

ANALISIS KINERJA PROTOKOL ZIGBEE DI DALAM DAN DI LUAR RUANGAN SEBAGAI MEDIA KOMUNIKASI DATA PADA WIRELESS SENSOR NETWORK

I Nyoman Buda Hartawan¹, I Gusti Made Ngurah Desnanjaya²

^{1,2} Program Studi Sistem Komputer, STMIK STIKOM Indonesia
Denpasar, Indonesia

e-mail: buda.hartawan@gmail.com¹, ngurah.desnanjaya@gmail.com²

Received : Oktober, 2018	Accepted : Oktober, 2018	Published : Oktober, 2018
--------------------------	--------------------------	---------------------------

Abstract

Wireless sensor network is a technology used in supporting monitoring activities both inside and outside environment. Data communication on wireless sensor networks is done wirelessly. The Zigbee protocol is one of the protocols used in data communication on wireless sensor networks as an implementation of XBEE devices. In this study measurement of Zigbee protocol performance on XBEE devices inside and outside environment. The measurement conditions in the room are limited by the wall partition, while the outdoor conditions are line of sight. Measurements were made by sending packet data using XCTU software, by testing distance parameters, packet delay, packet loss, RSSI, and throughput with 84 Bytes packet data size. The results showed that the measurement results of XBEE Pro S2 devices that were carried out indoors were able to communicate with a maximum distance of 30 meters, while the outdoor measurements showed the communication capability of XBEE Pro S2 devices reached a maximum distance of 600 meters.

Keywords: xbee, zigbee, xctu, wireless sensor network, IEEE

Abstrak

Wireless sensor network merupakan teknologi yang digunakan dalam mendukung kegiatan pemantauan baik di dalam maupun diluar ruangan. Komunikasi data pada wireless sensor network dilakukan secara wireless. Protokol Zigbee merupakan salah satu protocol yang digunakan dalam komunikasi data pada wireless sensor network sebagai implementasi dari perangkat XBEE. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran terhadap kinerja protocol Zigbee pada perangkat XBEE di dalam dan di luar ruangan. Kondisi pengukuran di dalam ruangan dibatasi oleh sekat dinding, sedangkan kondisi di luar ruangan adalah tanpa halangan (line of sight). Pengukuran dilakukan dengan mengirimkan packet data menggunakan software XCTU, dengan menguji parameter jarak (distance), packet delay, packet loss, RSSI, dan throughput dengan ukuran packet data 84 Bytes. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil pengukuran perangkat XBEE Pro S2 yang dilakukan di dalam ruangan mampu melakukan komunikasi dengan jarak maksimal 30 meter, sedangkan pengukuran di luar ruangan menunjukkan kemampuan komunikasi perangkat XBEE Pro S2 mencapai jarak maksimum 600 meter.

Kata Kunci: xbee, zigbee, xctu, wireless sensor network, IEEE

1. PENDAHULUAN

Pemantauan merupakan kegiatan mengamati suatu kondisi yang bertujuan untuk mengetahui perubahan yang terjadi, sehingga mampu memberikan informasi dalam mendukung pengambilan keputusan. Pemantauan dapat dilakukan baik didalam maupun diluar ruangan. Salah satu teknologi yang digunakan untuk melakukan kegiatan pemantauan adalah *wireless sensor network* [1][2][3][4][5].

Wireless sensor network merupakan jaringan nirkabel yang terdiri dari beberapa node yang bersifat *self-configured* dan tidak memiliki infrastruktur (*infrastructure less*), serta digunakan untuk melakukan pemantauan kondisi suatu fisik ataupun lingkungan, seperti suhu, suara, getaran, tekanan, gerakan atau polutan dan meneruskan data dari masing-masing node sensor ke jaringan utama [6]. Pada *wireless sensor network*, setiap *node sensor* melakukan *sensing* (penginderaan) terhadap suatu objek yang selanjutnya mengirimkan data hasil penginderaan pada *node* koordinator secara *wireless* yang menggunakan standar *IEEE 802.15.4*. Salah satu implementasi dari standar *IEEE 802.15.4* adalah protokol ZigBee.

