

## IMPLEMENTASI JARINGAN SENSOR NIRKABEL ZIGBEE MENGGUNAKAN TOPOLOGI *MESH* PADA PEMANTAUAN DAN KENDALI PERANGKAT RUANG

Fathur Zaini Rachman<sup>1</sup>, Armin<sup>2</sup>, Nur Yanti<sup>3</sup>, Qory Hidayati<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Balikpapan

Email: <sup>1</sup>fozer85@gmail.com, <sup>2</sup>armin@poltekba.ac.id, <sup>3</sup>nur.yanti@poltekba.ac.id, <sup>4</sup>qory.hidayati@poltekba.ac.id

(Naskah masuk: 25 Agustus 2017, diterima untuk diterbitkan: 28 September 2017)

### Abstrak

Sistem pemantau dan kendali memiliki fungsi untuk merekap data dan mengakses perangkat ruangan yang terpasang pada setiap titik pemasangan. Komunikasi yang digunakan adalah komunikasi nirkabel ZigBee dengan menggunakan topologi *mesh*. *Coordinator* merupakan pusat data yang terhubung langsung ke komputer, dan hasilnya ditampilkan dalam bentuk HMI, sehingga seorang operator dapat dengan mudah memantau dan mengendalikan perangkat-perangkat yang terpasang pada ruangan. Perangkat ruangan terdiri dari sensor diantaranya PIR, arus, pendeteksi asap dan sidik jari, yang kesemuanya terhubung dengan arduino yang bertugas sebagai pemroses data untuk membentuk protokol-protokol yang akan dikirim dari titik *end device* ke *coordinator*. Hasil pengujian jarak pengiriman antara titik pemasangan ZigBee maksimal 93 meter tanpa halangan dan 30 meter dengan halangan. Adapun *throughput* pengiriman data dari *end device* dan simulator ke titik *coordinator* akan semakin besar jika delay diperkecil dan paket data diperbesar dalam setiap pengirimannya. Hasil dari *packet loss* pada pengujian didapatkan 4,94 %, ini dikarenakan faktor *floating* yang terjadi pada arduino.

**Kata kunci:** ZigBee, topologi mesh, throughput, packet loss

### Abstract

*The monitoring and control system has the function of recording data and accessing the installed room equipment. The communication used is ZigBee wireless communication with mesh topology. The coordinator is a data center connected directly to the computer, and the results are displayed in the form of HMI, so that an operator can easily monitor and control the devices installed in the room. The room equipment consists of sensors such as PIR, current, smoke detector and fingerprint, all of which are connected to the arduino that serves as data processors in the form of protocols to be sent from the end device point to the coordinator. The result of test, delivery distance between ZigBee installation point is 93 meters away without obstruction and 30 meter with obstacle. The data transmission throughput from the end device and simulator to the coordinator point will be greater if the delay is reduced and the data packet enlarged in each delivery. The result of packet loss in the test is 4.94%, this is due to floating factor.*

**Keywords:** ZigBee, topologi mesh, throughput, packet loss

## 1. PENDAHULUAN

Saat ini, hampir semua perangkat ruangan di perkantoran, hotel, kampus dan instansi-instansi pemerintah atau swasta sudah dilengkapi dengan sistem keamanan ruangan, mulai penggunaan kunci, *password* keypad hingga teknologi RFID pada setiap pintu untuk meningkatkan keamanan ruangan. Dimulai dari sistem keamanan ruang menggunakan pin pada keypad dan kecerdasan ruang menggunakan multi sensor (Kamolani, 2016). Dari beberapa teknologi tersebut, yang paling banyak diimplementasikan adalah teknologi RFID yang difungsikan untuk akses pintu yang memiliki beberapa ruangan yang bertingkat dan banyak pada setiap bangunan. Seiring dalam penggunaan ternyata ditemukan beberapa kendala oleh pengguna, seperti hilang, lupa dan bahkan penyalahgunaan kartu RFID. kemudian dilanjutkan lagi dengan teknologi

