

## EVALUASI KINERJA WIRELESS BODY AREA NETWORK PADA MEDIA TRANSMISI ZIGBEE DAN WLAN

Dimas Farras Habibie

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail : dimashabibie@mhs.unesa.ac.id

Eppy Yundra S.Pd., M.T,Ph.D

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail : eppyundra@unesa.ac.id

### Abstrak

Perkembangan teknologi nirkabel ditandai dengan banyaknya permintaan masyarakat akan perangkat yang dapat mengakses data dan terkoneksi dengan jaringan internet dimanapun berada pada sebuah perangkat seperti laptop dan ponsel. Protokol IEEE 802.15.4 mampu menangani kelemahan yang terdapat dalam teknologi nirkabel sebelumnya, yaitu *Bluetooth* yang memiliki keterbatasan pada jarak jangkauan yang hanya 10 meter, sedangkan IEEE 802.15.4 mampu melewati jarak jangkauan maksimal hingga 30 meter. Efisiensi dalam pengelolaan jaringan nirkabel menjadi hal yang penting di dalam pengembangan jaringan. Untuk mengetahui perilaku dan kinerja jaringan nirkabel dapat dilakukan dengan cara pemodelan dan simulasi berdasarkan spesifikasi dan parameter dari komponen – komponen yang menyusun jaringan tersebut. Pemodelan dan simulasi merupakan metode terapan dan eksperimen yang bertujuan untuk menggambarkan perilaku sistem dan memprediksikan perilaku di masa depan dikarenakan ada perubahan didalam sistem. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja jaringan *Wireless Body Area Network* pada media transmisi *Zigbee* dan WLAN dengan melihat beberapa parameter kualitas layanan jaringan seperti *throughput*, *packet loss*, dan *end-to-end delay* melalui pemodelan dan simulasi.

Kata kunci : WLAN, *Zigbee*, *Throughput*, *Packet loss*, *End to end delay*

### Abstract

The development of wireless technology characterized by the number of the public demand for devices that can access the data and connected to the internet anywhere on a device such as a laptop and a mobile phone. IEEE 802.15.4 protocol is able to handle the weaknesses in wireless technology before, that *Bluetooth* has limitations on the range of only 10 meters, while the IEEE 802.15.4 standard is able to pass through range up to 30 meters. Efficiency in the management of the wireless network has become very important in the development of the network. To determine the behavior and performance of the wireless network can be done by modeling and simulation based on the specifications and parameters of the components composing the network. Modeling and simulation is the method applied and the experiments that aim to describe the behavior of the system and predicting behavior in the future because there are changes in the system. The purpose of this study is to determine the network performance of *Wireless Body Area Network* the transmission media of *Zigbee* and WLAN to view some of the quality parameters a network service such as *throughput*, *packet loss*, and *end-to-end delay* through modeling and simulation.

Keywords : WLAN, *Zigbee*, *Throughput*, *Packet loss*, *End to end delay*

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi nirkabel ditandai dengan banyaknya permintaan masyarakat akan perangkat yang dapat mengakses data dan terkoneksi dengan jaringan internet dimanapun berada pada sebuah perangkat seperti laptop dan ponsel. Protokol IEEE 802.15.4 mampu menangani kelemahan yang terdapat dalam teknologi nirkabel sebelumnya, yaitu *Bluetooth* yang memiliki keterbatasan pada jarak jangkauan yang hanya 10 meter, sedangkan IEEE 802.15.4 mampu melewati jarak jangkauan maksimal hingga 30 meter.

Protokol IEEE 802.15.4 beroperasi pada 3 *band* frekuensi, yaitu 868 MHz untuk daerah Eropa, 915 MHz untuk daerah Amerika dan 2400 MHz untuk daerah lainnya diseluruh dunia. Semakin rendah frekuensi yang

digunakan maka akan semakin baik, karena sinyal yang dihasilkan mampu beroperasi pada ruangan yang memiliki penghalang seperti dinding atau benda padat lainnya. Oleh karena itu, protokol IEEE 802.15.4 sering dimanfaatkan bersamaan dengan *Wireless Sensor Network* (WSN) sebagai pemantau dan pengontrol lingkungan sekitar (Yetty. 2015).

*Wireless Sensor Network* merupakan kumpulan *node* dengan ukuran yang *compact*, relatif murah dan berguna untuk mengamati kondisi lingkungan sekitar atau parameter lainnya. Data yang diperoleh dikirim dalam bentuk informasi ke sentral untuk diolah. *Node Wireless Sensor Network* dapat mengidentifikasi keadaan lingkungan, dapat berkomunikasi dengan *node*

tetangga, dan dalam banyak kasus dapat melakukan perhitungan dasar pada data yang dikumpulkan (Firdaus. 2014).