Pemantauan menggunakan teknologi *wireless sensor network* membutuhkan perangkat yang mampu bekerja pada daya yang lebih kecil dari standar *wireless IEEE 802.11*. ZigBee mendefinisikan *Medium Access Control* (MAC) dan lapisan fisik, beroperasi pada frekuensi 2,4 GHz dengan kecepatan transfer data 250 kbps. Dalam hal kemampuan jaringan, protokol ZigBee mendukung tiga jenis topologi komunikasi seperti topologi *point-to-point*, *point-to-multipoint* dan *mesh*. Protokol ZigBee dioperasikan untuk pengiriman paket data yang lebih kecil dari standar *wireless IEEE 802.11*, sehingga memberikan masa pakai baterai lebih lama. Hal ini menjadikannya sebagai perangkat yang mendukung untuk implementasi *wireless sensor network*. Protokol ZigBee juga memiliki kemampuan komunikasi *multi-hop*, sehingga memberikan jangkauan komunikasi yang luas [7].

Penelitian yang dilakukan oleh [8] yaitu pengukuran kinerja WSN berbasis protokol ZigBee dan perangkat keras komunikasi XBee. Pada penelitian tersebut diukur kinerja wireless

sensor network berdasarkan topologi jaringan *point-to-point* dan *multihop* dengan menggunakan empat node yang terdiri dari satu node berperan sebagai *coordinator node*, dua node sebagai *router*, dan satu node sebagai *end-device*. Parameter yang diuji adalah *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) dan *throughput*.

Penelitian selanjutnya oleh [9] yaitu eksperimen evaluasi kinerja protokol ZigBee dengan melakukan pengukuran terhadap parameter *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) dan *throughput*. Pengujian dilakukan didalam dan luar ruangan.

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis terhadap protokol ZigBee didalam dan diluar ruangan pada *wireless sensor network*. Parameter yang akan diujikan pada penelitian ini adalah jarak (*distance*), *packet delay*, *packet loss*, *received signal strength indicator* (RSSI), dan *throughput*. Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran tentang kinerja protokol ZigBee menggunakan perangkat XBee Pro S2, yang nantinya akan diimplementasikan baik didalam maupun diluar ruangan pada *wireless sensor network*.

Berdasarkan uraian diatas, pada penelitian ini dilakukan analisis terhadap kinerja protokol ZigBee didalam maupun diluar ruangan pada *wireless sensor network*. Pada penelitian ini digunakan perangkat XBee Pro S2 sebagai implementasi dari protokol ZigBee. Parameter yang diujikan pada penelitian ini adalah jarak (*distance*), *packet delay*, *packet loss*, RSSI, dan *throughput* yang dihasilkan oleh protokol ZigBee ketika didalam ruangan dan diluar ruangan. Hasil penelitian ini mampu memberikan gambaran tentang kinerja protokol ZigBee menggunakan perangkat XBee Pro S2, yang nantinya akan diimplementasikan baik didalam maupun diluar ruangan sebagai sistem komunikasi pada *wireless sensor network*.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Pada penelitian ini dilakukan analisis terhadap kinerja protokol ZigBee pada perangkat XBee Pro S2, baik didalam maupun diluar ruangan sebagai sistem komunikasi pada *wireless sensor network*.

