

## Quality of Service (QoS) Prototype Smart Building Protocol Zigbee 802.15.4 Xbee Series 1 berbasis Jaringan Sensor Nirkabel

I Made Sastra Dwikiarta<sup>1\*</sup>, I Putu Yudi Prabadika<sup>2</sup>, Ida Ayu Rosa Dewinta<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknologi Telekomunikasi, <sup>3</sup>Sistem Informasi Akuntansi, Universitas Warmadewa, Denpasar, Indonesia

Email: <sup>1\*</sup>sastradwikiarta@gmail.com, <sup>2</sup>prabadika@gmail.com, <sup>3</sup>idaayurosadewinta@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: <sup>1</sup>sastradwikiarta@gmail.com

**Abstrak**– Penelitian ini bertujuan untuk membuat desain jaringan untuk prototipe *smart building* berbasis jaringan sensor nirkabel sebagai infrastruktur *Internet of Things* menggunakan protocol zigbee 802.15 Xbee series 1 dapat berjalan dengan baik dalam penerapan hardware dan software. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pengumpulan data menggunakan metode studi literatur, yaitu dengan mempelajari beberapa kepastakaan yang mendukung, seperti kepastakaan tentang perangkat keras (*Hardware*) yang dibuat dan kepastakaan perangkat lunak (*Software*). Hasil yang didapatkan dari penelitian ini konsumsi energi yang dihasilkan sangatlah kecil. Dari hasil pengujian node sensor mengirim dan menerima data dengan akurat. Pengiriman data dari node data sensor ke node koordinator kualitas layanan QoS (*packet loss*, *delay* dan *latency*) sangatlah baik. Selain itu juga dilakukan pengecekan parameter tersebut diuji dengan memvariasikan jarak antara perangkat Zigbee IEEE 802.15.4 yang bertindak sebagai pengirim dan perangkat Zigbee IEEE 802.15.4 yang bertindak sebagai penerima. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah jangkauan pengoperasian maksimum di luar ruangan adalah 19 meter dengan nilai *Receive Signal Strength Indicator* (RSSI) semakin jauh jarak komunikasi Zigbee maka *delay* yang didapatkan juga semakin besar, agar dapat tetap mengirimkan data secara realtime di sisi penerima dan pengirim maksimal adalah -92 dBm. Pengujian *delay* terhadap jarak komunikasi Zigbee, *delay* yang besar mengakibatkan *packet loss* semakin besar, hal mendasar yang mempengaruhi adalah propagasi gelombang radio sehingga mempengaruhi *packet loss* pada komunikasi bergerak adalah peristiwa refleksi (pemantulan), difraksi (pembiasan) dan *scattering* (penghamburan).

**Kata Kunci:** Internet of Things, Jaringan Sensor Nirkabel, Sensor, Real time, Zigbee, QoS

**Abstract**– This research aims to create a network design for a smart building prototype based on a wireless sensor network as Internet of Things infrastructure using the Zigbee 802.15 Xbee series 1 protocol that can run well in hardware and software implementation. The method used in this research is data collection using the literature study method, namely by studying several supporting literatures, such as literature on manufactured hardware and software literature. The results obtained from this research produce very small energy consumption. From the test results, the sensor node sends and receives data accurately. Data delivery from the sensor data node to the QoS service quality coordinator node (*packet loss*, *delay* and *latency*) is very good. Apart from that, these parameters were also checked by varying the distance between the Zigbee IEEE 802.15.4 device which acted as the sender and the Zigbee IEEE 802.15.4 device which acted as the receiver. The results obtained from this research are that the maximum operating range outdoors is 19 meters with a *Receive Signal Strength Indicator* (RSSI) value. The farther the Zigbee communication distance, the greater the delay obtained, so that it can continue to transmit data in real time on the receiving and sending sides. the maximum is -92 dBm. Testing the delay on the Zigbee communication distance, a large delay results in greater packet loss, the basic thing that influences it is the propagation of radio waves so that affecting packet loss in mobile communications are reflection, diffraction (refraction) and scattering events.

