

Implementasi Pengiriman Data Standar IEEE 802.15.4-2003 pada Sistem Pembumian

Hikmatul Amri¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bengkalis, Bengkalis, Riau.

Informasi Artikel

Naskah Diterima : 31 Okt. 2018

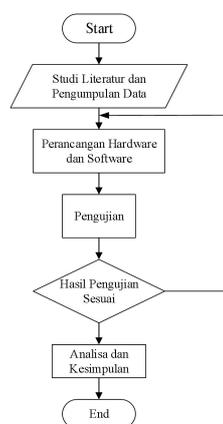
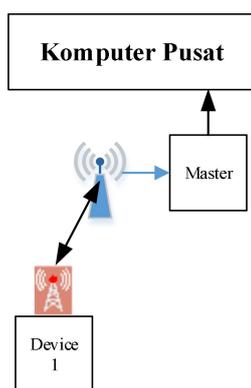
Direvisi : 30 November 2018

Disetujui : 27 Desember 2018

*Korespondensi Penulis :

hikmatul_amri@polbeng.ac.id

Graphical abstract



Abstract

The development of information and communication technology is growing very fastly in globalization era at this time. The rapid development has also affected various aspects of life including the world of research. This technological change triggers the world of research to always innovate in an effort to improve both the new communication system and the quality and accuracy of the data sent. In this research, a communication data transmission system for IEEE 802.15.4-2003 standard is made using the Zigbee S2 module. On the router part consists of: Arduino Nano, DC power sensor module, LCD, battery and S2 Zigbee module. While the coordinator section consists of Arduino Mega, Zigbee S2 module and computer/ laptop as a serve/data center. Tests carried out for know the communication range of the zigbee S2 module. From the results of the tests that have been done, it is found that the maximum distance of the Zigbee S2 module range is 95 meters with a communication accuracy of 90 % for data transmission test result and 95% for the selenoid water control test results via wireless.

Keywords: Accuracy, Zigbee S2, router, coordinator and server

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi berkembang sangat pesat di era globalisasi saat ini. Perkembangan yang pesat ini pun berdampak pada berbagai aspek kehidupan termasuk dunia penelitian. Perubahan teknologi ini memicu dunia penelitian untuk selalu berinovasi dalam usaha peningkatan baik sistem komunikasi yang baru maupun kualitas dan keakurasian data yang dikirim. Pada penelitian ini dibuat suatu sistem pengiriman data komunikasi standar IEEE 802.15.4-2003 dengan menggunakan modul Zigbee S2. Pada bagian *router*, terdiri dari: Arduino Nano, modul *sensor* daya DC, LCD, baterai dan modul Zigbee S2. Sedangkan pada bagian koordinator terdiri dari Arduino Mega, modul Zigbee S2 dan komputer/laptop sebagai *server*/pusat data. Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui jangkauan komunikasi modul Zigbee S2. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan bahwa jarak maksimal jangkauan modul Zigbee S2 adalah 95 meter dengan tingkat akurasi komunikasi sebesar 90 % untuk pengujian pengiriman data dan 95 % untuk pengujian kontrol *selenoid water* via *nirkabel*.

Kata kunci: Keakurasian, Zigbee S2, *router*, koordinator dan *server*

© 2018 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan, sains dan teknologi, sistem pengukuran semakin berperan penting dalam kehidupan manusia. Sistem tersebut sangat membantu pekerjaan manusia terutama untuk pemantauan dan kontrol jarak jauh. Peranan penting dari sistem komunikasi dan informasi merambah dalam segenap aspek kehidupan manusia. Pemanfaatan sistem komunikasi dan informasi ini memberikan kemudahan bagi para teknisi lapangan salah satunya adalah dalam pemantauan jarak jauh pada sistem pemantauan dan kontrol tahanan pembumian dengan media transmisi.

Media transmisi digunakan pada beberapa peralatan elektronika untuk menghubungkan antara pengirim dan penerima supaya dapat melakukan pertukaran data. Beberapa alat elektronika, seperti

telepon, komputer, televisi, dan radio membutuhkan media transmisi untuk dapat menerima data. Media transmisi yang digunakan salah satunya adalah media tanpa kabel (nirkabel).

Teknologi nirkabel sangat banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Pemanfaatan teknologi nirkabel diantaranya adalah sambungan lokal, *bluetooth* (jarak pendek dengan kecepatan rendah), WiFi (jarang menengah dengan kecepatan cukup tinggi), WIMAX (jarak jauh dan kecepatan tinggi), satelit (jangkauan luas dengan kecepatan menengah) dan RFID (jangkauan sangat kecil).