*Wireless* LAN biasa digunakan dalam lingkup kerja dimana para *user* selalu *mobile* dan tidak statis. *Wireless* LAN yang selanjutnya disebut WLAN menggunakan frekuensi 2.4 GHz yang lebih dikenal dengan *ISM Band* (Industrial, Scientific, Medical) yang dialokasikan oleh sebuah badan komunikasi dunia untuk keperluan industri, sains, dan kesehatan yaitu FCC (*Federal Communication Commission*). Frekuensi 2.4 GHz dialokasikan untuk 3 kegunaan tersebut secara bebas dengan syarat tidak boleh menggunakan pemancar berdaya tinggi. Standarisasi WLAN sendiri terdiri dari berbagai jenis antara lain 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n dengan berbagai perbedaan dari segi maksimum *transfer rate*, jangkauan, dll.

Efisiensi dalam pengelolaan jaringan nirkabel menjadi hal yang penting di dalam pengembangan dan pembangunan infrastruktur jaringan. Untuk mengetahui perilaku dan kinerja jaringan nirkabel dapat dilakukan dengan cara pemodelan dan simulasi berdasarkan spesifikasi dan parameter dari komponen – komponen yang menyusun jaringan tersebut. Pemodelan dan simulasi merupakan metode terapan dan eksperimen yang bertujuan untuk menggambarkan perilaku sistem dan memprediksikan perilaku di masa depan dikarenakan ada perubahan didalam sistem. (Helmy Fitriawan. 2013). Penelitian yang dilakukan oleh Helmy Fitriawan yang berjudul “Simulasi Kinerja Jaringan Nirkabel IEEE 802.11a dan IEEE 802.11g menggunakan NS2” membahas tentang kinerja jaringan nirkabel dengan beberapa parameter seperti *throughput*, *packet loss* dan *end to end delay* melalui pemodelan dan simulasi menggunakan NS2. Jadi berdasarkan penelitian sebelumnya penulis ingin melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui kinerja jaringan *wireless body area network* pada *Zigbee* dan WLAN dengan melihat beberapa parameter kualitas layanan jaringan seperti *throughput*, *packet loss* dan *end to end delay* melalui pemodelan dan simulasi.

**KAJIAN PUSTAKA**

**Wireless Sensor Network (WSN)**

Secara umum WSN (*Wireless Sensor Area Network*) adalah salah satu jenis dari jaringan *wireless* (nirkabel) terdistribusi, yang memanfaatkan teknologi *Embedded System* (sistem benam) dan seperangkat *node* sensor, untuk melakukan proses sensor, monitoring, pengiriman data, dan penyajian informasi ke pengguna melalui komunikasi di internet. Arsitektur *wireless sensor network* terdiri atas sekumpulan *node* sensor, jaringan komputer, dan server. Pada WSN, *node* sensor disebar dengan tujuan untuk menangkap adanya gejala atau fenomena yang hendak diteliti. Jumlah *node* yang disebar dapat ditentukan sesuai kebutuhan dan tergantung beberapa faktor misalnya luas area, kemampuan *sensing node*, dan sebagainya. Tiap *node* dalam WSN dapat melakukan pemantauan lingkungan terbuka secara langsung dengan memanfaatkan beberapa macam sensor (Tony Firmandes. 2013).

**Wireless Body Area Network (WBAN)**

BAN (*Body Area Network*) adalah sebuah jaringan yang terdiri dari *node* heterogen yang dapat merasakan, menggerakkan, melakukan perhitungan, dan berkomunikasi antara satu dengan yang lain melalui kanal nirkabel. Konsep kedua pada implementasi WSN (*Wireless Sensor Network*) adalah WBAN (*Wireless Body Area Network*) atau disebut juga dengan BSN (*Body Sensor Network*). Konsep teknologi WBAN ini merupakan bentuk implementasi WSN (*Wireless Sensor Network*) pada bidang kesehatan (*E-Health* atau *Smart Health* pada *Smart City*), di mana sebuah perangkat berupa pakaian siap pakai atau perangkat yang dipasangkan pada tubuh manusia (pasien), memuat sejumlah *node* sensor didalamnya, yang bertugas melakukan pemindaian objek (suhu tubuh, tekanan darah, detak jantung, dan sebagainya) (Pradini Puspitaningayu. 2018).

**Network Simulator 2**

*Network Simulator* merupakan salah satu perangkat lunak atau *software* yang dapat menampilkan secara simulasi proses komunikasi dan bagaimana proses komunikasi tersebut berlangsung. *Network Simulator* melayani simulasi untuk komunikasi dengan kabel dan komunikasi *wireless* (Tony Rachmanto. 2012).