*fingerprint* yang ditambah dengan kemajuan sensor dan mikrokontroler sehingga membuat suatu ruangan menjadi lebih cerdas, ruangan dilengkapi dengan sensor tambahan seperti sensor sidik jari sebagai akses pintu ruangan dan sensor PIR (*Passive Infrared Receiver*) sebagai sensor gerak yang difungsikan untuk kendali lampu ruangan (Saputra, 2014) dan sistem pengaturan pencahayaan ruangan dalam penghematan energi (Putro, 2016). Teknologi yang diterapkan untuk akses ruang terus berkembang hingga penggunaan yang berlapis yaitu RFID, PIN pada keypad, sidik jari yang juga dilengkapi dengan penyimpanan data dan notifikasi diharapkan dapat meningkatkan keamanan ruang (Suhendro, 2016). Kemudian teknologi nirkabel dalam kecerdasan ruang menjadi solusi dalam instalasi kabel yang banyak khususnya pada multi sensor pada akses ruang *smart home* (Rachman, 2016) dan bidang medis salah satunya pada

monitoring tetes infus menggunakan jaringan nirkabel dengan topologi *star* (Rachman, 2015). Teknologi itu semua hanya sebatas pada akses ruang dan kecerdasannya yang berdiri sendiri pada setiap ruang. Sedangkan pada kenyataannya perkembangan dibutuhkan akses ruang yang banyak seperti pada laboratorium kampus ataupun tempat lain yang memerlukan pemantauan dan kendali pada setiap ruang, agar dapat terjamin keamanannya.

Pada penelitian ini membahas bagaimana membangun suatu sistem pemantau dan kendali ruang yang berpusat dengan menggunakan jaringan nirkabel ZigBee pada gelombang 2,4 GHz, terdiri dari beberapa perangkat diantaranya *end device* sebagai titik pemasangan, *router* sebagai jembatan penghubung antara *end device* dengan *coordinator* serta pengujian kinerja dari ZigBee itu sendiri. Selain itu, sistem pemantauan dan kendali ditampilkan dalam bentuk HMI (*Human Machine Interface*) sehingga mudah digunakan oleh operator dalam pengoperasiannya.

## 2. Komunikasi ZigBee

ZigBee adalah suatu modul RF yang memiliki kecepatan data rendah (*low data rate*), biaya murah (*low cost*) yang berkerja pada jaringan nirkabel jarak pendek. ZigBee beroperasi pada frekuensi 868 MHz, 915 MHz serta 2,4 GHz. Data rate maksimum adalah 250 Kbps (Farahani, 2008) (Firdaus, 2014). Salah satu bentuk fisik teknologi ini seperti pada gambar 1 di bawah ini .

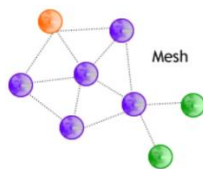


Gambar 1. Zigbee

ZigBee memiliki berbagai jenis jangkauannya dan topologi jaringan seperti *star* dan *mesh*.

### A. Jaringan Mesh

Seperi pada gambar 2, jaringan *mesh* adalah jaringan komunikasi yang terdiri dari *client mesh* (node), *mesh* dan *router gateway* dan terhubung menggunakan topologi *mesh*. Node bisa berupa laptop, ponsel dan perangkat nirkabel lainnya (Firdaus, 2014).



Gambar 2. Topologi Mesh

Dalam penerapannya jaringan *mesh* memiliki kelebihan dalam jarak, karena setiap node saling terhubung sehingga sangat memungkinkan pengiriman. Sedangkan jaringan yang menggunakan topologi *star* jarak jangkauan lebih pendek, karena setiap node pemasangan hanya dapat mengirim dan menerima data sesuai dengan jarak yang dimiliki

oleh ZigBee, sehingga topologi ini tidak cocok jika diterapkan di ruang lingkup yang luas.

### B. Kinerja Coordinator ZigBee

Dalam pengujian kinerja *coordinator* dibagi menjadi 2 bagian, yaitu pengujian *throughput* dan *packet loss*.