ZigBee adalah spesifikasi untuk jaringan protokol komunikasi tingkat tinggi, menggunakan radio digital berukuran kecil dengan daya rendah, dan berbasis pada standar IEEE 802.15.4-2003 untuk jaringan personal nirkabel tingkat rendah, seperti saklar lampu nirkabel dengan lampu, alat pengukur listrik dengan inovasi *in home display* (IHD), serta perangkat-perangkat elektronik konsumen lainnya yang menggunakan jaringan radio jarak dekat dengan daya transfer data tingkat rendah [1].

Teknologi yang memenuhi spesifikasi dari ZigBee adalah perangkat dengan pengoperasian yang mudah, sederhana, membutuhkan daya sangat rendah serta biaya yang murah jika dibandingkan dengan WPANs lainnya, yakni *bluetooth*. ZigBee fokus pada aplikasi *radio frequency* (RF) yang membutuhkan data tingkat rendah, baterai tahan lama, serta jaringan yang aman [2]. Topologi jaringan Zigbee meliputi: topologi star, topologi tree dan topologi mesh [3].

Terdapat tiga jenis perangkat ZigBee:

1. *ZigBee coordinator* (ZC). Perangkat koordinator membentuk pangkal dari jaringan yang menjembatannya ke jaringan jaringan lain dan terdapat satu koordinator ZigBee pada tiap jaringan, karena alat ini adalah alat yang menjalankan jaringan dari awal. Alat ini juga dapat menyimpan informasi mengenai jaringan, termasuk diantaranya pula bertindak sebagai pusat data.
2. *ZigBee router* (ZR). Selain dari menjalankan fungsi aplikasi, router juga dapat bertindak sebagai perantara, yang dapat menyampaikan data dari perangkat yang satu ke perangkat yang lain.
3. *ZigBee end device* (ZED). Memiliki fungsi untuk menyampaikan pada *parent node* (baik koordinator maupun router), yang mana, alat ini tidak dapat mengendalikan data dari perangkat atau lainnya.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Firman dan kawan kawan yaitu Implementasi Komunikasi Data Berbasis ZigBee pada SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) PLTMH. Penelitian ini menerapkan teknologi ZigBee untuk komunikasi data pengendalian SCADA PLTMh. ZigBee dipilih karena bebas biaya operasi dan lisensi, fitur OSI dan rendahnya biaya peranti sehingga sesuai untuk aplikasi PLTMh. Pada penerapannya perangkat keras ZigBee dibagi menjadi beberapa bagian: 1 buah koordinator pada bagian *master station* (MS), 2 buah *end device* yaitu pada masing masing titik unit RTU dan 1 buah router sebagai pelompat data antara koordinator dan *end device*. Komunikasi data berbasis ZigBee untuk membentuk jaringan SCADA sudah dapat dibangun dengan baik pada model *join network* yaitu antara *coordinator-router-end device* pada jarak terjauh 645 meter dengan kekuatan sinyal -82 dBm [4].

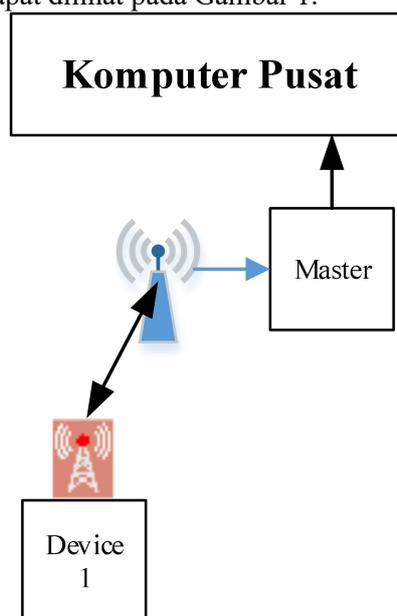
Pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh Rachman dan kawan kawan dengan judul Implementasi Jaringan Sensor Nirkabel ZigBee Menggunakan Topologi Mesh pada Pemantauan dan Kendali Perangkat Ruang. Sistem pemantau dan kendali memiliki fungsi untuk merekap data dan mengakses perangkat ruangan yang terpasang pada setiap titik pemasangan. Komunikasi yang digunakan adalah komunikasi nirkabel ZigBee dengan menggunakan topologi mesh. Koordinator merupakan pusat data yang terhubung langsung ke komputer, dan hasilnya ditampilkan dalam bentuk HMI, sehingga operator dapat dengan mudah memantau dan mengendalikan perangkat perangkat yang terpasang pada ruangan. 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 koordinator akan semakin besar jika waktu tunda 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 [5].

Pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh Yulkifli dan kawan kawan dengan judul Pembuatan Sistem Pengiriman Data Menggunakan Telemetri Wireless untuk Detektor Getaran Mesin dengan Sensor Fluxgate. Pemantauan dan pengiriman data getaran dalam getaran mesin atau bangunan menggunakan sistem telemetri sangat dibutuhkan. Kerusakan sebuah mesin yang sedang

beroperasi dapat diketahui dengan melihat pola getaran yang dihasilkan. Untuk mengurangi resiko kerusakan mesin diperlukan sistem deteksi getaran mesin dan proses pengiriman data yang dapat memberikan informasi secepat mungkin ke oprator. Pembuatan sistem terdiri dari perangkat keras, telemetri wireless, dan perangkat lunak. Perangkat keras merupakan perangkat mekanik untuk mendeteksi getaran. Telemetri wireless digunakan sebagai media transmisi data untuk mengirim data sensor ke mikrokontroler secara wireless. Perangkat lunak merupakan software yang digunakan untuk memproses data getaran menggunakan Megunolink. Pengujian alat ukur dengan membandingkan pola getaran yang tercatat oleh alat ukur dengan pola getaran yang tercatat oleh accelerometer. Dari hasil pengujian dan perbandingan berbagai perlakuan terhadap alat ukur getaran ini, didapatkan bentuk gelombang berupa gelombang permukaan. Besarnya rata-rata getaran alat ukur adalah 0,23 Gal. Sedangkan besarnya rata rata getaran standar adalah 0,21 Gal. Ketepatan relatif rata-rata pengukuran adalah 91,31 %. Kesalahan relatif rata rata pengukuran adalah 8,69 %. [6].

Pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh Amri dan Jefri dengan judul Implementasi Pengaturan Kelembaban Tanah Pembumian Berbasis Mikrokontroler Arduino. Tujuan sistem ini untuk memantau nilai tahanan pembumian pada area gedung dan menjaga tingkat kelembaban tanah agar tahanan pembumian pada kondisi ideal. Sistem ini bisa membaca tahanan pembumian dengan memperoleh informasi dari sensor tegangan dan arus, menampilkan data pada LCD dan menjaga kelembaban tanah dengan mengontrol *solenoid valve water* yang mengatur aliran air dari tangki ke tanah yang ditanamkan pada elektroda batang. Dari penelitian yang sudah dilakukan diperoleh hasil *error* pembacaan tahanan pembumian sebesar 2,40 % jika dibandingkan alat ukur meeger, dan respon kontroler dalam mengatur *solenoid valve water* jika tahanan pembumian naik di atas 5 ohm karena tanah yang kering memiliki tingkat keberhasilan sebesar 100% [7].

Setiap jaringan ZigBee sedikitnya mempunyai satu alat sebagai koordinator dan satu perangkat lain sebagai router atau perangkat akhir (*end device*). Koordinator bertugas membangun suatu jaringan, mengirimkan sinyal penanda, mengatur titik-titik jaringan, menyimpan informasi titik jaringan, menyampaikan pesan diantara titik yang terhubung. Koordinator memerlukan memori yang cukup untuk menangani konfigurasi jaringan, data dan proses pengaturan mandiri jaringannya dan biasanya terhubung dengan sebuah komputer/server untuk menampung data dari setiap router atau end device dan menyimpannya di dalam *data base*. Koordinator membutuhkan daya lebih besar dari lainnya dan biasanya membutuhkan daya yang terus menerus. Router dapat bergabung dalam jaringan yang ada, meneruskan data dari router lain atau *end device*. Perangkat akhir (*end device*) mengirim data dan bergabung pada jaringan tetapi tidak bisa meneruskan data dari perangkat lainnya, di perangkat akhir terdapat fungsi tidur (*sleep*) dapat menghemat energinya. Konfigurasi antara *master* dan *device* dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Konfigurasi pemasangan *master* dan *device*