**Throughput**

*Throughput* adalah kecepatan (*rate*) transfer data efektif yang diukur dalam bps (*bit per second*). Pengukuran *throughput* dilakukan dengan mengukur sejumlah data yang diterima dari sumber ke tujuan dibandingkan dengan waktu tempuh dalam waktu satuan tertentu.

$$\text{rata - rata throughput} = \frac{\text{jumlah paket}}{\text{waktu total}} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{throughput (\%)} = \frac{\text{throughput rata-rata}}{\text{throughput maximum}} \times 100\% \dots\dots (2)$$

**Packet Loss**

*Packet loss* adalah persentase paket yang hilang selama mentransmisikan data. Hal ini disebabkan oleh banyak faktor seperti penurunan sinyal dalam media jaringan, kesalahan perangkat keras jaringan, atau juga radiasi dari lingkungan sekitar.

$$\text{Packet Loss} = \frac{\text{data dikirim-paket diterima}}{\text{paket data dikirim}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

**End to End Delay**

*End to end delay* adalah waktu yang diperlukan oleh suatu paket data yang berasal dari *node* sumber hingga mencapai *node* tujuan. *End to end delay* secara tidak langsung berhubungan dengan kecepatan transfer data suatu jaringan.

$$e2edelay = d_{\text{trans}} \dots\dots\dots (4)$$

**Zigbee**

Secara umum prinsip kerja dari *zigbee* memanfaatkan kelebihan *physical* radio dari standar IEEE 802.15.4.

Kemudian ditambahkan dengan jaringan logika, keamanan dan aplikasi perangkat lunak. Protokol yang digunakan pada *zigbee* adalah gabungan antara protokol IEEE 802.15.4 dengan protokol aliansi *zigbee*. *Zigbee* memiliki kecepatan maksimal 250 kbps, *Zigbee* juga memiliki kelebihan pada pengoperasiannya yang sangat mudah, bentuknya kecil, murah dan membutuhkan daya yang sangat rendah (*low power consumption*) dibandingkan dengan keluarganya yang lain seperti *Bluetooth* dan UWB (Galuh Dhatuningtyas. 2017).

### WLAN

*Wireless LAN* adalah suatu jaringan nirkabel yang menggunakan frekuensi radio untuk komunikasi antara perangkat computer dan akhirnya titik akses yang merupakan dasar dari *transceiver* radio dua arah yang tipikalnya bekerja di *bandwidth* 2,4 GHz (802.11b, 802.11g) atau 5 GHz (802.11a). Standar *wireless* dan keandalan transfer data menurut versinya seperti (*Wireless Fidelity*), 802.11a (WLAN5), dan 802.11. ketiga standar tersebut biasa di singkat 802.11a/b/g. Versi *Wireless LAN* 802.11b memiliki kemampuan transfer data kecepatan tinggi hingga 11 Mbps pada frekuensi 2,4 Ghz. Versi berikutnya 802.11a, untuk transfer data kecepatan tinggi hingga 54 Mbps pada frekuensi 5 Ghz. Sedangkan 802.11g berkecepatan 54 Mbps dengan frekuensi 2,4 Ghz (Sukadarmika. 2010).

### Metode Penelitian

Pada pendekatan penelitian ini adalah riset perbandingan matriks kinerja antara media transmisi Zigbee dan WLAN. Pada penelitian ini menggunakan software Network Simulator 2 sebagai program pendukung riset dan pembuatan simulasi dengan membandingkan matriks kinerja yang diambil adalah *throughput*, *packet loss* dan *end to end delay*.

Jenis penelitian ini termasuk jenis penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif banyak digunakan untuk menguji suatu teori, untuk menyajikan suatu fakta atau mendeskripsikan statistic, untuk menunjukkan hubungan antar variabel.

### Deskripsi Data

Pada penelitian ini terdapat 2 macam data hasil yaitu hasil perhitungan *real* dan simulasi dalam bentuk grafik dan hasil uji pengiriman data *real* dengan jarak jangkauan. Dari 2 macam data hasil terdapat hasil sebagai analisa hasil, yaitu :

1. Data *real* berupa data sensor *accelerometer* dan *gyroscope* dengan media transmisi WLAN.
2. Data hasil simulasi tersedia dalam bentuk *notepad file*. Hasil *compile* data juga bisa dilihat di *terminal*.

### Deskripsi Program

Tahap – tahap membangun simulasi untuk membangun sebuah simulasi jaringan digunakan beberapa langkah penulisan program yang disusun dalam Bahasa TCL sebagai berikut :

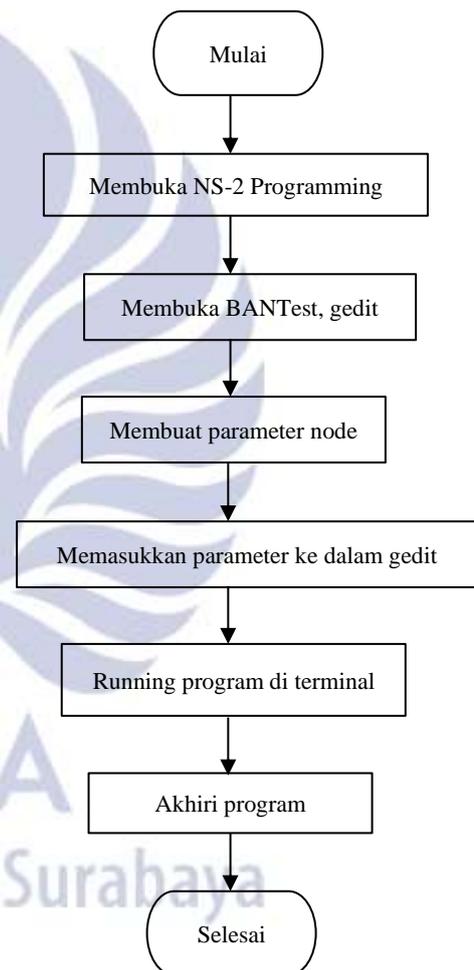
1. Membuat objek simulator
2. Melakukan setting nam dan tracing
3. Menambahkan node