*Throughput* menunjukkan banyaknya data yang dapat diterima oleh *coordinator* dalam selang waktu tertentu, *throughput* pada besarnya trafik yang terdapat pada jaringan. *Throughput* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (B. Preveze, 2010):

$$Tg \left( \frac{\text{byte}}{s} \right) = \frac{Db * rx}{T(s)} \quad (1)$$

Keterangan:

Db = Data Byte

Tg = *Throughput*

rx = data yang diterima

T = waktu (detik)

*Packet loss* adalah data-data yang terkirim dari titik pemasangan hingga ke titik *coordinator* yang mana data-data tersebut tidak diterima oleh *coordinator* (Shamsi, 2010). Perhitungan *packet loss* dalam suatu pengiriman dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (Koul).

$$PL_T = \left( 1 - \frac{nT_{recv}}{nT_{sent}} \right) \times 100\% \quad (2)$$

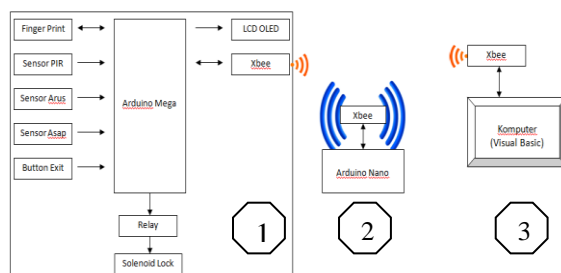
Pad pengujian *throughput*, semua perangkat pada satu lingkup jaringan mengirim data ke titik *coordinator* maka terjadi perubahan jumlah data yang dikirim maupun yang diterima. Dari perubahan tersebut didapatkan *packet loss*, adapun perhitungan untuk mendapatkan rata-rata dari *packet loss* tersebut dapat menggunakan persamaan.

$$\text{Rata - rata } PL_T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3)$$

Dengan pengujian pengiriman data yang diterima maka akan didapat *packet loss*, dalam pengujiannya dilakukan dengan peningkatan jumlah data yang dikirim dari titik perangkat atau *end device* ke titik *coordinator*.

## 3. Model Sistem

Pada model sistem, dibagi menjadi 3 bagian yaitu *end device*, *router* dan *coordinator*. Adapun perancangannya seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Model Sistem Komunikasi

Keterangan :

- 1: *End device* (titik perangkat)
- 2: *Router*
- 3: *Coordinator* (pusat data)

Model sistem komunikasi terdiri dari *end device*, *router* dan *coordinator*, *end device* sebagai pusat informasi dan pengolahan data-data sensor dan perangkat-perangkatnya ruangan, data dibentuk menjadi sebuah protokol-protokol. *Router* berfungsi sebagai penghubung pertukaran protokol data yang dikirim dari atau ke titik *coordinator*. Sedangkan *coordinator* sebagai pusat kendali dan pemantauan keadaan ruangan dalam satu jaringan yang sama.

A. Konfigurasi ZigBee (xbee)

Konfigurasi xbee menggunakan software XCTU dan konfigurasi tersebut akan tetap ada meskipun xbee dimatikan sementara, konfigurasi xbee *end device* *router* dan *coordinator* dapat dilakukan sekaligus asalkan ketiga xbee terhubung ke komputer. Konfigurasinya seperti pada tabel 1.

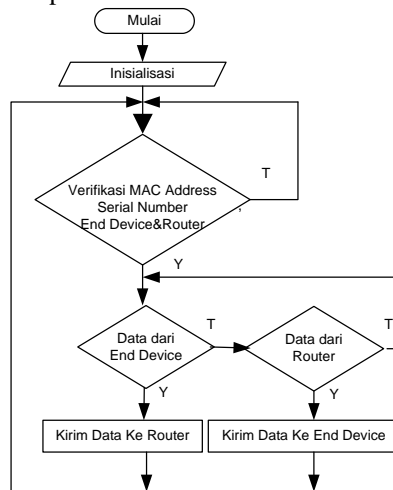
Tabel 1. Konfigurasi xbee

Xbee	Configuration	value
Port :COM5-9600/8/N/1/N-AT Mac : 0013A20040A0AF69	CH Channel	C
	ID pan ID	3332
	DH (Destination Address High)	0
	DL (Destination Address Low)	0
	SH (Serial Number High)	13A200
	SL (Serial Number Low)	40A0AF69
	CE Coordinate Enable	Coordinate [1]
	NI Node Identifier	Coordinator
Port :COM15-9600/8/N/1/N-AT Mac : :0013A20040936D2D	CH Channel	C
	ID pan ID	3332
	DH (Destination Address High)	13A200
	DL (Destination Address Low)	40A0AF69
	SH (Serial Number High)	13A200
	SL (Serial Number Low)	40936D2D
	CE Coordinate Enable	End device [0]
	NI Node Identifier	Ruang1
Port :COM4-9600/8/N/1/N-AT Mac : 0013A20040A0AF9A	CH Channel	C
	ID pan ID	3332
	DH (Destination Address High)	13A200
	DL (Destination Address Low)	40A0AF69
	SH (Serial Number High)	13A200
	SL (Serial Number Low)	40A0AF9A
	CE Coordinate Enable	End device [0]
	NI Node Identifier	Ruang2

Konfigurasi xbee dimaksudkan agar komunikasi data antar xbee dapat dikirim sesuai penerima dan dapat ditampilkan hasil pengirimannya.

