

## SISTEM MONITORING RESERVOIR AIR TERDISTRIBUSI SEBAGAI PENDUKUNG SMART BUILDING

Feriq Muhammad Darajat<sup>1</sup>, Basuki Rahmat<sup>2</sup>, Angga Rusdinar<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Telekomunikasi, <sup>3</sup>Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

[feriqmuhammad@students.telkomuniversity.ac.id](mailto:feriqmuhammad@students.telkomuniversity.ac.id), [basukir@telkomuniversity.ac.id](mailto:basukir@telkomuniversity.ac.id),

[anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id](mailto:anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id)

### Abstrak

*Smart building* merupakan sebuah aplikasi sistem kontrol terdistribusi yang diterapkan untuk kontrol alat-alat di dalam sebuah gedung, yang bisa bekerja secara otomatis, dan adaptif. Dalam tugas akhir ini, dibuat suatu implementasi sistem pemantauan reservoir air di beberapa gedung dari jarak jauh dalam bentuk *prototype* dengan menggunakan teknologi *Wireless Sensor Network* (WSN). Dalam pembuatan sistem ini, digunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai pengolah data dari sensor Ultrasonik HCSR04 yang digunakan untuk membaca ketinggian air ditempat penampungan. Pada perancangan dan percobaan yang telah dilakukan di tugas akhir ini, didapatkan hasil pengiriman data yang dapat ditampilkan dalam bentuk grafik dan gambar replika reservoir air dalam sebuah halaman web serta data dapat disimpan dalam database. Selain itu, didapatkan juga rata-rata error pembacaan sensor sebesar 2.312 %, dengan jarak pengiriman Xbee S2 di *indoor* mencapai 75 meter, dan *outdoor* maksimum 91 meter dalam kondisi LOS tanpa *router node*, dan 165 meter ketika disertakan *router node* didalam sistem.

Kata kunci – *Smart Building, WSN, Web, Xbee series 2, Arduino Uno, Ultrasonik HCSR04*

### Abstract

Smart building is a distributed control system applications that are applied to control devices inside a building, which can work automatically, and adaptive. This thesis, is created a water reservoir monitoring system implementation in several buildings from a distance in the form of a prototype using the technology of Wireless Sensor Network (WSN). In making this system, is used Arduino Uno microcontroller as a data processor of HCSR04 ultrasonic sensor that is used to read the water level place of shelter. In designing and experiments that have been conducted in this thesis, the result of sending data can be displayed in graph form and a replica image of water reservoirs in a web page and the data can be stored in the database. In addition, there is also obtained an average error sensor readings of 2.312 %, with the shipping distance in the indoor XBee S2 reaches 75 meters, and a maximum of 91 meters in outdoor LOS condition without router node, and reach 165 meters when the router node is used in the system.

*keywords* – *Smart Building, WSN, Web, Xbee Series2, Arduino Uno, HCSR04 Ultrasonic*

### 1. Pendahuluan

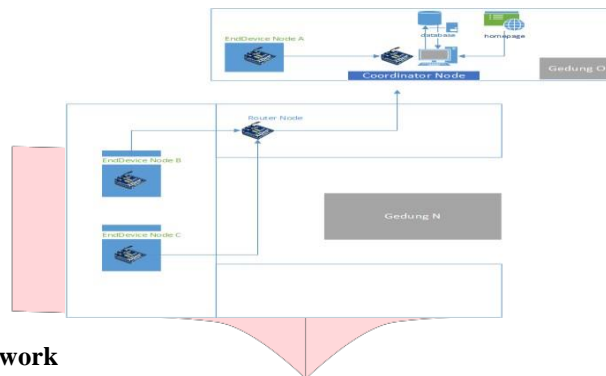
*Smart building* merupakan sebuah aplikasi sistem kontrol terdistribusi yang diterapkan untuk monitor atau kontrol alat-alat di dalam sebuah gedung, yang bisa bekerja secara otomatis, dan adaptif. *Smart Building* dirancang untuk dapat memonitor atau mengontrol peralatan yang ada didalam bangunan [1].