**Keywords:** Internet of Things, Wireless Sensor Networks, Sensors, Real time, Zigbee, QoS

## 1. PENDAHULUAN

Kendala yang ditimbulkan oleh energi dan sumber daya alam yang terbatas telah mendorong banyak pemangku kepentingan untuk mengeksplorasi berbagai strategi atau mekanisme yang bertujuan mengurangi konsumsi listrik [1]. Jumlah penduduk dan besarnya investasi yang menyertai perkembangan teknologi di dunia pendidikan yang akan berlangsung dimasa yang akan datang, termasuk kebutuhan energi listrik akan terus meningkat seiring dengan perbaikan dan perkembangan [2]. Dari kendala tersebut banyak solusi teknologi yang digunakan, salah satunya teknologi jaringan sensor nirkabel akhir-akhir ini berkembang sangat pesat. Penerapan salah satunya modul Xbee dan modul Wemos merupakan modul nirkabel yang biasa digunakan untuk merancang jaringan sensor nirkabel yang memungkinkan mengurangi konsumsi energi/listrik, dikarenakan penggunaan konsumsi energi yang sangat rendah. [3]. Tidak hanya itu saja modul komunikasi LoRa salah satunya yang juga mampu mendukung komunikasi jarak jauh dengan konsumsi daya rendah [4]. Salah satu protokol yang cocok untuk desain dalam penerapan jaringan sensor nirkabel dikenal sebagai Protokol Zigbee [7]. Dalam penggunaan protocolnya yang harus diperhatikan yaitu RSSI, RSSI msalah satu parameter jaringan yang menyatakan kuat sinyal yang diterima suatu perangkat radio pada modul komunikasi zigbee. Pada penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya pengukuran RSSI pada jaringan sensor nirkabel dengan protokol ZigBee pada jaringan *end to end* [4][6][8]. Protocol ZigBee ini juga dirancang dengan penggunaan konsumsi daya rendah [9]. Dalam topologi yang dirancang untuk penggunaan konsumsi energi node sensor pada jaringan sensor nirkabel memiliki mekanisme yang bertanggung jawab untuk bereaksi terhadap temuan pemindaian yang dilakukan di lingkungan sekitarnya. Node sensor yang dipasang pada aktuatoryang bertugas menampilkan hasil input yang diterima dari sensor, bersama dengan memberikan kontrol atas mekanisme perintah yang diberikan [10].

Salah satu implementasi dari jaringan sensor nirkabel yaitu *Internet of Things* mengacu pada sistem gabungan perangkat dan teknologi yang saling berhubungan yang memungkinkan komunikasi antara perangkat dan cloud, serta antar perangkat secara langsung [11][12]. IoT memiliki cakupan range yang sangat luas terhadap perangkat yang saling terhubung terhubung, serta memiliki kemampuan untuk mengumpulkan informasi dari lokasi yang berbeda secara global. Node sensor mengirimkan data ini melalui internet untuk analisis dan pemanfaatan di berbagai aplikasi [2][13][14]. Mengacu cari penelitian yang sudah dilakukan, pada penelitian ini melakukan sebuah desain jaringan protocol zigbee dengan menggunakan Xbee series 1, yang dimana dengan menggunakan topologi *end to end*. Pengujian alat sesuai dengan desain yang dirancang dari 2 jaringan *end to end* xbee series 1 menggunakan *protocol Zigbee 802.15.4* dengan mengukur RSSI, QoS pada jaringannya. Pengukuran RSSI dilakukan menggunakan perangkat lunak XCTU [15][16]. Pengukuran parameter RSSI dilakukan berdasarkan tiga skenario, yaitu feeding node pengunduhan paket data sebanyak 100, 250, dan maksimal 500 paket data. Ukuran setiap paket data adalah 84 byte, ukuran ini merupakan ukuran maksimum paket data yang dapat dikirimkan oleh perangkat XBee. Penelitian ini diharapkan nantinya bisa menjadi acuan untuk desain jaringan sensor nirkabel berbasis *Internet of Things* dalam upaya mengurangi konsumsi energi yang berlebih dalam penerapannya.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data menggunakan metode studi literatur, yaitu dengan mempelajari beberapa kepustakaan yang mendukung, seperti kepustakaan tentang perangkat keras (*Hardware*) yang dibuat dan kepustakaan perangkat lunak (*Software*)

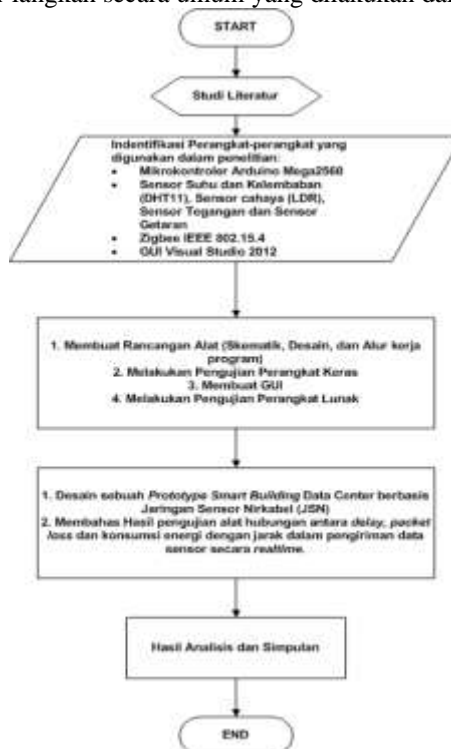
### 2.2 Jenis Data

Jenis data yang dipakai dalam penelitian ini dibedakan menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder.

- Data primer adalah data yang diperoleh dari hubungan antara *delay*, *packet loss*, dan pengiriman data sensor secara *real time*.
- Data sekunder adalah data yang diperoleh dari *Datasheet* Arduino Mega2560, sensor, Jurnal, Artikel dari internet dan buku-buku yang berhubungan.