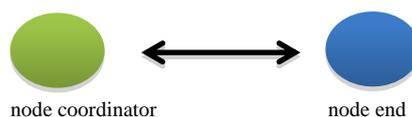
Eksperimen dilakukan dengan mengirimkan packet data dari node koordinator ke node end device dengan jumlah packet data yang bervariasi. Ukuran paket data yang digunakan adalah 84 Byte, karena perangkat XBee mampu mengirimkan paket data dengan ukuran maksimal 84 Bytes pada satu kali transmisi. Penelitian ini dilakukan baik didalam ruangan maupun diluar ruangan dengan menguji parameter jarak (*distance*), *packet delay*, *packet loss*, RSSI, dan *throughput*. Pada kondisi didalam ruangan, transmisi data antara node *coordinator* dan *node end device* dipisahkan oleh sekat dinding pada setiap ruangan. Sedangkan pada kondisi diluar ruangan antara node koordinator dan *node end device* tidak dibatasi oleh halangan (*line of sight*).

Penelitian dilakukan dengan menganalisis hasil uji dari setiap eksperimen yang dilakukan. Analisis dilakukan dengan mengamati hasil uji terhadap parameter jarak (*distance*), *packet delay*, *packet loss*, RSSI, dan *throughput*. Hasil penelitian ini nantinya dapat memberikan gambaran tentang kinerja protokol ZigBee menggunakan perangkat XBee Pro S2 baik didalam maupun diluar ruangan sebagai sistem komunikasi pada *wireless sensor network*.

2.1 Gambaran Umum Sistem

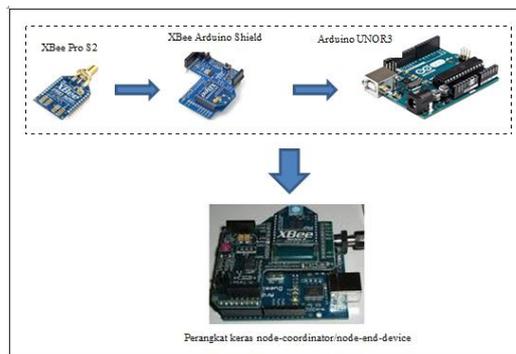
Model topologi yang digunakan pada penelitian ini adalah *point-to-point*. Node *coordinator* dapat mengirimkan packet data secara langsung ke *node end device* dan sebaliknya. Pengukuran dilakukan untuk memperoleh nilai pada setiap parameter jarak (*distance*), *packet delay*, *packet loss*, RSSI, dan *throughput* yang dilakukan baik didalam maupun diluar ruangan.

Pengukuran kinerja protokol dilakukan dengan mengirimkan jumlah packet dengan ukuran packet data, yaitu 84 Bytes menggunakan software XCTU. Pada pengukuran ini diperoleh nilai yang dihasilkan terhadap parameter jarak (*distance*), *packet delay*, *packet loss*, RSSI, dan *throughput*. Hasil nilai pada setiap parameter kemudian dianalisis untuk mengetahui kinerja protokol ZigBee pada perangkat XBee Pro S2 dari masing-masing eksperimen yang telah dilakukan.



Gambar 1 Gambaran umum sistem

penelitian yang akan dilakukan. Topologi yang digunakan adalah *point-to-point* yang menghubungkan secara langsung antara *node coordinator* dan *node end device*.



Gambar 2 Komponen Perangkat Keras

Gambar 2 menunjukkan komponen perangkat keras yang digunakan sebagai *node coordinator* dan *node end device*. Sebuah node tersusun dari komponen XBee Pro S2, XBee Shield, dan Arduino UNO R3.

2.2 Metode Pengujian

Langkah selanjutnya dalam penelitian ini adalah melakukan pengujian. Pengujian dilakukan menggunakan software XCTU. Node koordinator dan *node end device* dikonfigurasi secara *point-to-point*. Selanjutnya dilakukan pengiriman packet data menggunakan software XCTU dari node *coordinator* ke *node end device*. Jumlah paket yang dikirimkan dengan ukuran paket data tetap, yaitu 84 Bytes. Hal ini dilakukan karena perangkat XBee mampu mengirimkan paket data dengan ukuran maksimal 84 Bytes pada satu kali transmisi.