Seperti halnya didalam institusi pendidikan, *toilet* merupakan hal yang sangat perlu diperhatikan kebersihannya, karena kebersihan *toilet* menjadi faktor yang penting untuk menghindarkan dari sumber penyakit, dan tentunya dalam mendapatkan kenyamanan dari penghuni atau pengunjung suatu gedung. Maka dari itu *suplay* air bersih yang cukup sangat di butuhkan agar tidak kehabisan air saat berada didalam kamar mandi atau *toilet*. Saat ini, pemantauan reservoir air dilakukan dengan menggunakan sensor yang secara otomatis dapat menghentikan *suplay* air ke reservoir air, namun kita tidak dapat mengetahui keadaannya ketika tidak berada di sekitar lokasi. Maka dari itu, perlu dilakukan pemantauan terhadap sejumlah reservoir air dari jarak jauh agar kita dapat mengetahui kondisi saat itu dari jarak jauh.

Berdasarkan dari hal tersebut, akan dibuat sebuah sistem pemantauan sejumlah reservoir air di beberapa gedung dari jarak jauh. Sehingga dengan adanya sistem ini, akan mempermudah pemantauan reservoir air. Wireless Sensor Network merupakan salah satu metode yang tepat untuk digunakan sebagai suatu sistem pemantauan sejumlah reservoir air di gedung-gedung secara bersamaan.

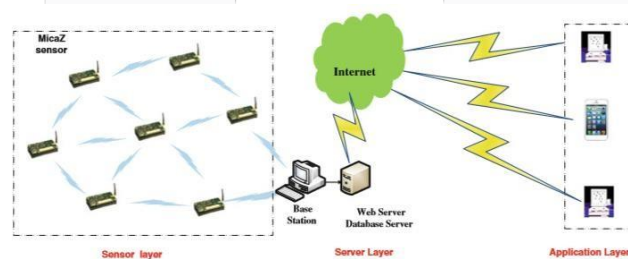
## 2. Dasar Teori

Sistem Monitoring Reservoir Air Terdistribusi Sebagai Pendukung Smart Building ini dirancang untuk dapat memonitoring kondisi dari beberapa tempat penampungan air yang letaknya terpisah. Sistem yang dirancang ini berbentuk *prototype* yang terdiri dari arduino, sensor hcsr04, dan Xbee sebagai *transceiver*nya.



### 2.1 Wireless Sensor Network

Jaringan Sensor Nirkabel atau yang biasa disebut dengan *Wireless Sensor Network* (WSN) merupakan sekumpulan *node* sensor yang terorganisir membentuk sebuah jaringan yang kooperatif, dapat mengendalikan lingkungan sekitar, dan memungkinkan untuk adanya interaksi antara manusia (pengguna), komputer dan lingkungan [2]. WSN memiliki beberapa keunggulan, yaitu penggunaan frekuensi radio yang bebas berlisensi, konsumsi daya listrik yang kecil, kecepatan dalam akuisisi data hasil pemantantauan dengan transceiver Zigbee berdasarkan IEEE 802.15.4 [3].



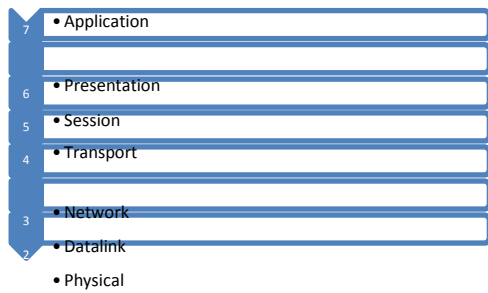
Gambar 2.1 Hubungan sensor sampai di Interface User [4]

Gambar 2.2 memberikan gambaran semua sensor yang terhubung dengan *base station* (BS) melalui komunikasi nirkabel, dan semua data secara berkala dikumpulkan dan dijumlahkan di BS. BS dapat terhubung ke server Web, dan memungkinkan pengguna dapat mengakses dari jarak jauh, di mana saja, melalui komputer dan perangkat mobile seperti iPhone, iPod, iPad, ponsel pintar, dll [4].