### 2.3 Diagram Alir Prosedur Penelitian

Berikut Gambar 1 merupakan langkah-langkah secara umum yang dilakukan dalam penelitian ini:



Gambar 1. Flowchart langkah-langkah secara umum

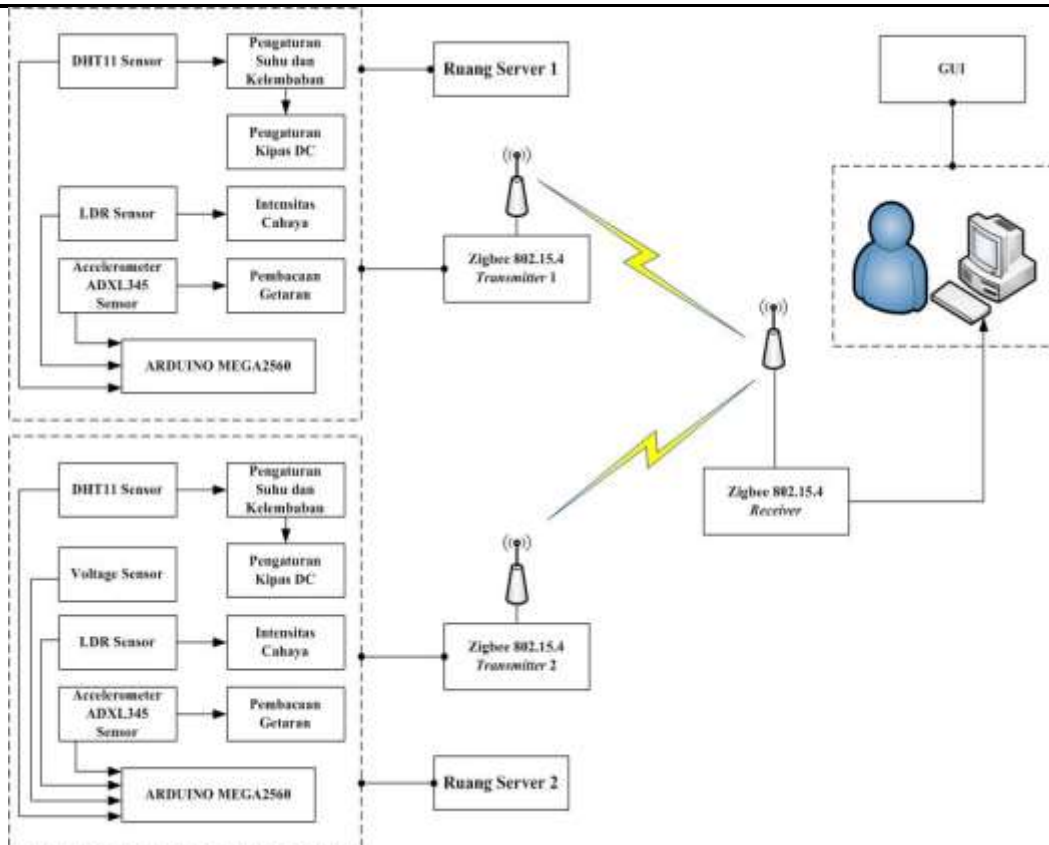
Adapun langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Pendefinisian permasalahan dari aplikasi yang ingin dibuat untuk menambah pemahaman mengenai lingkup topik yang akan dikerjakan.
- b. Pengumpulan data yang berhubungan dengan perancangan *Prototype* Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel melalui studi literatur.
- c. Pemahaman proses-proses untuk pemodelan sistem perangkat lunak dan perancangan perangkat keras dalam perancangan *Prototype* Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel.
- d. Perancangan dan realisasi perangkat keras, baik itu secara schematic maupun *layout* PCB, menggunakan *software* DIP TRACE dan Eagle.
- e. Melakukan pengujian di setiap perangkat keras yang telah direalisasikan, pengujian apakah perangkat keras sudah bekerja dengan baik.
- f. Melakukan perancangan perangkat lunak, program sesuai dengan apa yang direncanakan dalam menunjang perancangan *Prototype* Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel.
- g. Melakukan realisasi perangkat lunak, pembuatan program rangkaian Tx dan Rx pada *Prototype* Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel.
- h. Melakukan pengujian koneksi komputer dengan perangkat keras, apakah sudah berjalan dengan baik antara perangkat keras dengan computer dan dapat mengirimkan data melalui Zigbee 802.15.4 pengirim dan Zigbee 802.15.4 penerima.
- i. Menyiapkan dan melakukan pengujian di luar ruangan / *Outdoor*, pengujian dilakukan dalam kondisi LOS (*Line of Sight*). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan komunikasi Zigbee 802.15.4 dalam mengirimkan dan menerima data.
- j. Membahas hasil desain sebuah *Prototype* berbasis Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) dan hasil pengujian dari QoS dan pengukuran parameter RSSI dilakukan berdasarkan tiga skenario, yaitu feeding node pengunduhan paket data sebanyak 100, 250, dan maksimal 500 paket data hubungan antara *delay*, *packet loss* dan konsumsi daya dengan jarak dalam pengiriman data sensor.
- k. Pengambilan kesimpulan.