Pengujian dilakukan didalam dan diluar ruangan. Pada pengujian didalam ruangan, transmisi data yang terjadi antara node *coordinator* dan *node end device* dibatasi oleh sekat dinding pada setiap ruangan. Sedangkan pada pengujian diluar ruangan transmisi data yang terjadi antara node *coordinator* dan *node end device* dilakukan tanpa halangan (*line of sight*).

Dibawah ini merupakan spesifikasi dari jenis perangkat keras yang digunakan.

Tabel 1 Spesifikasi Perangkat Keras

No	Nama Perangkat	Spesifikasi
1	XBee	Seri PRO S2
2	XBee Shield	Seri XBee Arduino Shield
3	Arduino	UNO R3
4	Baterai	Lippo

Parameter yang diuji pada penelitian ini adalah jarak (*distance*), *packet delay*, *packet loss*, RSSI, dan *throughput*.

a. Jarak (*Distance*)

Jarak merupakan panjang lintasan antara node koordinator dan *node end device*. Jarak diukur dengan meletakkan *node end device* menjauh dari node koordinator. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengiriman paket data terhadap perbedaan jarak yang diberikan baik didalam maupun diluar ruangan.

b. *Packet Delay*

Packet delay merupakan selisih antara waktu pengiriman paket data dan waktu penerimaan paket data. Pengujian ini dilakukan dengan mengirimkan jumlah paket data dengan ukuran paket data tetap, yaitu 84 Bytes menggunakan *software* XCTU. Nilai selisih pengiriman paket data yang dihasilkan kemudian dicatat untuk setiap eksperimen yang dilakukan [10].

$$Delay = \frac{\sum WaktuTempuhSeluruhPaket}{\sum PaketDiterima} \quad (1)$$

c. *Packet Loss*

Packet Loss merupakan jumlah paket yang hilang selama proses transmisi paket data. Pengujian ini dilakukan dengan mengirimkan jumlah paket data dengan ukuran paket data tetap, yaitu 84 Bytes menggunakan *software* XCTU. Nilai selisih pengiriman paket data yang dihasilkan kemudian dicatat untuk setiap eksperimen yang dilakukan [11].

$$Packet\ loss = \frac{PacketDikirim - PaketDiterima}{PacketDikirim} \times 100\% \quad (2)$$

d. *Receive Signal Strength Indicator* (RSSI)

RSSI adalah parameter yang menunjukkan kekuatan sinyal yang diterima oleh

perangkat dalam satuan -dBm. Pengukuran RSSI dilakukan dengan mengirimkan jumlah paket dengan ukuran paket data tetap, yaitu 84 Byte menggunakan *software* XCTU. Pegujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah paket data dan jarak terhadap RSSI pada trasmisi data yang dilakukan oleh masing-masing node, baik didalam maupun diluar ruangan.

e. *Throughput*

Throughput adalah jumlah data yang dapat ditransmisikan oleh masing-masing node pada satu waktu dalam satuan bps (*bit per second*). Pengukuran *throughput* dilakukan dengan mengirimkan jumlah paket yang bervariasi dengan ukuran paket data tetap, yaitu 84 Bytes menggunakan *software* XCTU. Pegujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah paket data dan jarak terhadap *throughput* yang dihasilkan pada trasmisi data yang dilakukan oleh masing-masing node, baik didalam maupun diluar ruangan [10][12].

$$Throughput = \frac{\sum UkuranPacket}{WaktuTerima - WaktuKirim} \quad (3)$$

Tabel 2 Parameter Pengujian

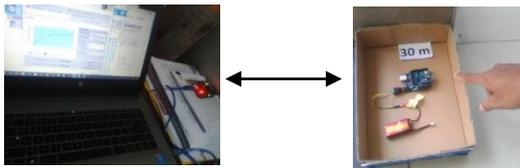
No	Parameter	Spesifikasi
1	XBEE	Pro S2
2	XBEE SHIELD	v1.1
3	Arduino	UNO R3
4	XCTU	Versi 6.4.0
5	Packet Payloads	84 Bytes
6	Number of Packets	100 Bytes
7	Rx Timeout	1000ms
8	Tx Interval	1000ms
9	Baud rate	9600
10	Mode	API
11	Pengujian Indoor	Sekat ruangan
12	Pengujian Outdoor	LOS (jalan raya)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Deskripsi Data