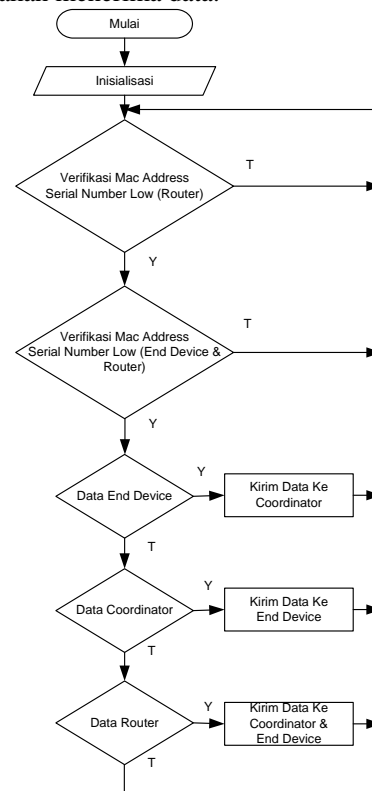
B. Proses kerja Jaringan xbee

Pada setiap titik jaringan memiliki proses kerja masing-masing sesuai dengan fungsi dan perannya dalam jaringan. Pada gambar 4, merupakan alir proses data pada *end device*.



Gambar 4. Diagram Alir End device

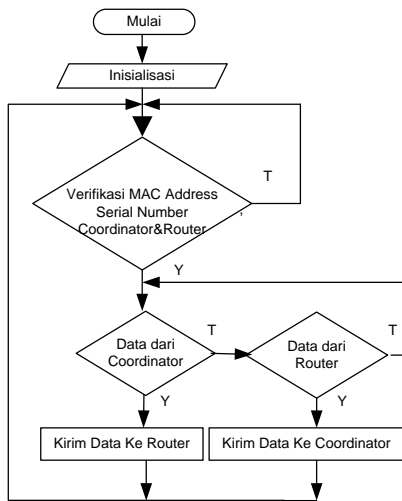
Dalam proses pengiriman data xbee memiliki pengaturan berbeda antara *router* dan *end device*, selanjutnya xbee *end device* dan xbee *router* akan melakukan verifikasi, yaitu konfigurasi *end device* dan *router* itu sendiri, serial number high dan serial number low dari *router* sebagai protokol dan jika data berasal dari *end device* maka data dikirim ke *router* namun jika data asalnya dari *router* maka *end device* akan menerima data.



Gambar 5. Diagram Alir Router

Pada gambar 5, merupakan alir proses data pada router yang merupakan jembatan penghubung pertukaran data antara end device dengan coordinator. Dalam proses pengiriman data xbee router akan melakukan verifikasi, yaitu konfigurasi router itu sendiri, serial number high dan serial number low dari Coordinator dan end device sebagai protokol dan jika data berasal dari end device maka data dikirim ke Coordinator, jika data asalnya dari Coordinator maka data akan dikirim ke end device, dan jika data berasal dari router maka data dikirim ke end device dan Coordinator.

Pada gambar 6, merupakan titik penerimaan data yang masuk ataupun yang keluar menuju router.

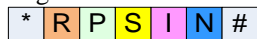


Gambar 6. Diagram Alir Coordinator

Dalam proses pengiriman data xbee Coordinator akan melakukan verifikasi, yaitu konfigurasi Coordinator itu sendiri, serial number high dan serial number low dari router sebagai protokol dan jika data berasal dari Coordinator maka data dikirim ke Router namun jika data asalnya dari router maka Coordinator akan menerima data.