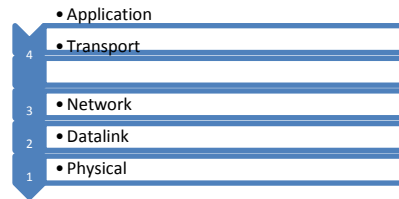
### 2.2 Layer Pada OSI dan WSN

OSI (*Open System Interconnection*) atau yang akrab juga dengan sebutan *7-layer model* merupakan model protokol yang dikembangkan oleh ISO (International Standart Organization). Pada OSI layer kita mengenal ada 7 layer. sedangkan pada WSN hanya mengadopsi 5 layer.

Layer pada Osi :



WSN Protocol Stack [2] :



**2.3 IEEE 802.15.4 Topologi**

Protokol IEEE 802.15.4 merupakan standar untuk gelombang radio yang digunakan sebagai protocol pada WPAN (*Wireless Personal Area Network*). Dalam jaringan *Wireless Sensor Network* mendukung topologi *star, tree, cluster-tree*, dan *mesh*[2]. Gambar 2.5 menjelaskan tiga topologi yang digunakan dalam standar 802.15.4.

**2.4 ZigBee (IEEE 802.15.4)**

ZigBee adalah protokol komunikasi yang digunakan untuk membuat *Personal Area Network* (PAN) yang dibangun dengan radio daya rendah. Fitur utama ZigBee *low data rate, extremely low power consumption, low complexity*, dan *high reliability* dan *security*[10]. ZigBee diciptakan pada tahun 2004 oleh ZigBee Alliance dalam rangka untuk membangun jaringan nirkabel berskala besar di atas standar IEEE 802.15.4 yang hanya mendefinisikan Physical layer dan lapisan MAC (*Media Access Control*), untuk *low-rate personal area network wireless* (LR- WPAN)[6]. Nama ZigBee berasal dari lebah madu, yang menggunakan jenis zig-zag untuk berkomunikasi dengan anggota lain[6]. ZigBee kemudian dijadikan sebagai nama komersial untuk teknologi ini setelah IEEE dan Zigbee Alliance memutuskan untuk bergabung.

**3. Model Sistem**

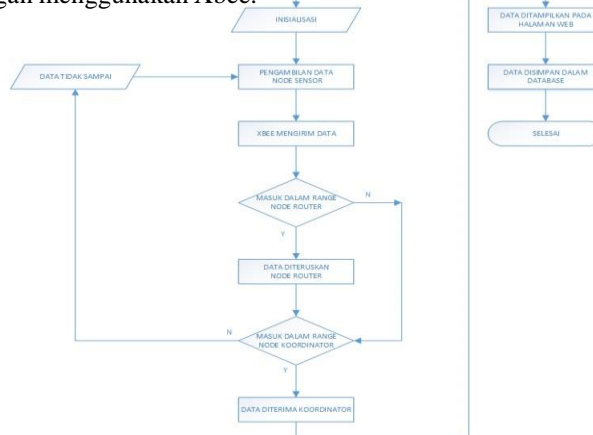
Sistem *monitoring reservoir* air ini menggunakan media komunikasi *wireless* (gelombang radio). Cara kerja

**Gambar 2.2 Topologi IEEE 802.15.4[2]**

sistem ini dengan menggunakan teknologi *Wireless Sensor Network* dimana menggunakan 5 Xbee yang saling berkomunikasi dengan topologi *tree* dan *p2p*. Sistem yang dirancang ini menggunakan 5 node yang terbagi menjadi 3 buah end device node, 1 buah router node, dan 1 buah coordinator node. Sistem ini menggunakan gabungan topologi *tree* dan *point to point*.

**3.1 Flowchart Sistem**

Berikut ini adalah alur kerja dari proses pengiriman data sensor sampai pada koordinator. Dimulai dari inialisasi perangkat memastikan alat yang kita gunakan dapat berjalan dengan baik. Sensor akan mengambil data dan akan dikirimkan dengan menggunakan Xbee.