Pengukuran perangkat XBEE Pro S2 dilakukan di dalam dan di luar ruangan. Pengukuran perangkat XBEE Pro S2 di dalam ruangan ditunjukkan oleh gambar dibawah ini.

(1)



Gambar 3 Pengujian di dalam ruangan

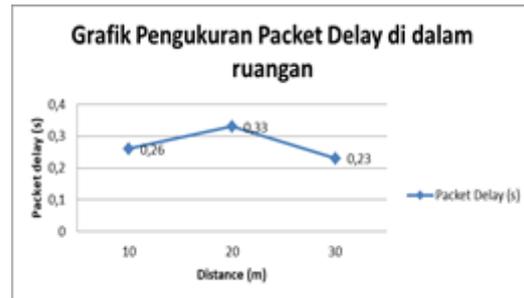
Gambar diatas merupakan pengujian yang dilakukan di dalam ruangan. Ruangan yang digunakan memiliki sekat, dimana Coordinator dipasang pada laptop dengan aplikasi XCTU. Router (*end device*) diberikan sumber tegangan melalui baterai lippo yang diletakkan menjauh sesuai dengan scenario pengujian yang digunakan. Pada jarak titik point yang sudah ditentukan, Coordinator mengirimkan paket data ke Router menggunakan aplikasi XCTU. Kemudian hasil pengukuran dicatat dalam instrumen penelitian.

Data yang dicatat pada instrumen penelitian selanjutnya di rekapitulasi kedalam bentuk tabel dibawah ini.

Tabel 3 Hasil pengukuran di dalam ruangan

Distance (m)	Packet Delay (s)	Packet Loss (%)	RSSI (dB)	Throughput (Kbps)
10	0,26	0,02	-63,8	2,61
20	0,33	0,01	-63	2,08
30	0,23	0,12	-73,4	2,85
40	Lost	Lost	Lost	Lost

Tabel diatas menunjukkan hasil pengukuran perangkat XBEE Pro S2 di dalam ruangan. Terdapat lima parameter yang diukur dalam pengujian ini yaitu *distance*, *packet delay*, *packet loss*, *RSSI*, dan *throughput*. Hasil pengukuran di dalam ruangan menunjukkan perangkat XBEE Pro S2 antara Coordinator dan Router mampu berkomunikasi dengan jarak maksimal 30 meter dengan adanya penghalang. Ketika Router diletakkan pada jarak 40 meter, Coordinator tidak dapat menemukan (*discovery*) keberadaan Router secara *remote* sehingga mengalami *lost connection*.



Gambar 4 Grafik pengukuran packet delay di dalam ruangan

Gambar diatas menunjukkan grafik hasil pengukuran terhadap *packet delay* yang terjadi selama pengiriman packet data pada pengujian di dalam ruangan. Grafik pada gambar diatas menunjukkan bahwa packet delay mengalami fluktuasi dimana pada jarak 20 meter nilainya paling tinggi yaitu 0,33s. Namun perbedaan nilai delay yang dihasilkan tidak signifikan.