C. Protokol Data

Untuk mempermudah dan mengamankan data pada jaringan yang dilalui maka diperlukan protokol data seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Protokol Data

Keterangan:

- \* : Start Data
- R : Ruangan
- P : Sensor Gerak
- S : Sensor Asap
- I : Sensor Arus
- N : Identitas Pemakai
- # : End Data

Prorokol data terdiri dari 7 byte, setiap byte memiliki fungsi masing-masing dalam komunikasi

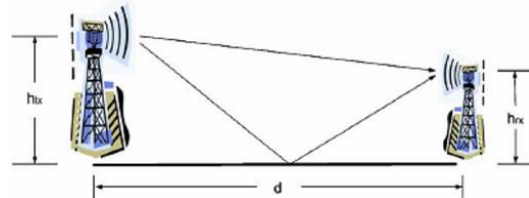
data. Simbol (\*) berfungsi sebagai byte awal dari prokol data, simbol (R) berfungsi sebagai byte identitas ruangan, simbol (P) berfungsi sebagai byte pendeteksi keberadaan pengguna ruangan, simbol (S) berfungsi sebagai byte pendeteksi asap pada ruangan, simbol (I) berfungsi sebagai byte penggunaan daya yang terpakai pada suatu ruangan, simbol (N) berfungsi sebagai Identitas pengguna ruangan yang terekap pada basis data pada modul fingerprint, dan yang terakhir simbol (#) berfungsi sebagai byte akhir dari protokol pengiriman data.

4. Pengujian dan Hasil

Pengujian dilakukan untuk memastikan kinerja alat yang digunakan seperti jarak, throughput, packet error dan hasil paket data yang diterima pada panel.

A. Jangkauan ZigBee

Pengujian dilakukan seperti pada gambar 8, yang terdiri pengirim (htx) dan penerima (hrx).



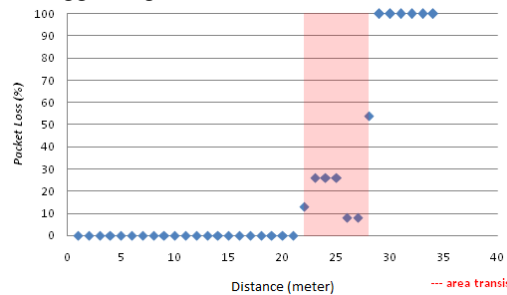
Gambar 8. Variasi Jarak dan Tinggi Pengiriman

Pengiriman dilakukan dengan jarak, tinggi pengiriman dan penerimaan berbeda-beda. Serta dilakukan pengiriman dengan ada dan tanpa halangan.

➤ Pengujian Dengan Ada Halangan

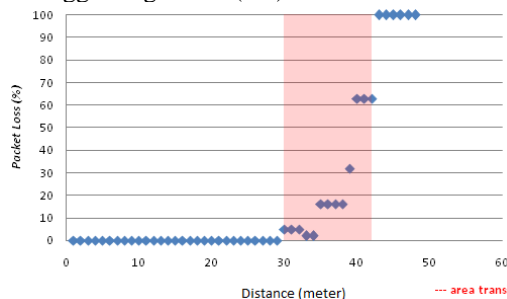
Pengujian dilakukan dengan halangan, dan halangan di sini adalah berupa tembok dan pintu ruangan.

• Tinggi Pengiriman (htx) 0 cm



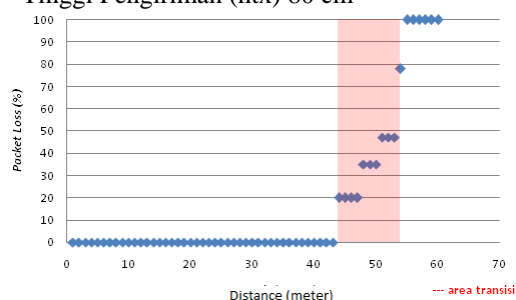
Gambar 9. Tinggi Pengiriman 0 cm dari Penerima

• Tinggi Pengiriman (htx) 40 cm



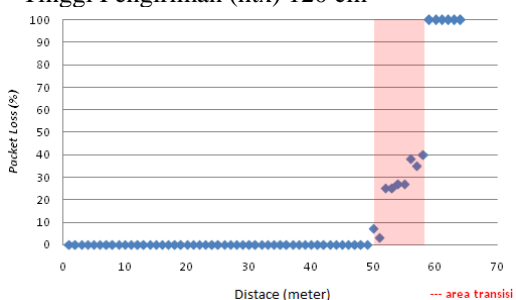
Gambar 10. Tinggi Pengiriman 40 cm dari Penerima

