No. 2, ISSN 2301-4156.
- [2] Ergen, S. C., ZigBee/IEEE 802.15.4 Summary, <http://users.ece.utexas.edu/~valvano/EE345L/Labs/Fall2011/Zigbeeinfo.pdf>, (diakses: January 9, 2016)
- [3] Joni, K., Hidayat, R., dan Sumaryono, S., 2012. Pengujian Protokol IEEE 802.15.4 / Zigbee di Lingkungan *Outdoor*. Seminar Nasional Informatika (SEMNASIF), UPN Yogyakarta, ISSN: 1979-2328.
- [4] Paul, B., Bhuiyan, K. A., Fatema, K. dan Das, P. P., 2014. *Analysis of AOMDV, AODV, DSR and DSDV Routing Protocols for Wireless Sensor Network*. *Sixth International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks Analysis* (IEEE).
- [5] Asriyadi dan Kurnia, R., 2014. Unjuk Kerja Protokol Zigbee Pada WSN. *Elektronik Journal Teknik Elektro ITP*. Vol 3, No. 1, ISSN 2252-3472.
- [6] Sha, K., Gehlot, J., dan Greve, R., 2013. *Multipath Routing Techniques In Wireless Sensor Networks: A Survey*. Springer, Vol. 70, *Issue 2*, pp 807-829.
- [7] Maurya, S. dan Bawar, N. C., 2015. *Performance Evaluation of AODV and DSDV Routing Protocol over Zigbee Network for Different Topologies under CBR Traffic Pattern*, *International Journal of Computer Applications* (0975 – 8887).
- [8] Putra, H. T. W., Sukiswo dan Santoso, I., 2013. Kinerja Routing AODV dan AOMDV Pada Jaringan WPAN 802.15.4 Zigbee Dengan Topologi Mesh. *Transient*, Vol.2, No. 1, maret 2013, ISSN: 2302-9927.
- [9] Arpitha, E. M. dan Ramesh T. M., 2014. *Performance Analysis of Low Rate WPAN Topologies*, *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering* (IEEE), Vol. 2, *Issue 5*, ISSN (online): 2320-9801 dan ISSN (Print): 2320-9798.
- [10] Tiphon, "Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network (TIPHON) General