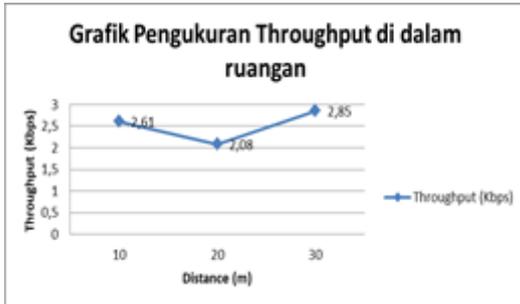
Gambar 5 Grafik pengukuran packet loss di dalam ruangan

Gambar diatas menunjukkan grafik hasil pengukuran terhadap packet loss pada perangkat XBEE Pro S2 di dalam ruangan. Hasil menunjukkan bahwa packet loss tertinggi terjadi pada jarak 30 m. Hal ini menunjukkan bahwa semakin jauh jarak komunikasi antara Coordinator dan Router maka semakin tinggi packet loss yang terjadi. Walaupun demikian perbedaan nilai *packet loss* yang terjadi tidak signifikan terhadap perbedaan jarak.



Gambar 6 Grafik pengukuran RSSI di dalam ruangan

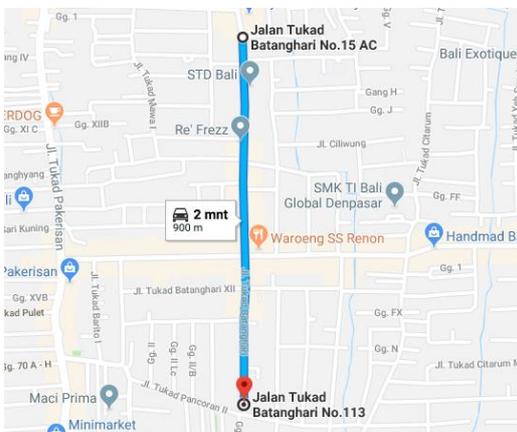
Gambar diatas menunjukkan hasil pengukuran RSSI perangkat XBEE Pro S2. Pada gambar dapat dilihat bahwa nilai RSSI berpengaruh terhadap jarak antara *Coordinator* dan *Router*. Semakin jauh jarak antara *Coordinator* dan *Router* maka semakin berkurang kualitas sinyalnya. Nilai RSSI terendah dihasilkan pada jarak 30 m yaitu sebesar -73,4 dB. Rendahnya nilai RSSI berpengaruh terhadap kualitas layanan yang dihasilkan oleh komunikasi data.



Gambar 7 Grafik pengukuran throughput di dalam ruangan

Gambar diatas menunjukkan grafik pengukuran throughput di dalam ruangan pada perangkat XBEE Pro S2. Hasil menunjukkan bahwa nilai throughput mengalami fluktuasi terhadap jarak Router dari Coordinator. Hal ini dipengaruhi oleh karakteristik media transmisi wireless yang sangat peka terhadap kondisi baik cuaca, sekat ruangan, interferensi, maupun pengaruh dari benda bergerak lainnya.

Pengukuran XBEE Pro S2 yang dilakukan di luar ruangan berlokasi di Jalan Batanghari Denpasar.



Gambar 8 Lokasi pengujian di luar ruangan

Gambar diatas merupakan lokasi pengujian perangkat XBEE Pro S2 di luar ruangan yang

bertempat di Jalan Tukad Batanghari Denpasar. Lokasi ini dipilih karena memiliki jalur lurus tanpa adanya halangan (LOS). Karena merupakan jalan raya yang aktif maka selama proses pengukuran terdapat lalu lintas kendaraan. Pada pengukuran perangkat XBEE Pro S2 di luar ruangan tidak dapat dilakukan secara penuh hari karena kendala baterai laptop. Setiap pengujian dengan scenario yang sama dilakukan pengulangan sebanyak lima kali, kemudian dicari rata-rata yang diperoleh dari hasil pengukuran yang dilakukan.

Model pengukuran yang digunakan dalam pengukuran di luar ruangan sama dengan pengukuran di dalam ruangan. Hanya saja di luar ruangan tidak adanya penghalang antara Coordinator dan Router. Coordinator mengirim packet data secara wireless ke Router, kemudian hasil pengukuran dicatat pada instrumen penelitian.