- Tinggi Pengiriman (htx) 80 cm



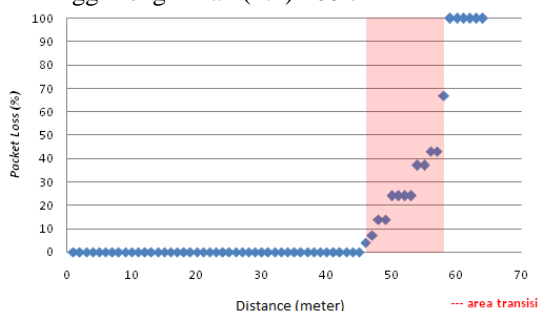
Gambar 11. Tinggi Pengiriman 80 cm dari Penerima

- Tinggi Pengiriman (htx) 120 cm



Gambar 12. Tinggi Pengiriman 120 cm dari Penerima

- Tinggi Pengiriman (htx) 160 cm



Gambar 13. Tinggi Pengiriman 160 cm dari Penerima

Seperti pada gambar 9 sampai 13 Jarak pengiriman terbaik terdapat pada ketinggian pengiriman 120 cm dengan jarak 49 meter dengan ada halangan.

➤ **Pengujian Tanpa Ada Halangan**

Pengujian dilakukan dengan tanpa ada halangan dengan ketinggian 120 cm dari ketinggian penerima. Adapun hasil dari pengujiannya seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Pengiriman Tanpa Halangan

No	Jarak (Meter)	Data Terkirim
1	1	Ya
2	10	Ya
3	20	Ya
4	30	Ya
5	40	Ya
6	50	Ya
7	60	Ya
8	70	Ya

9	80	Ya
10	90	Ya
11	91	Ya
12	93	Ya
13	94	Ya/Tidak
14	100	Ya/Tidak
15	>100	Tidak

Pengiriman maksimal dengan tanpa ada halangan maksimal 93 meter dan jarak 94 meter hingga 100 meter merupakan jarak transisi pengiriman, yaitu ada dan tidak data yang diterima pada penerima. Pada jarak lebih dari 100 meter, semua data tidak ada yang diterima pada titik *coordinator*.

B. *Throughput (Tg)*

Dari jumlah paket data yang masuk dan lamanya pengambilan data, akan dapat diketahui *throughput* pada suatu jaringan. Pada pengujian ini, menggunakan simulator pengiriman paket data yang bervariasi dari 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 hingga 84 *byte* dengan delay 1 detik.

Tabel 2. *Throughput* Pengiriman

No	D1 (byte)	D2 (byte)	C (byte)	Tg (byte)
1	7	7	840	14
2	7	14	1204	20
3	7	21	1620	27
4	7	28	1975	32
5	7	35	2360	39
6	7	42	2776	46
7	7	49	3154	52
8	7	56	3555	59
9	7	63	3896	64
10	7	70	4376	72
11	7	77	4895	81
12	7	84	5130	85

Pada Tabel 2, hasil pengujian *throughput* transmisi dilakukan dengan 12 kali pengujian, pada pengujian terdiri dari perangkat (D1) yang merupakan sumber paket data yang melakukan pengiriman 7 *byte* setiap detiknya. *Simulator* (D2) pada pengujian ini melakukan pengiriman paket data yang bervariasi untuk menguji trafik yang ada pada jaringan, setiap pengiriman yang dilakukan oleh *simulator* merupakan implementasi dari banyaknya perangkat yang digunakan.

C. *Packet Loss*

*Packet loss* merupakan paket data yang hilang dari semua pengiriman ke titik *coordinator* (rachman, 2016). Pada pengujian ini, dapat dilihat pada tabel 3, data dikirim setiap 1 detik selama 1 menit.

Tabel 3. *Packet Loss*

Byte / menit		PLT (%)
nT recv	nT sent	
840	840	0
1204	1260	4,44
1620	1680	3,57
1975	2100	5,95
2360	2520	6,34

2776	2940	5,57
3154	3360	6,13
3555	3780	5,95
3896	4200	7,23
4376	4620	5,28
4895	5040	2,87
5130	5460	6,04

Dengan menggunakan persamaan 3, maka dapat diketahui rata-rata *packet loss* pada pengujian ini yaitu 4,94%.