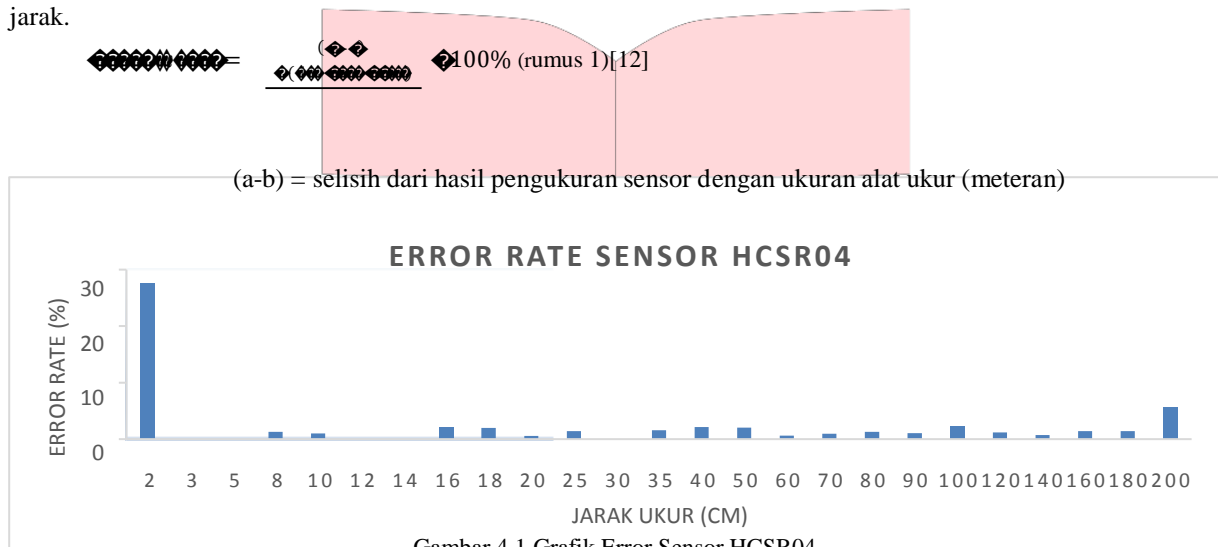
Gambar 3.1 Flow chart sistem secara keseluruhan

**4. Analisis Hasil Pengukuran**

Pengujian sistem *monitoring* reservoir air ini dibagi menjadi tiga bagian besar dan beberapa bagian sebagai pendukung dalam analisis. Bagian pertama dilakukan pengukuran nilai keluaran dari sensor dan alat pengukur jarak lainnya untuk mendapatkan perbandingan nilai keakuratan pada masing-masing perangkat. Untuk sensor HCSR04, pengukuran dilakukan dengan menempatkan sebuah benda di depan sensor, dan membandingkan dengan hasil ukuran penggaris atau meteran. Bagian kedua dilakukan pengukuran jarak jangkauan dari Xbee *Series 2*. Pengukuran jarak ini dilakukan untuk mengetahui jarak jangkauan maksimum Xbee dapat mengirimkan suatu data, mengetahui *delay* pengiriman dan membuktikan fungsi dari *router node*. Bagian ketiga dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan dengan menggunakan topologi *tree*. Pengujian dilakukan langsung pada lokasi reservoir air yang terletak pada *roof top* gedung N, dan O.

**4.1 Pengujian Sensor**

Proses pengujian sensor ultrasonik HCSR04 dengan cara membandingkan antara data yang diterima sensor dengan jarak pada penggaris. Perbandingan dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor mendapatkan data jarak.



(a-b) = selisih dari hasil pengukuran sensor dengan ukuran alat ukur (meteran)

Gambar 4.1 Grafik Error Sensor HCSR04

Rata-rata error =  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n error_i$

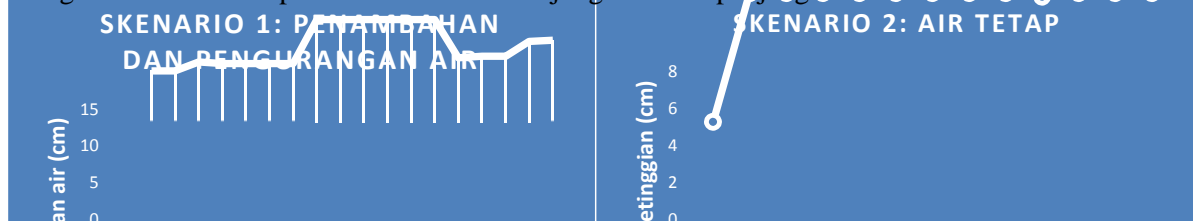
$\sum$

dengan n = banyaknya data  
 = nilai error

maka rata-rata error sensor HCSR04 =  $\frac{57.801\%}{25} = 2.312\%$  (2) [12]