Gambar 9 Pengujian di luar ruangan

Gambar diatas menunjukkan pengujian yang dilakukan di luar ruangan. Router diletakkan menjauh dari Coordinator sesuai dengan scenario pengujian yang sudah dibuat. Selanjutnya Coordinator mengirimkan packet data dengan menggunakan aplikasi XCTU. Router memperoleh sumber energy dari baterai lippo, sedangkan Coordinator memperoleh sumber energy dari laptop dengan port USB.

Tabel 4 Hasil pengukuran di luar ruangan

Distance (m)	Packet Delay (s)	Packet Loss (%)	RSSI (dB)	Throughput (Kbps)
100	0,316	0,05	71,4	2,21
200	0,434	0,09	-83	1,74
300	0,792	0,68	-	3,28
400	0,343	0,08	-	2,14
500	0,605	0,49	-80	2,48
600	0,667	0,64	-84	2,60
700	Lost	Lost	Lost	Lost

Tabel diatas menunjukkan hasil pengukuran XBEE Pro S2 di luar ruangan. Pengukuran dilakukan di Jalan Batanghari, Renon Denpasar. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa jarak maksimum yang dapat dijangkau oleh perangkat XBEE Pro S2 adalah mencapai 600 meter. Ketika Router diletakkan pada jarak 700 meter dari Coordinator, node Coordinator tidak dapat menemukan Router.



Gambar 10 Grafik pengukuran packet delay di luar ruangan

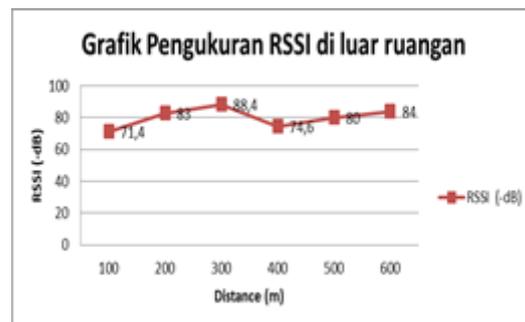
Gambar diatas menunjukkan hasil pengukuran packet delay pada komunikasi perangkat XBEE Pro S2 di luar ruangan. Semakin jauh jarak komunikasi antara Coordinator dan Router, semakin meningkat packet delay yang dihasilkan. Namun, pada jarak 300 meter, nilai packet delay lebih tinggi dibandingkan dengan yang lainnya. Hal ini disebabkan karena pengukuran yang dilakukan pada siang hari yang merupakan waktu padat lalu lintas pada jalan Batanghari, Renon, Denpasar. Ketika pengukuran melewati waktu istirahat siang yaitu pada jarak 400 meter, nilai packet delay menurun. Namun, ketika waktu padat di sore hari terjadi peningkatan packet delay.



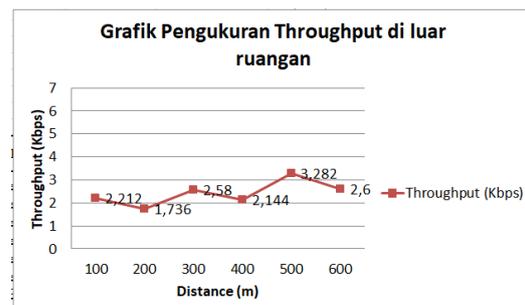
Gambar 11 Grafik pengukuran packet loss di luar ruangan

Grafik pengukuran packet loss pada perangkat XBEE Pro S2 dapat dilihat pada gambar diatas. Nilai packet loss berdasarkan jarak antara Coordinator dan Router menunjukkan nilai yang serupa dengan nilai packet delay. Hal ini menunjukkan nilai packet delay yang dihasilkan berbanding lurus terhadap nilai packet loss.

Grafik pengukuran RSSI di luar ruangan dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Pada gambar ditunjukkan bentuk grafik yang dihasilkan selaras dengan nilai packet delay dan packet loss seperti yang diuraikan sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan nilai RSSI berdampak pada peningkatan packet delay dan packet loss. Fluktuasi yang terjadi selama pengukuran dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yaitu adanya interferensi terhadap media transmisi wireless.