4. Melakukan setting attribute node
5. Menambahkan link antar node
6. Melakukan setting attribute link
7. Menambahkan agent pada node
8. Menambahkan traffic pada agent
9. Melakukan setting parameter trafik
10. Melakukan setting event scheduling
11. Menjalankan simulasi

### Hasil Penelitian

#### Perancangan dan pengujian program simulasi

Sistem simulasi jaringan memerlukan perencanaan yang tepat agar uji coba yang dibuat *Network Simulator 2* dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan dan mewakili sebenarnya. Pada gambar 1 pembuatan program di *network simulator* menggunakan *network simulator 2*.



Gambar 1 Perancangan Sistem

#### Deskripsi diagram alir

1. Pada tahap permulaan sebelum merancang terlebih dahulu mempersiapkan alat dan bahan, kemudian mengetahui dari alat tersebut terdapat bahan sebagai data hasil simulasi yaitu terdapat program simulasi yang bernama *network simulator*.
2. Mempersiapkan program untuk merancang simulasi yaitu *network simulator*. File yang dipersiapkan untuk melakukan modifikasi untuk keperluan lokalisasi pada NS-2.

3. Membuka aplikasi BANTest dan gedit untuk membuat parameter node dan memasukkan parameter simulasi.
4. Pada tahap akhir ini setelah membuat parameter maka hasil yang di dapatkan pada program simulasi adalah bentuk grafik.

**Hasil Pengujian Jarak**

Berikut hasil pengiriman data *real* berdasarkan jarak tertentu. Seperti di Tabel 1

Tabel 1. Pengiriman Data Berdasarkan Jarak

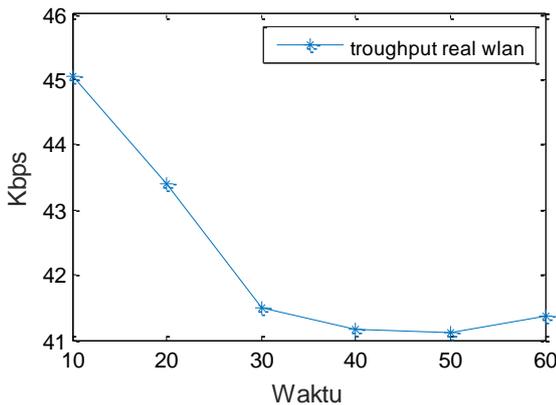
No	Jarak	Pengiriman Data	Koneksi
1.	10 Meter	Data terkirim	Berhasil
2.	20 Meter	Data terkirim	Berhasil
3.	30 Meter	Data terkirim	Berhasil
4.	40 Meter	Data terkirim	Berhasil
5.	50 Meter	Data terkirim	Berhasil
6.	60 Meter	Data tidak terkirim	Tidak berhasil

Pada tabel 1 di atas ini merupakan pengambilan data berdasarkan jarak hingga 50meter tanpa sebuah penghalang saat pengiriman data. Pada jarak 60meter *device* terdeteksi tapi tidak dapat terhubung.

**Hasil Pengujian Data Real dan Simulasi**

**Matriks Kinerja *Throughput Real* WLAN**

Simulasi dengan media transmisi WLAN pada pengukuran *real* ini digunakan untuk mengetahui bagaimana hasil dari kinerja *throughput* yang telah diteliti.

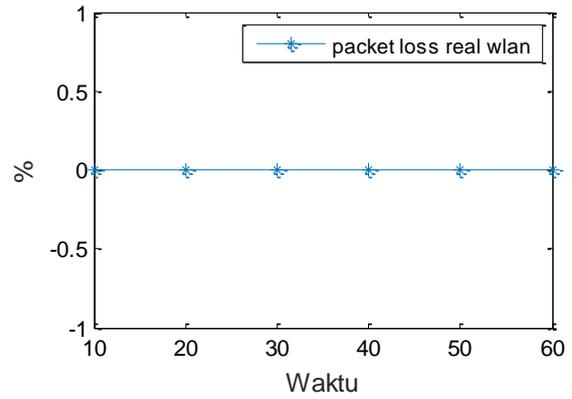


Gambar 2 Grafik *Throughput Real* WLAN

Gambar 2 menunjukkan hasil dari kinerja *throughput* dengan perhitungan manual. Waktu pengambilan data diatas dibagi beberapa waktu, yaitu : 10s, 20s, 30s, 40s, 50s, 60s. Hasil rata – rata dari grafik diatas adalah 42,6 Kbps.