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **3.1 Perancangan Perangkat Keras**

Dalam perancangan *Prototype* Jaringan Sensor Nirkabel menggunakan *Xbee Series 1 Protocol* Zigbee 802.15.4, terdapat dua bagian yaitu pertama rangkaian pengirim (*Transmitter*) terdiri dari dua buah mikrokontroler Arduino Mega2560, dua buah Zigbee 802.15.4 *Transmitter*, dua buah Sensor DHT11, dua buah Sensor LDR, 1 buah sensor tegangan, dua buah Sensor Getaran, 3 buah Kipas DC. Kedua yaitu rangkaian penerima (*Receiver*) satu buah Zigbee 802.15.4 *Receiver* dan satu buah PC sebagai monitoring Data Center dengan GUI. Pada Gambar 2 adalah diagram blok keluruhan dari Blok diagram *Prototype* Jaringan Sensor Nirkabel.



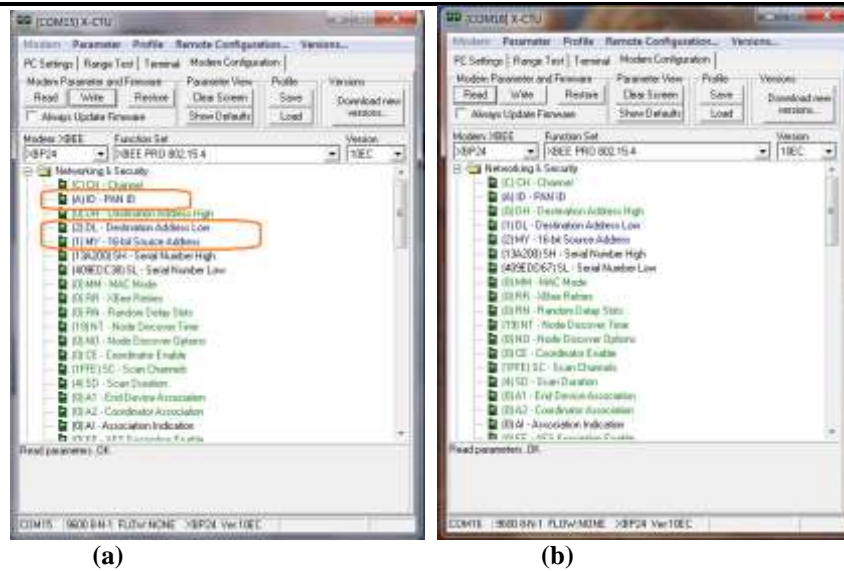
Gambar 2. Diagram Blok Perancangan Perangkat Keras

### 3.2 Konfigurasi Modul Wireless Zigbee 802.15.4

Agar masing-masing modul wireless Zigbee 802.15.4 dapat berkomunikasi, maka perlu di atur konfigurasi parameter serta pemberian alamat pada modul wireless Zigbee 802.15.4. Pengaturan konfigurasi parameter pada modul wireless Zigbee 802.15.4 menggunakan antarmuka software X-CTU. Software X-CTU adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mengonfigurasi dan menguji XBee. Pemberian alamat dari XBee dapat dilakukan dengan Software X-CTU. Selain itu, dapat mengonfigurasi XBee menjadi master ataupun menjadi slave. Software X-CTU mendukung untuk pengaturan XBee Series maupun XBee-PRO. Dengan mengatur konfigurasi XBee maka modul Zigbee 802.15.4 sudah siap digunakan untuk melakukan komunikasi point to point maupun komunikasi point to multipoint dengan baud rate 9600 bps. Adapun parameter yang diatur agar kedua Zigbee 802.15.4 dapat berkomunikasi dalam pengiriman data dan penerimaan data adalah sebagai berikut

Tabel 1. Pengaturan Parameter PAN ID, DL, dan MY Pada XBee Series1

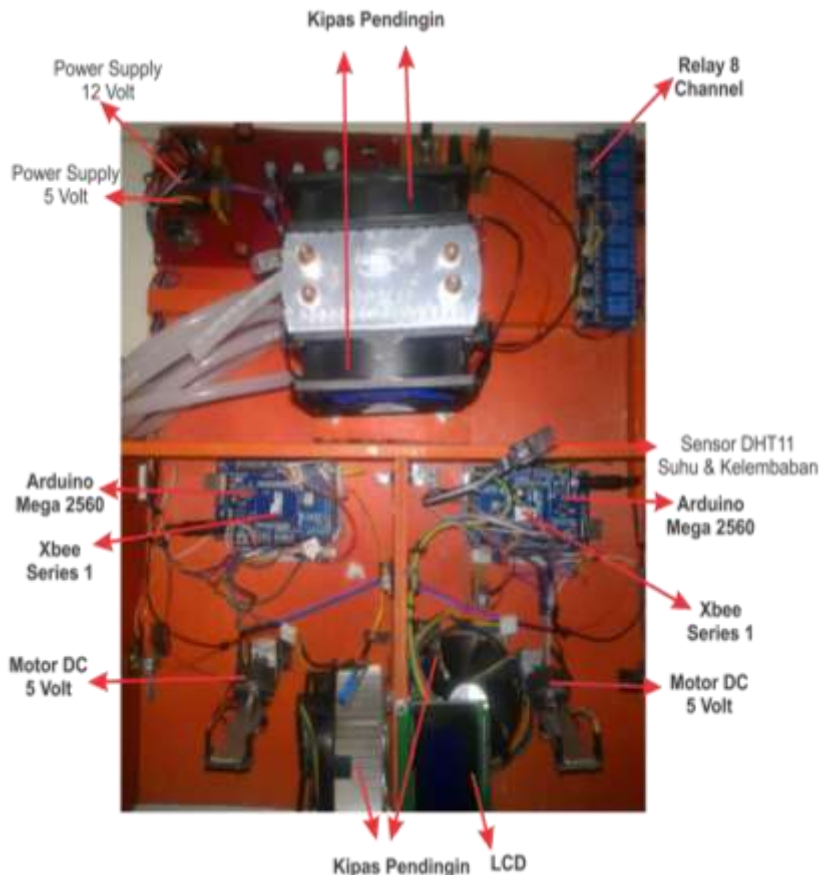
Parameter	Zigbee 802.15.4 (Tx)	Zigbee 802.15.4 (Rx)
PAN ID	1803	1803
DL	10	20
MY	20	10