**4.2 Perngujian Jangka Panjang Sistem Monitoring**

Pengujian jangka panjang sistem dilakukan dimana pada pengujian kali ini bertujuan untuk mengetahui kestabilan pembacaan data dalam jangka waktu panjang.



Gambar 4.2 Data rata-rata Pengujian jangka panjang sistem dengan skenario penambahan air (kiri) dan air tetap (kanan)

Dari percobaan yang telah dilakukan dengan 2 skenario diatas, dapat diketahui bahwa sistem dapat berjalan dengan baik walau dalam jangka waktu yang panjang.

**4.3 Pengujian Jarak jangkau Xbee S2**

Pengujian jarak Xbee dilakukan didalam ruang tertutup dan diruang terbuka. Hal ini dilakukan agar dapat mengetahui perbedaan jarak yang dapat dijangkau oleh Xbee S2 ketika berada didalam dan diluar ruangan. Di ruang terbuka, skenario dilakukan di lapangan parkir samping gedung Telkom University Convention Hall (TUCH) sampai dengan lapangan parkir asrama. Sedangkan diruang tertutup, skenario dilakukan didalam gedung TUCH.

**Tabel 4.6 Pengujian di dalam Ruang**

No	Jarak (m)	Keterangan
1	10	Diterima
2	20	Diterima
3	30	Diterima
4	40	Diterima
5	50	Diterima
6	60	Diterima
7	70	Diterima
8	75	Diterima

**Tabel 4.7 Pengujian di Luar Ruang Tanpa Router Node**

No	Jarak (m)	Keterangan
1	10	Diterima
2	20	Diterima
3	30	Diterima
4	40	Diterima
5	50	Diterima
6	60	Diterima
7	70	Diterima
8	80	Diterima
9	90	Diterima
10	91	Diterima
11	92	Tidak Diterima

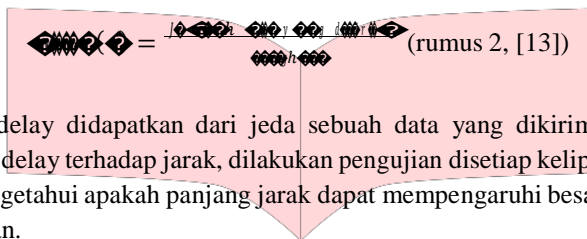
**Tabel 4.8 Pengujian Luar Ruang dengan Router Node**

No	Jarak (m)	Keterangan
1	10	Diterima
2	20	Diterima
3	30	Diterima
4	40	Diterima
5	50	Diterima
6	60	Diterima
7	70	Diterima
8	80	Diterima
9	90	Diterima
10	100	Diterima
11	110	Diterima
12	120	Diterima
13	130	Diterima
14	140	Diterima
15	150	Diterima
16	160	Diterima
17	165	Diterima
18	166	Tidak Diterima

Dari data tabel pengujian sistem 4.7, dan 4.8 dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan tambahan *router node* yang diletakkan didalam jangkauan *end device*, jarak yang dapat dijangkau oleh alat menjadi lebih jauh. Hal ini membuktikan bahwa *router node* dapat membantu untuk memperluas jarak jangkauan dari *end node/end device* untuk meneruskan pengiriman data ke *coordinator node*. Hanya saja, pada pengujian tabel 4.7 tanpa menggunakan *router node*, jarak jangkauan alat masih lebih rendah dari kemampuan yang tertulis pada *datasheet* Xbee S2 yang mencapai 120 meter. Hal ini dapat disebabkan karena fabrikasi alat yang digunakan untuk melakukan uji coba, atau adanya gangguan interferensi dari luar sistem yang diuji.