**Matriks Kinerja *Packet loss Real* WLAN**

Simulasi dengan media transmisi WLAN pada pengukuran *real* ini digunakan untuk mengetahui bagaimana hasil dari kinerja *packet loss* yang telah diteliti.

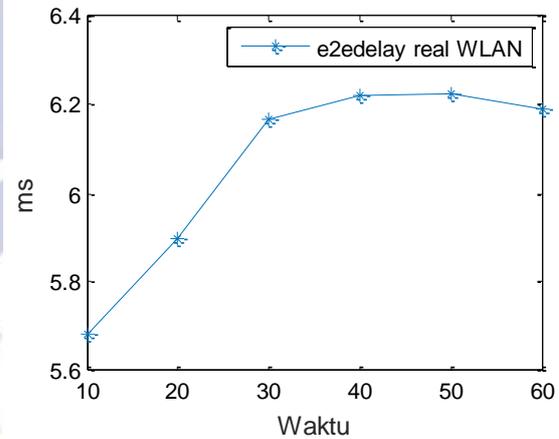


Gambar 3 Grafik *Packet loss Real* WLAN

Gambar 3 menunjukkan hasil dari kinerja *packet loss* dengan perhitungan manual. Hasil rata – rata dari grafik diatas adalah 0%. Waktu pengambilan data diatas dibagi beberapa waktu, yaitu : 10s, 20s, 30s, 40s, 50s, 60s. Data diatas menunjukkan di angka 0 semua, dikarenakan pada waktu pengambilan data, data yang diterima sama persis dengan data yang dikirim.

**Matriks Kinerja *E2edelay Real* WLAN**

Simulasi dengan media transmisi WLAN pada pengukuran *real* ini digunakan untuk mengetahui bagaimana hasil dari kinerja *e2edelay* yang telah diteliti.



Gambar 4 Grafik *E2edelay Real* WLAN

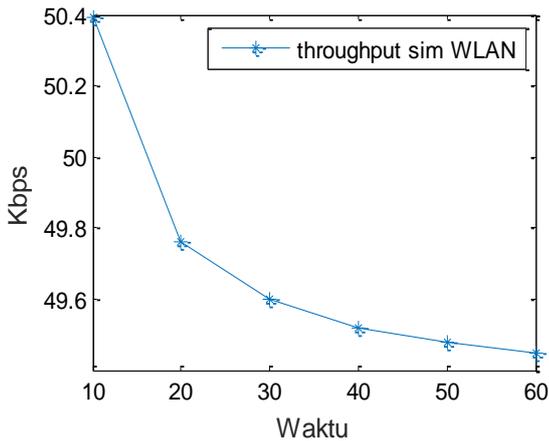
Gambar 4 menunjukkan hasil dari kinerja *e2edelay* dengan perhitungan manual. Waktu pengambilan data diatas dibagi beberapa waktu, yaitu : 10s, 20s, 30s, 40s, 50s, 60s. Hasil rata – rata dari grafik diatas adalah 6,06 ms.

**Matriks Kinerja *Throughput Simulasi* WLAN**

Simulasi dengan media transmisi WLAN berdasarkan simulasi ini digunakan untuk mengetahui bagaimana hasil dari kinerja *throughput* yang telah diteliti.

Gambar 5 menunjukkan hasil dari kinerja *throughput* dengan menggunakan program simulasi NS-2 (*Network Simulator 2*). Hasil rata – rata dari grafik diatas adalah

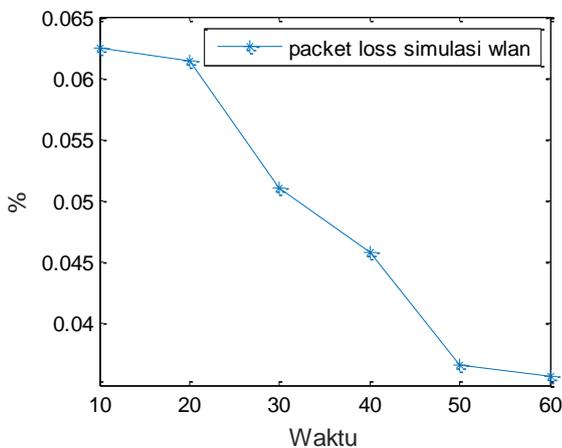
49,7 Kbps. Waktu pengambilan data diatas dibagi beberapa waktu, yaitu : 10s, 20s, 30s, 40s, 50s, 60s.



Gambar 5 Grafik Throughput Simulasi WLAN

**Matriks Kinerja Packet loss Simulasi WLAN**

Simulasi dengan media transmisi WLAN berdasarkan simulasi ini digunakan untuk mengetahui bagaimana hasil dari kinerja packet loss yang telah diteliti.