**Gambar 3.** Pengaturan Konfigurasi Zigbee 802.15.4 (a) Konfigurasi arameter Zigbee 802.15.4 (Tx) (b) Konfigurasi Parameter Zigbee 802.15.4 (Rx)

**3.3 Realisasi Perangkat Keras *Prototype Smart Building Data Center* berbasis Jaringan Sensor Nirkabel (JSN)**

Realisasi perangkat keras *Prototype Smart Building Data Center* berbasis Jaringan Sensor Nirkabel ini menggunakan beberapa *hardware*, antara lain—mikrokontroler, sensor, *power supply*, kontrol, pendingin, dan komunikasi. Realisasi perancangan dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Hasil Realisasi Perangkat Keras

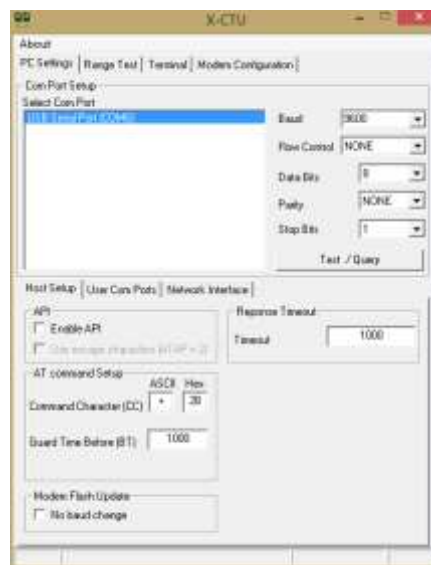
*Prototype* Jaringan Sensor Nirkabel ini kemudian dilanjutkan dengan tahap pengujian. Tujuan dari tahap pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah *prototype* yang dibangun sudah bekerja sesuai dengan rancangan awal.

**Tabel 2.** Spesifikasi Prototype Jaringan Sensor Nirkabel

No	Spesifikasi	Prototype
1.	Tinggi	15 cm
2.	Panjang	40 cm
3.	Lebar	40 cm
4.	Berat	3,7 kg
5.	Baterai	LiPo polimer 2200mAh 12 Volt dan 1000mAh 11,1 Volt
6.	Mikrokontroler	Arduino Mega 2560
7.	Sensor	DHT11, LDR, ADXL345, Tegangan
8.	Komunikasi	Zigbee 802.15.4 Series 1
9.	Pendingin	Peltier
10.	Penggerak	Motor DC 5 Volt, Kipas DC 12 Volt
11.	Penerangan	LED 1 Watt
12.	Kontrol	Relay 8 Channel

**3.4 Pengujian Jarak Jangkauan Komunikasi Zigbee 802.15.4**

Data yang dikirimkan pada saat pengujian merupakan data *default* dari *software* X-CTU. Pada Gambar 5 merupakan tampilan dari *software* X-CTU. Pada pengujian komunikasi Zigbee, data dikirim secara *Full Duplex*. Zigbee Tx akan mengirimkan data dan Zigbee Rx bertindak sebagai penerima data sekaligus mengirimkan data balik ke Zigbee Tx.



**Gambar 5.**Tampilan *Software* X-CTU

**3.5 Pengujian Packet Loss Terhadap Jarak**

Pengujian *Packet Loss* terhadap jarak Zigbee dilakukan pada lokasi *Outdoor* jarak yang digunakan sesuai dengan pengujian jarak jangkauan Zigbee yaitu 13 meter. Jumlah data dari sebuah sensor yang dikirimkan berbeda-beda. Dari jarak 1 s/d 3 meter data yang diterima sesuai dengan data yang dikirimkan. Dari jarak 4 meter s/d 12 meter terdapat perbedaan data yang diterima dengan data yang dikirim, sehingga terjadi *Packet Loss*. *Packet Loss* terjadi dikarenakan jarak jangkauan Zigbee mengirimkan data. Semakin jauh jarak, semakin banyak *Packet Loss* yang terjadi.