**4.4 Pengujian Delay Terhadap Jarak**

Delay adalah waktu tunda suatu pengiriman paket yang diakibatkan oleh proses transmisi dari suatu titik ke titik yang lain yang menjadi tujuannya [13]. Sedangkan delay propagasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk merambatkan paket data melalui media transmisi[14].



Pada pengujian ini, delay didapatkan dari jeda sebuah data yang dikirim terhadap data yang dikirim sebelumnya. Pada pengujian delay terhadap jarak, dilakukan pengujian disetiap kelipatan 2.5 meter di luar ruangan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah panjang jarak dapat mempengaruhi besarnya delay atau tidak. Berikut ini adalah hasil dari pengujian.

Tabel 4.1 Perbandingan Delay Terhadap Jarak

Jarak	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20
Delay (s)	2,561	2,673	2,992	3,002	3,072	3,098	3,191	3,2861

Dari tabel 4.1 dapat diketahui bahwa semakin jauh jarak antara *coordinator node* dengan *end device node* maka *delay* yang didapatkan juga semakin besar. Hal ini dapat terjadi karena ketika jarak yang dikirim lebih jauh, maka membutuhkan waktu yang lebih lama dalam pengiriman, selain itu gangguan (interferensi) dari luar sistem juga dapat menyebabkan *delay* menjadi semakin besar.

**4.5 Pengujian Konsumsi Daya pada End Device Node**

Pengujian konsumsi daya dilakukan untuk mengetahui sistem manakah yang lebih banyak mengkonsumsi daya, antara sistem yang menggunakan *router node* atau tidak menggunakan *router node*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan baterai 9v eveready.

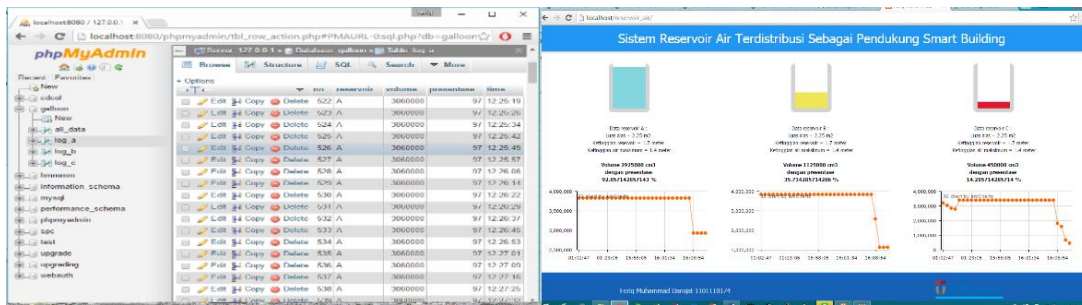
	Tanpa Router Node	Dengan Router Node
Daya tahan pengiriman	2 jam 35 menit	2 jam 55 menit
Data diterima	11428 bytes	11815 bytes

Pada pengujian ini dapat disimpulkan bahwa konsumsi daya pada *end node* akan lebih sedikit ketika kita menggunakan tambahan *router node* di dalam sistem

**4.6 Pengujian Aplikasi**

Pada pengujian aplikasi ini dilakukan pengujian terhadap *interface web* dan *database* yang telah dibuat. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah informasi data yang dikirimkan oleh node sensor (*end node*) sudah dapat ditampilkan pada aplikasi web dan apakah informasi yang telah dikirimkan dapat tersimpan dalam suatu database atau tidak.





Gambar 4.2 Tampilan database

Gambar 4.3 Tampilan interface web

Aplikasi yang dibuat dapat berjalan dengan baik, dan dapat mempermudah seorang admin untuk mengetahui informasi dari suatu reservoir air. Web yang dibuat ini masih bersifat lokal, sehingga hanya dapat diakses di area server saja.