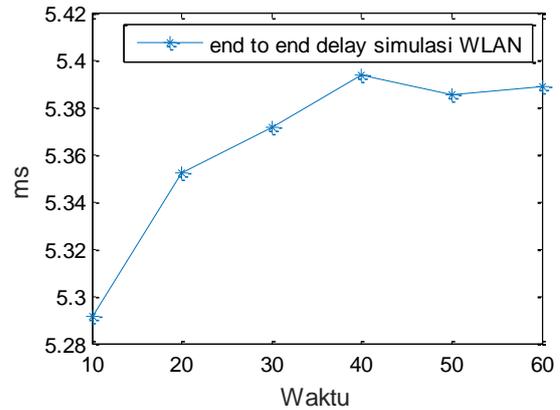
Gambar 6 Grafik Packet loss Simulasi WLAN

Gambar 6 menunjukkan hasil dari kinerja packet loss dengan menggunakan program simulasi NS-2 (Network Simulator 2). Hasil rata – rata dari grafik diatas adalah 0,04885%. Waktu pengambilan data diatas dibagi beberapa waktu, yaitu : 10s, 20s, 30s, 40s, 50s, 60s.

**Matriks Kinerja E2edelay Simulasi WLAN**

Simulasi dengan media transmisi WLAN berdasarkan simulasi ini digunakan untuk mengetahui bagaimana hasil dari kinerja e2edelay yang telah diteliti.

Gambar 7 menunjukkan hasil dari kinerja e2edelay dengan menggunakan program simulasi NS-2 (Network Simulator 2). Hasil rata – rata dari grafik diatas adalah 5,364322 ms. Waktu pengambilan data diatas dibagi beberapa waktu, yaitu : 10s, 20s, 30s, 40s, 50s, 60s.

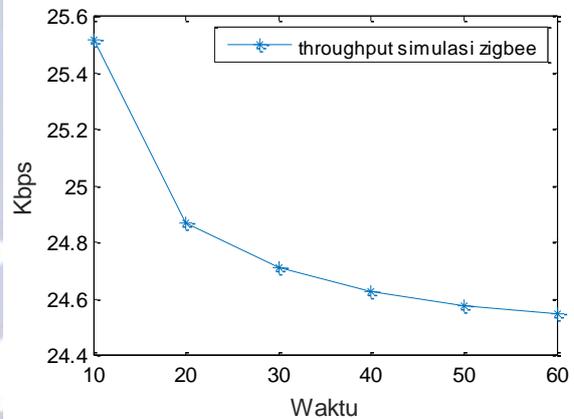


Gambar 7 Grafik E2edelay Simulasi WLAN

**Matriks Kinerja Throughput Simulasi Zigbee**

Simulasi dengan media transmisi Zigbee berdasarkan simulasi ini digunakan untuk mengetahui bagaimana hasil dari kinerja throughput yang telah diteliti.

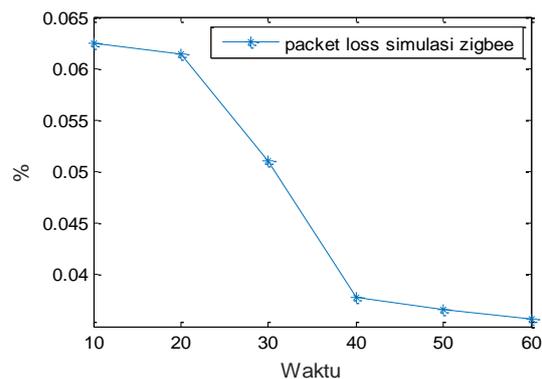
Gambar 8 menunjukkan hasil dari kinerja throughput dengan menggunakan program simulasi NS-2 (Network Simulator 2). Hasil rata – rata dari grafik dibawah adalah 24,81 Kbps. Waktu pengambilan data diatas dibagi beberapa waktu, yaitu : 10s, 20s, 30s, 40s, 50s, 60s.



Gambar 8 Grafik Throughput Simulasi Zigbee

**Matriks Kinerja Packet loss Simulasi Zigbee**

Simulasi dengan media transmisi Zigbee berdasarkan simulasi ini digunakan untuk mengetahui bagaimana hasil dari kinerja packet loss yang telah diteliti.



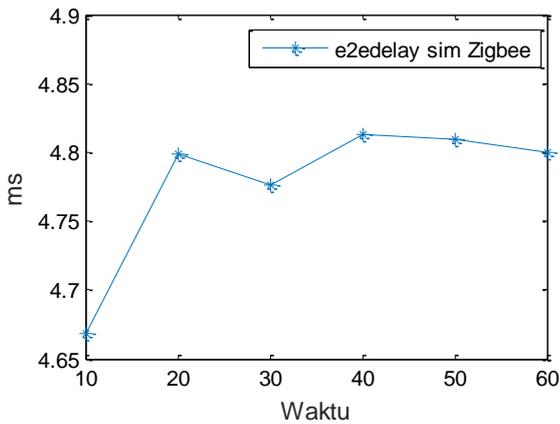
Gambar 9 Grafik Packet loss Simulasi Zigbee

Gambar 9 menunjukkan hasil dari kinerja *packet loss* dengan menggunakan program simulasi NS-2 (*Network Simulator 2*). Hasil rata – rata dari grafik diatas adalah 0,047%. Waktu pengambilan data diatas dibagi beberapa waktu, yaitu : 10s, 20s, 30s, 40s, 50s, 60s.