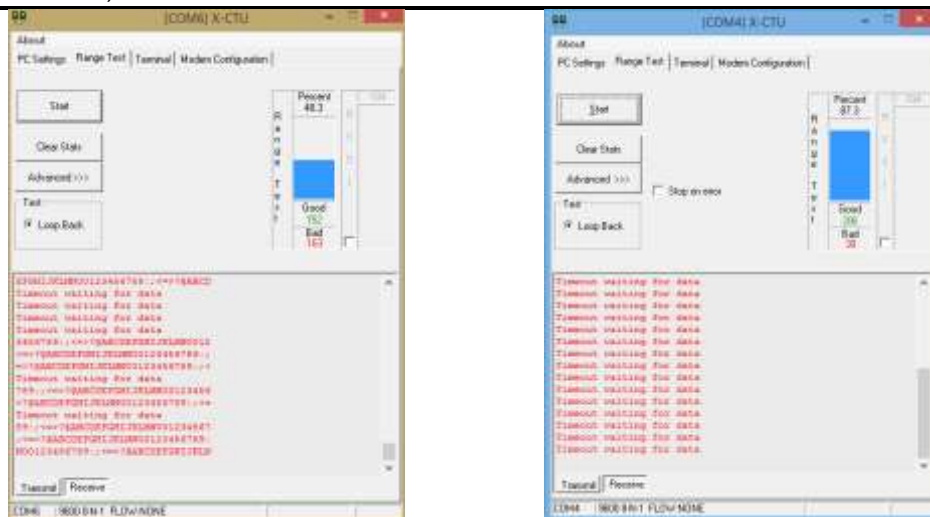
Berkaitan dengan pengujian *delay* terhadap jarak komunikasi Zigbee, *delay* yang besar mengakibatkan *Packet Loss* semakin besar, hal mendasar yang mempengaruhi mekanisme propagasi gelombang radio sehingga mempengaruhi *Packet Loss* pada komunikasi bergerak adalah peristiwa refleksi (pemantulan), difraksi (pembiasan) dan *scattering* (penghamburan).

**3.5.1 Pengujian Jarak Komunikasi di Lingkungan Outdoor**

Sampel hasil pengujian test jarak komunikasi antara Zigbee pada kondisi *Outdoor* ditunjukkan pada Gambar 6.

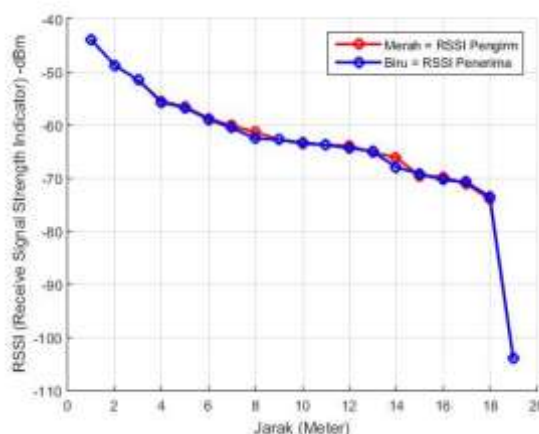
**Zigbee (TX) Pengirim**

**Zigbee (RX) Penerima**



Gambar 6. Hasil Pengujian Jarak 1 meter Komunikasi Zigbee dengan Software X-CTU

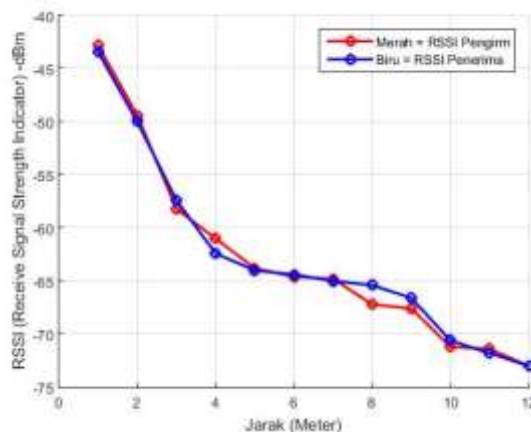
Hasil pengujian RSSI pada komunikasi antara Zigbee di lingkungan *outdoor* komunikasi Zigbee di lingkungan *outdoor* maksimal 18 meter dengan nilai *Receive Signal Strength Indicator* (RSSI) yang berbeda tiap jaraknya. Semakin jauh jarak komunikasi Zigbee kuat sinyal akan semakin menurun, sedangkan RSSI dari Zigbee minimal agar dapat berkomunikasi di sisi penerima adalah -92 dBm. Dari hasil data yang didapatkan jarak maksimal Zigbee adalah 19 meter dengan nilai RSSI -104 dBm. Dengan nilai RSSI -104 dBm ini sesuai dengan spesifikasi teknisnya, maka komunikasi sudah terputus. Hasil pengujian menunjukkan jarak jangkauan Zigbee tidak sesuai dengan spesifikasi teknis yang disebutkan dalam datasheet.