## 5. Kesimpulan

Setelah melakukan proses perancangan, pengujian, dan pengukuran, maka diperoleh hasil yang dapat diambil sebagai kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem monitoring reservoir air yang dirancang dengan sensor HCSR04, Arduino UNO R3, dan Xbee Series 2, dapat melakukan pengukuran besarnya volume air yang ada pada beberapa reservoir air secara *wireless* dengan jarak *indoor* mencapai 75 m, dan *outdoor* mencapai 91 m tanpa menggunakan *router node*, dan 165 m ketika menggunakan *router node* dengan kondisi LOS. Maka dari itu, sistem ini dapat digunakan sebagai pendukung *smart building*.
2. Sensor ultrasonik HCSR04 dapat melakukan pengukuran dengan baik, dengan hasil pengukuran rata-rata error pembacaan sensor sebesar 2.312 %. Hanya saja, kurang baik digunakan pada jarak yang terlalu dekat (dibawah 3cm) karena hasil pengujian menunjukkan bahwa error pembacaannya cukup besar, hal ini dikarenakan sensitifitas dari sensor ketika jarak terlalu dekat kurang baik, hal ini dapat disebabkan oleh adanya kesalahan dalam pembacaan gelombang pantul suara yang kemudian dikonversi menjadi jarak. Sehingga, sensor HCSR04 tetap layak digunakan dalam pengaplikasian sistem.
3. Pada suatu sistem komunikasi nirkabel, delay sistem dapat disebabkan oleh beberapa factor, yang salah satu diantaranya adalah jarak antar node yang saling berkomunikasi. Semakin jauh jarak antara *end device node* dengan *coordinator node*, maka delay juga semakin besar.
4. *Router node* dapat berfungsi untuk memperluas jarak jangkauan *end device node*, dan *coordinator node*. Selain itu, *router node* dapat membantu mengurangi konsumsi daya dari *end device node* dengan melewati informasi melalui *router node* terlebih dahulu, daripada harus mengirimkan informasi ke *coordinator node* secara langsung ketika memiliki jarak yang jauh.
5. Aplikasi halaman web dapat digunakan dengan baik untuk melakukan monitoring secara *realtime*. Topologi *tree* pada penerapan *Wireless Sensor Network* memungkinkan untuk adanya komunikasi multihop melalui *router node* dengan cakupan area yang lebih luas.

## Daftar Pustaka

- [1] Simanjuntak, M. G., & Batubara, F. R. (2013). Perancangan Prototype Smart Building Berbasis Arduino Uno. *Smart Building*.
- [2] Yang, Sang Hua. *Principles, Design and Application Wireless Sensor Networks*. London: Springer, 2014.
- [3] Huiyong, W., Jingyang, W., & Min, H. (2013). Building a Smart Home System with WSN and Service. *SMART HOME WSN*, 1-4.
- [4] Wang Yun, Zhang Y, Jiangbo Liu and Bhandari Rahul (Springer 2015). Coverage, Connectivity, and Deployment in Wireless Sensor Networks. USA.
- [5] Pratama, H., Haritman, E., & Gunawan, T. (2012). Akuisisi Data Kinerja Sensor Ultrasonik Berbasis Sistem Komunikasi Serial Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA 32. *Ultrasonik*.



- [6] Jun Zheng, Abbas Jamalipour. *Wireless Sensor Network: A Networking Perspective*. Canada: IEEE, 2009.
- [7] Arduino LLC. *Open-Source Electronics Prototyping Platform*. Italy, 2011.
- [8] Aniati, Y., Santoso, T. B., & Taufiqurrahman. (n.d.). *Pemodelan Jaringan Sensor untuk Mengukur Keadaan Lingkungan di PENS ITS*. Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2014.
- [9] Digi International, XBee Series 2 OEM RF Module, 2007.
- [10] Xuesong, S., Wu, C., & Ming, L. *Wireless Sensor Network for Resources Tracking at Building Construction Sites*. Tsinghua Science And Technology ISSN, 2008.
- [11] Digi International, XBee ZB User Manual, 2012.
- [12] Firdaus. 2014. *Wireless Sensor Network, Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [13] Yunia I., Nur Adi S., Okkie., P. *Analisa Interferensi Elektromagnetik Pada Propagasi WiFi Indoor*.
- [14] D. Satria Pravira. *Analisis Pengaruh Teknik Modulasi Adaptif Terhadap Performansi Video Conference Pada Jaringan LTE*. Teknik Elektro, Universitas Brawijaya.