**Matriks Kinerja *E2edelay* Simulasi Zigbee**

Simulasi dengan media transmisi *Zigbee* berdasarkan simulasi ini digunakan untuk mengetahui bagaimana hasil dari kinerja *e2edelay* yang telah diteliti.

Gambar 10 menunjukkan hasil dari kinerja *e2edelay* dengan menggunakan program simulasi NS-2 (*Network Simulator 2*). Hasil rata – rata dari grafik dibawah adalah 4,7775 ms. Waktu pengambilan data diatas dibagi beberapa waktu, yaitu : 10s, 20s, 30s, 40s, 50s, 60s.

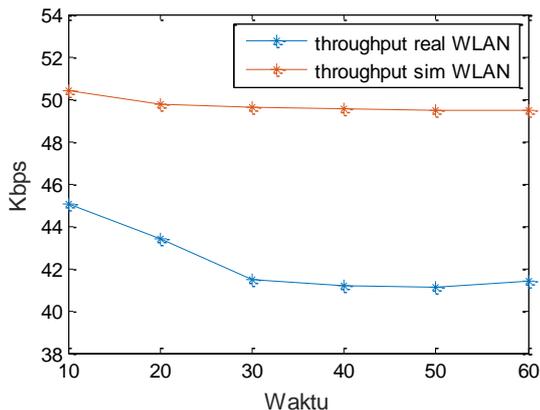


Gambar 10 Grafik *E2edelay* Simulasi Zigbee

**Matriks Kinerja *Throughput Real* dan Simulasi WLAN**

Simulasi dengan media transmisi WLAN pada pengukuran *real* dan simulasi digunakan untuk mengetahui bagaimana hasil dari kinerja *throughput* yang telah diteliti.

Gambar 11 menunjukkan perbandingan grafik antara pengukuran *real* dan simulasi dengan matriks kinerja *throughput*. Rata – rata *throughput real* dan simulasi yaitu : *real* = 49,70 Kbps dan simulasi = 42,26 Kbps. Jadi selisih hasil *real* dan simulasi 7,44 Kbps. Untuk hasil % selisih adalah 17,6 %. Waktu pengambilan data diatas dibagi beberapa waktu, yaitu : 10s, 20s, 30s, 40s, 50s, 60s. Untuk variabel jarak yang digunakan, yaitu : 10m, 20m, 30m, 40m, 50m, 60m.

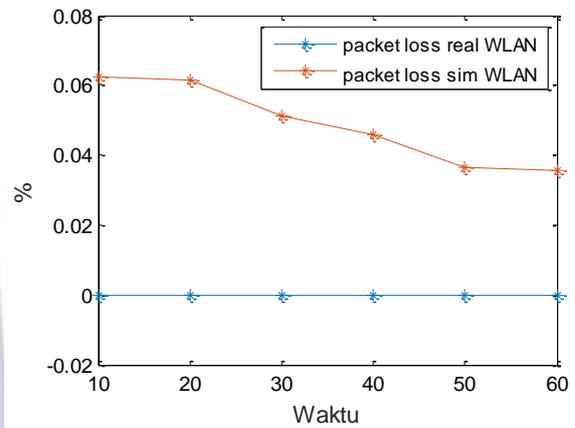


Gambar 11 Perbedaan Grafik *Throughput* WLAN

**Matriks Kinerja *Packet loss* WLAN**

Simulasi dengan media transmisi WLAN pada pengukuran *real* dan simulasi digunakan untuk mengetahui bagaimana hasil dari kinerja *throughput* yang telah diteliti.

Gambar 12 menunjukkan perbandingan grafik antara pengukuran *real* dan simulasi dengan matriks kinerja *packet loss*. Rata – rata *packet loss real* dan simulasi, yaitu : *real* = 0% dan simulasi = 0,04885%. Jadi selisih hasil *real* dan simulasi 0,04885%. Waktu pengambilan data diatas dibagi beberapa waktu, yaitu : 10s, 20s, 30s, 40s, 50s, 60s. Untuk variabel jarak yang digunakan, yaitu : 10m, 20m, 30m, 40m, 50m, 60m.

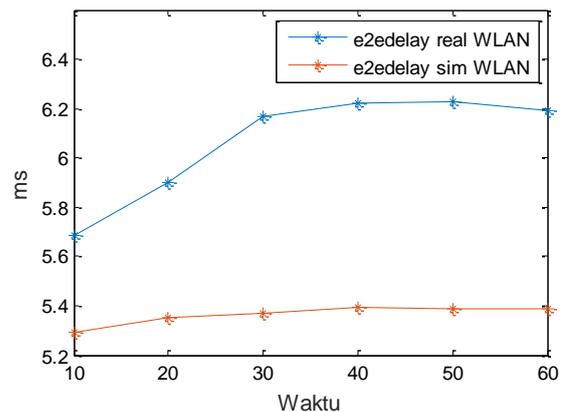


Gambar 12 Perbedaan Grafik *Packet loss* WLAN

**Matriks Kinerja *E2edelay* WLAN**

Simulasi dengan media transmisi WLAN pada pengukuran *real* dan simulasi digunakan untuk mengetahui bagaimana hasil dari kinerja *e2edelay* yang telah diteliti.