Gambar 7. Grafik Hasil Pengukuran RSSI pada Komunikasi Zigbee di Lingkungan *Outdoor*

### 3.5.2 Pengujian Jarak di Lingkungan *Indoor*

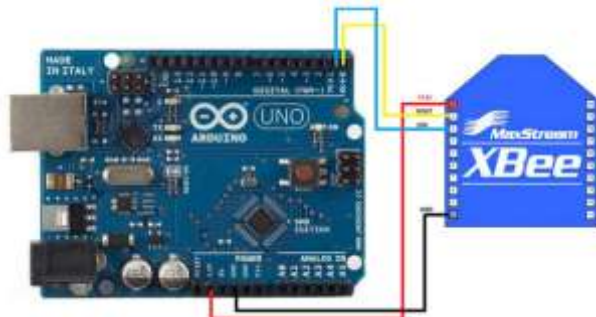
Pengujian jarak komunikasi Zigbee di lingkungan *indoor* bertujuan sebagai pembanding lingkungan *Outdoor*. Jarak komunikasi maksimum untuk pengujian jarak Zigbee di lingkungan *indoor* adalah 12 meter, karena keterbatasan luas ruangan pada pengujian menunjukkan variasi nilai RSSI untuk setiap jarak komunikasinya. Nilai RSSI yang didapatkan berbeda dengan hasil pengukuran di lingkungan *outdoor*. Perubahan nilai RSSI pada kondisi *indoor* tidak terlalu signifikan di setiap jarak pengukuran. Hasil yang didapatkan di lingkungan *indoor* tidak jauh berbeda, dengan kondisi *outdoor*, semakin jauh jarak komunikasi Zigbee kuat sinyal akan semakin menurun.



Gambar 8. Grafik Hasil Pengukuran Jarak Komunikasi Zigbee Kondisi Indoor

### 3.7 Pengujian Komunikasi antara Zigbee dengan Komputer

Media komunikasi yang digunakan untuk proses pengiriman dan penerimaan dari alat *Prototype* dengan PC (*Personal Computer*) adalah Zigbee dengan frekuensi 2.4 GHz. Zigbee 802.15.4 menggunakan modulasi FSK (*Frequency Shift Keying*) dan komunikasi yang digunakan oleh adalah *Full Duplex*. Karena aliran data sifatnya satu arah, maka penelitian ini menggunakan komunikasi Zigbee *simplex*, yaitu komunikasi satu arah saja.



Gambar 9. Skema Zigbee 802.15.4 dengan Mikrokontroler Arduino

Untuk mentransmisikan data yang didapat, perangkat mikrokontroler arduino diberikan perintah `Serial.print` dan `Serial.println` atau dalam pengujian Zigbee dikirimkan data sebuah teks ("I Made Sastra Dwikiarta");("Fakultas Vokasi Warmadewa") ("Teknologi Telekomunikasi"). Perintah tersebut dikirimkan setiap 1 detik. Pengujian Zigbee 802.15.4 ini dilakukan dengan menggunakan *software* XCTU untuk menampilkan data hasil *transmisi* yang diterima oleh perangkat penerima. Diawali dengan pemilihan port USB Serial yang telah terinstal driver dari Zigbee 802.15.4 pada *software* XCTU, pada pengujian ini digunakan (COM6), dilanjutkan dengan menuliskan nilai baud rate yang digunakan (9600). Gambar 10 merupakan proses pengiriman data untuk perangkat Arduino Zigbee *transmitter* ke Zigbee *receiver*, sedangkan Gambar 8 ini merupakan tampilan berupa data yang diterima melalui Zigbee 802.15.4.



Gambar 10. Pengujian Perangkat Zigbee 802.15 untuk proses *transmitter* dan *receiver*



## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu desain Prototype Smart Building berbasis jaringan sensor nirkabel menggunakan protocol zigbee 802.15 *Xbee series 1* dapat berjalan dengan baik dalam penerapan hardware dan software. Konsumsi energi yang dihasilkan sangatlah kecil. Dari hasil pengujian node sensor mengirim dan menerima data dengan akurat. Dalam pengiriman data sensor melalui *node* sensor ke *node* koordinator perlu dilakukannya metode parsing data dari sisi *software*. Setiap *node* sensor dalam pengiriman data sensor diberikan *header* sebagai penanda *node* 1 dengan *node* lainnya. Pengujian Jarak komunikasi protocol Zigbee di lingkungan *outdoor* maksimal 19 meter dengan nilai *Receive Signal Strength Indicator* (RSSI). Pengujian *Quality of Service* (QoS) yaitu *delay* semakin jauh jarak komunikasi Zigbee maka *delay* yang didapatkan juga semakin besar, agar dapat tetap mengirimkan data secara realtime di sisi penerima dan pengirim maksimal adalah -92 dBm. Hal ini dapat terjadi karena ketika jarak yang dikirim lebih jauh, maka waktu pengiriman dibutuhkan lebih lama. Pengujian *Packet loss*, semakin jauh jarak semakin besar *packet loss* yang terjadi. Berkaitan dengan pengujian *delay* terhadap jarak komunikasi Zigbee, *delay* yang besar mengakibatkan *packet loss* semakin besar, hal mendasar yang mempengaruhi adalah propagasi gelombang radio *sehingga* mempengaruhi *packet loss* pada komunikasi bergerak adalah peristiwa refleksi (pemantulan), difraksi (pembiasan) dan *scattering* (penghamburan).