Gambar 12 Grafik pengukuran RSSI di luar ruangan



Gambar 13 Grafik pengukuran throughput di luar ruangan

Gambar diatas menunjukkan nilai throughput yang mengalami fluktuasi seiring dengan penambahan jarak antara Coordinator dan Router. Walaupun demikian perbedaan besaran nilai throughput tidak signifikan.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa hasil pengukuran perangkat XBEE Pro S2 yang dilakukan di dalam ruangan mampu melakukan komunikasi dengan jarak maksimal 30 meter untuk pengiriman paket data yang berukuran 84 Bytes. Sedangkan pengukuran di luar ruangan menunjukkan kemampuan komunikasi perangkat XBEE Pro S2 mencapai jarak maksimum 600 meter untuk pengiriman paket data yang berukuran 84 Bytes. Komunikasi data menggunakan perangkat XBEE Pro S2 dengan protokol ZigBee mendukung karakteristik *wireless sensor network* yang melakukan pemindaian secara wireless dengan sumber tenaga rendah, yang pada penelitian ini menggunakan baterai Lippo.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Lambebo and W. Dc, "A Wireless Sensor Network for Environmental Monitoring of Greenhouse Gases," pp. 3–6, 2014.
- [2] Y. Zakaria and K. Michael, "An Integrated Cloud-Based Wireless Sensor Network for Monitoring Industrial Wastewater Discharged into Water Sources," *Wirel. Sens. Netw.*, vol. 09, no. 08, pp. 290–301, 2017.
- [3] G. Virone *et al.*, "An Advanced Wireless Sensor Network for Health Monitoring," *Transdiscipl. Conf. Distrib. Diagnosis Home Healthc.*, pp. 2–5, 2006.
- [4] A. Soares and V. Pereira, "Master in Informatics Engineering Wireless Sensor Networks Monitoring Tool," 2013.
- [5] J. Micek and O. Karpis, "Wireless sensor networks for road traffic monitoring," *Komunikacie*, vol. 12, no. 3 A, pp. 80–85, 2010.
- [6] M. A. Matin and M. M. Islam, "Overview of Wireless Sensor Network," in *Wireless Sensor Networks - Technology and Protocols*, InTech, 2012.
- [7] Alliance, "Zigbee Alliance." [Online]. Available: <https://www.zigbee.org/>. [Accessed: 10-Jan-2018].
- [8] R. Piyare, S. Lee, and S. Korea, "Performance Analysis of XBee ZB Module Based Wireless Sensor Networks," *Int. J. Sci. Eng. Res.*, vol. 4, no. 4, pp. 1615–1621, 2013.
- [9] M. I. Jumali, A. F. Ramli, M. Yaakob, H. Basarudin, and M. Ismail, "Experimental Evaluation on the Performance of Zigbee Protocol," vol. 4, no. 1, pp. 1–5, 2016.
- [10] I. Nyoman, B. Hartawan, and W. Wibisono, "MEKANISME PEMILIHAN MPR DENGAN CONGESTION DETECTION DALAM OLSR PADA MANET," vol. 6, no. 2, 2013.
- [11] W. Sugeng, J. E. Istiyanto, K. Mustofa, and A. Ashari, "The Impact of QoS Changes towards Network Performance," *Int. J. Comput. Networks Commun. Secur.*, vol. 3, no. 2, pp. 48–53, 2015.
- [12] I. B. A. I. Iswara and W. Wibisono, "PEMILIHAN NODE TETANGGA YANG HANDAL DENGAN MEMPERHITUNGAN SIGNAL STRENGTH DAN LINK QUALITY PADA ZONE ROUTING PROTOCOL DI LINGKUNGAN MANET," *J. Ilmu Komputer.*, vol. 6, no. 2, Sep. 2013.