Gambar 13 menunjukkan perbandingan grafik antara pengukuran *real* dan simulasi dengan matriks kinerja *e2edelay*. Rata – rata *e2edelay real* dan simulasi, yaitu : *real* = 6,06 ms dan simulasi = 5,36 ms. Jadi selisih hasil *real* dan simulasi 0,69 ms. Untuk hasil % selisih adalah 13,03 %. Waktu pengambilan data diatas dibagi beberapa waktu, yaitu : 10s, 20s, 30s, 40s, 50s, 60s. Untuk variabel jarak yang digunakan, yaitu : 10m, 20m, 30m, 40m, 50m, 60m.



Gambar 13 Perbedaan Grafik *E2edelay* WLAN

## Penutup

### Simpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan hingga melalui tahap pengujian pada simulasi. pada media transmisi WLAN berdasarkan pengukuran *real* yang diukur dari matriks kinerja *throughput*, *packet loss* dan *end-to-end delay*. Untuk penelitian ini didapat hasil *throughput* rata-rata sebesar 49,70 Kbps, *packet loss* rata-rata sebesar 0 %, *end-to-end delay* rata-rata sebesar 6,06 ms.

Pada media transmisi WLAN berdasarkan simulasi yang diukur dari matriks kinerja *throughput*, *packet loss* dan *end-to-end delay*. Untuk penelitian ini didapat hasil *throughput* rata – rata sebesar 49,7 Kbps, *packet loss* rata – rata sebesar 0,04885 %, *end-to-end delay* rata – rata sebesar 5,364322 ms.

Pada media transmisi *Zigbee* berdasarkan simulasi yang diukur dari matriks kinerja *throughput*, *packet loss* dan *end-to-end delay*. Untuk penelitian ini didapat hasil *throughput* rata-rata sebesar 24,81 Kbps, *packet loss* rata-rata sebesar 0,0475 %, *end-to-end delay* rata-rata sebesar 4,7775 ms.

Pada penelitian ini untuk mengetahui evaluasi kinerja WBN berdasarkan pengukuran *real* dan simulasi yang diukur dari matriks kinerja *throughput*, *packet loss* dan *end-to-end delay*. Untuk penelitian ini didapat hasil % selisih *throughput* rata-rata sebesar 17,6%, *packet loss* rata-rata sebesar 0,04885%, *end-to-end delay* rata-rata sebesar 13,03%

### Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, berikut saran untuk penelitian mendatang program simulasi ini dapat dikembangkan dengan perhitungan *real* pada media transmisi *Zigbee*. Mengembangkan penelitian dengan dengan mengetahui evaluasi kinerja WBAN berdasarkan pengukuran *real* dan simulasi pada media transmisi WLAN dan *Zigbee* yang diukur dari matriks kinerja *throughput*, *packet loss*, dan *end to end delay* agar dapat mencapai nilai akurasi yang lebih baik dari nilai sebelumnya.

### DAFTAR PUSTAKA

- Firdaus. 2014. *Wireless Sensor Network : Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta : Penerbit Graha Ilmu.
- Galuh Dhatuningtyas Harsono dkk. 2017. *Analisis Pengalokasian Ukuran Guaranteed Time Slot Pada Wireless Body Area Network Berbasis IEEE 802.15.4*. Jurnal Teknik Elektro, Vol. 06, No. 03
- Helmy Fitriawan dkk. 2013. *Simulasi Kinerja Jaringan Nirkabel IEEE-802.11a dan IEEE-802.11g Menggunakan NS-2*. Jurnal Rekayasa Elektrika Vol. 10, No. 4
- Sukadarmika, Gede, dkk. 2010. *Analisis Coverage WLAN (Wireless Local Area Network) 802.11*

- menggunakan Opnet Modeler*. Jurnal Teknik Unud. Jurusan Teknik Elektro. Bali : Universitas Udayana.
- Tony Firnandes dkk. 2013. *Aplikasi Wireless Sensor Network (WSN) Berbasis Radio Frequency (RF) dan SMS Alert GSM*. Politeknik Negeri Batam
- Tony Rachmanto dkk. 2012. *Simulasi Kinerja Protokol TCP pada Jaringan WIMAX Menggunakan Network Simulator 2 (NS-2)*. Semarang : Universitas Dipenogoro
- Pradini Puspitaningayu dkk. 2018. *Wireless Body Area Network dan Pengaruhnya dalam Perkembangan Teknologi m-Health*. Jurnal INAJEE. Vol. 01, No. 01
- Yetty Wiati Ningsih dkk. 2015. *Studi Protokol Nirkabel Zigbee IEEE 802.15.4*. Jurnal Konsentrasi Teknik Komputer, Vol. 10, No. 27.