D. Paket Data

Pada Tabel 4, Paket data yang dikirim dari titik *end device* ke *coordinator* dan hasilnya ditampilkan pada HMI menggunakan Visual Basic melalui jalur komunikasi serial.

Tabel 4. Hasil Tampilan Pada HMI

Jenis Sensor	Protokol Data (byte)	Tampilan pada HMI				
		Room	PIR	Asap	Arus	ID
Finger Print	*10000#	1	0	0	0	0
PIR	*11000#	1	Ada	0	0	0
Asap	*11100#	1	Ada	Ada	0	0
Arus	*11110#	1	Ada	Ada	1 A	0
Finger Print	*11111#	1	Ada	Ada	Ada	1

Paket data dikirim sebanyak 7 byte, byte pertama (\*) sebagai start byte, byte kedua sebagai identitas ruangan, byte ketiga sebagai pendeteksi keberadaan orang, byte ke empat sebagai pendeteksi asap, byet ke lima sebagai informasi penggunaan arus pada suatu ruangan, byte ke enam sebagai identitas pemakai ruangan dan byte ke tujuh (#) sebagai akhir data byte yang dikirim.

5. KESIMPULAN

Maksimal jarak pengiriman data (tanpa ada halangan) dari titik *end device* ke *coordinator* adalah 93 meter dengan jumlah data yang dikirim 7 byte dengan ketinggian pengiriman 1,6 meter. Pada jarak 94 meter hingga 100 meter merupakan jarak transisi, paket data sering terjadi kegagalan dalam pengiriman (*packet loss*). Pada Jarak 100 meter lebih sudah tidak ada lagi data yang diterima oleh titik *coordinator*. jumlah *throughput* sebanding lurus dengan banyak data yang yang diterima oleh *coordinator*. *Packet loss* diambil dari pengujian *throughput* dan dilakukan pada jarak yang masih dapat dijangkau oleh jaringan. Rata-rata *packet loss* pada pengujian ini adalah 4,94 %.

6. DAFTAR PUSTAKA

KAMOLAN, A. & SAMPEBATU, L., 2016, Rancang Bangun Prototipe Pengaman Ruang Dengan Input Kode Pin dan Multi Sensor Berbasis Mikrokontroler, Prosiding SNTI IV.

SAPUTRA, D., 2014, Akses Kontrol Ruang Menggunakan Sensor Sidik Jari Berbasis Mikrokontroler ATMEGA328P, Prosiding SENTIKA.

PUTRO, KAMBAY, 2016, Sistem Pengaturan Pencahayaan Ruang Berbasis Android Pada Rumah Pintar, JNTE Vol: 5, No. 3, November.

SUHENDRO, 2016, Rancang Bangun Prototipe Sistem Kunci Pengaman Pintu Ruang Radiasi Dengan Arduino dan Sistem Operasi Android, Prosiding SNATIF Ke-3.

RACHMAN, 2016, Implementasi Komunikasi Nirkabel Pada Smart Home Berbasis Arduino, Prosiding SNATIF Ke-3.

JAZI EKO, 2014, Pengantar Elektronika & Instrumentasi, C.V ANDI OFFSET.

FARAHANI, 2008, *ZigBee Wireless Networks and Transceivers*, Newnes.

RACHMAN, F.Z., 2015, *Prototype development of monitoring system in patient infusion with wireless sensor network*, IEEE, Page(s) 329-402, DOI: 10.1109/ISITIA.2015.220013.

FIRDAUS, 2014, *Wireless Sensor Network; Teori dan Aplikasi*, Graha Ilmu.

PREVEZE, B., SAFAK, A., 2010, *Throughput Improvement of mobile multi-hop wireless network*, Internasional Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN), vol.2, no.3, August.

SHAMSI, M. & RAHBAR, A. G., 2010, *Packet loss Analysis of Multi-Fiber Asymmetric Share-per-link optical packet switches*, Internasional Journal of Advances in Optical Communication and Network, Vol. 1, No.1, Des 2010.

KOUL, M.S, Analysis of The Effects of *Packet loss* and Delay Jitter on MPEG-4 Video Quality, Dept. of Electric Engineering, Arlington , Texas.