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah membantu serta mendukung penulis dalam menyusun dan menyelesaikan jurnal ini, yaitu kepada rekan – rekan dosen Prodi Teknologi Telekomunikasi dan Sistem Informasi Akuntansi Fakultas Vokasi Universitas Warmadewa.

## REFERENCES

- [1] R. L. Nurbed, R. Munadi, and R. Mayasari, "PROTOTYPE SMART STREET LIGHTING DI WIRELESS SENSOR NETWORK ( Prototype Smart Street Lighting in Wireless Sensor Network )," pp. 1–9.
- [2] S. Ahdan and E. Redy Susanto, "Implementasi dashboard smart energy untuk pengontrolan rumah pintar pada perangkat bergerak berbasis internet of things," *J. Teknoinfo*, vol. 15, no. 1, p. 26, 2021, doi: 10.33365/jti.v15i1.954.
- [3] A. Bhawiyuga and W. Yahya, "Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Budidaya Menggunakan Jaringan Sensor Nirkabel Berbasis Protokol LoRa," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 6, no. 1, pp. 99–106, 2019, doi: 10.25126/jtiik.2019611292.
- [4] F. Z. Rachman, "Implementasi Jaringan Sensor Nirkabel Menggunakan Zigbee pada Monitoring Tabung Inkubator Bayi," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 2, p. 207, 2016, doi: 10.25077/jnte.v5n2.221.2016.
- [5] A. S. Putra, H. Sukri, and K. Zuhri, "Sistem Monitoring Realtime Jaringan Irigasi Desa (JIDES) Dengan Konsep Jaringan Sensor Nirkabel," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.)*, vol. 8, no. 2, p. 221, 2018, doi: 10.22146/ijeis.39783.
- [6] Helmy Fitriawan, Roviq Cholifatul Rohman, Herlinawati, and Sri Purwiyanti, "2. Pengukuran RSSI Jaringan Sensor Nirkabel\_2020," vol. 16, no. 36, 2020.
- [7] I. R. Bhoka Tola, S. Y. Doo, and D. E. D. G. Pollo, "Pemodelan Dan Simulasi Pengaruh Posisi Dan Ketinggian Nodal Sensor Terhadap Quality of Services (QoS) Jaringan Sensor Nirkabel Menggunakan Protokol Zigbee," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 4, no. 2, pp. 637–648, 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i2.445.
- [8] F. ROFII, F.- HUNAINI, and S. SHOLAWATI, "Kinerja Jaringan Komunikasi Nirkabel Berbasis Xbee pada Topologi Bus, Star dan Mesh," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 6, no. 3, p. 393, 2018, doi: 10.26760/elkomika.v6i3.393.
- [9] A. Akhriana, I. Irsal, M. I. Hidayat, and I. Inkasari, "Analisis Pengiriman Data Pada Jaringan Sensor Nirkabel Menggunakan Modul XBEE Dan Wemos," *PROtek J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 33–39, 2020, doi: 10.33387/protk.v7i1.1765.
- [10] S. K. Azifah and I. Waspada, "Rancang Bangun Smart Building Dalam Memantau Dan," *J. Inf. Komput. Dan Manaj.*, vol. 13, no. 2, pp. 27–39, 2017.
- [11] A. Bakar and S. A. Salim, "Implementasi Smart Building Berbasis Internet of Things Pada Laboratorium Teknologi Rekayasa Sistem Elektronika," vol. 5, no. 1, pp. 21–28, 2024.
- [12] O. N. Samijayani and I. Fauzi, "Perancangan Smart Home Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel," *J. Al-AZHAR Indones. SERI SAINS DAN Teknol.*, vol. 3, no. 2, p. 76, 2017, doi: 10.36722/sst.v3i2.188.
- [13] Y. A. Hayomi, A. S. Wibowo, and Istiqomah, "Sistem Parkir Berbasis Iot Menggunakan Jaringan Sensor Nirkabel Pada Gedung Perkantoran," vol. 8, no. 2, pp. 1051–1059, 2021.
- [14] S. Ayu Wulandari *et al.*, "Perancangan Sistem Monitoring dan Kontrol Produksi Garam Berbasis Internet Of Things," *Indones. J. Halal*, vol. 4, no. 2, pp. 57–61, 2021, [Online]. Available: <https://doi.org/10.14710/halal.v4i2.13687>
- [15] I. N. R. Hendrawan, I. G. Ngurah, and W. Arsa, "Eksperimen Pengukuran Parameter RSSI dan Throughput Protokol ZigBee pada Perangkat XBee Seri 2," *SATIN - Sains dan Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 2, 2016.
- [16] I. G. M. N. Desnanjaya, I. N. B. Hartawan, W. G. S. Parwita, and I. B. A. I. Iswara, "Performance Analysis of Data Transmission on a Wireless Sensor Network Using the XBee Pro Series 2B RF Module," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.)*, vol. 10, no. 2, p. 211, 2020, doi: 10.22146/ijeis.59899.