2. METODE PENELITIAN

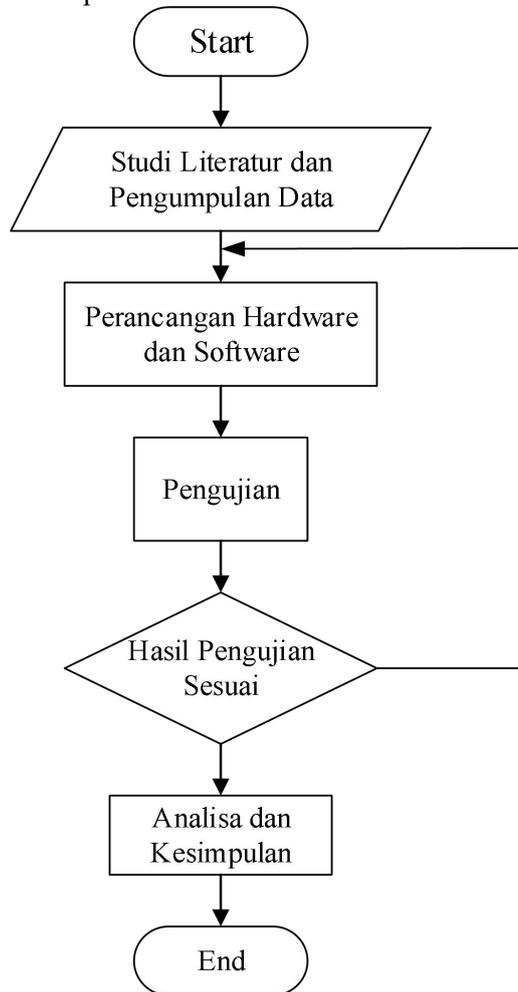
2.1 Metode Penelitian

Secara garis besar, penelitian dilakukan secara bertahap seperti yang akan dijelaskan sebagai berikut:

- a. Melakukan studi literatur dan pengumpulan data sehingga dapat menentukan langkah-langkah perancangan sistem.
- b. Perancangan alat secara umum dibagi menjadi 2, yaitu perancangan *hardware* (perangkat keras) berupa pembuatan rangkaian elektronika untuk modul ZigBee dan perakitan keseluruhan *hardware* dan perancangan *software* (perangkat lunak) berupa pembuatan algoritma yang akan digunakan pada penelitian.
- c. Tahap selanjutnya melakukan pengujian pengiriman data dengan berbagai variasi jarak pada sistem pbumian kemudian membandingkan data yang diterima dengan data yang dikirim untuk mengetahui tingkat keberhasilan, durasi setiap pengiriman, dan pengujian kontrol masual dari pusat data.
- d. Langkah terakhir adalah analisis *error* sistem dan penyebabnya dan penarikan kesimpulan.

2.2 Diagram Alir Penelitian

Secara sederhana proses sistem pengaturan kelembaban tanah pada tahanan pbumian dapat digambarkan melalui diagram alir pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2.3 Perancangan Penelitian

Xbee merupakan salah satu merek dagang yang mendukung beberapa protokol komunikasi seperti ZigBee dan 802.15.4. Xbee merupakan salah satu produk dari Digi International. Xbee memiliki dua versi yaitu seri 1 dan seri 2. Seri 1 hanya mendukung Protokol IEEE 802.15.4 dan komunikasi *point to point* dan *point to multipoint*. Seri 2 melengkapi seri 1 mendukung Protokol yang

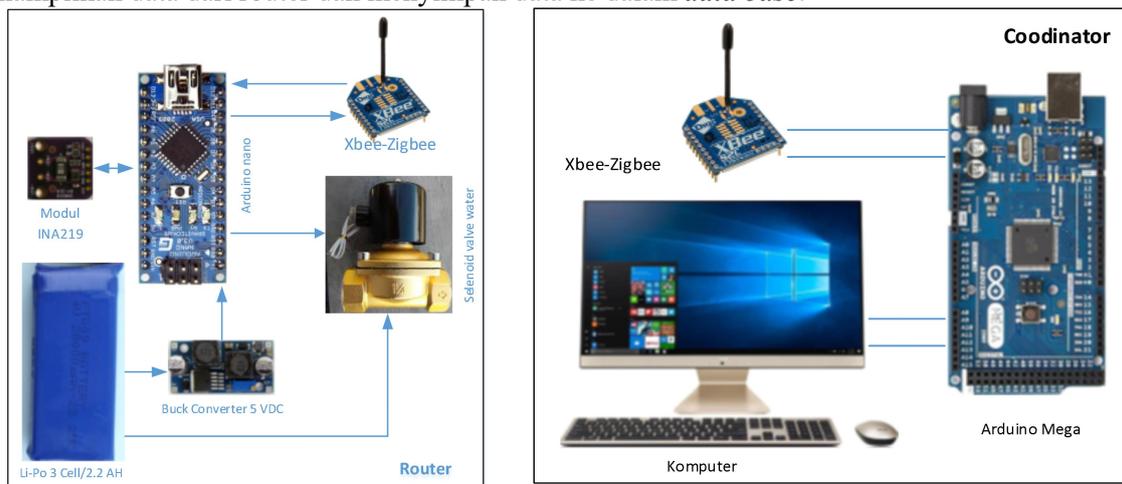
ditentukan Zigbee Alliance dan komunikasi mesh. Perbedaan dari Xbee dan Xbee Pro bisa dilihat dari Tabel 1.

Xbee mempunyai 7 masukan maupun keluaran yang dapat diatur sebagai I/O digital maupun analog. Untuk masukan analog hanya 4 pin yang bisa digunakan. Untuk tegangan masukan tegangan masukan maksimal 1,2 V. Untuk itu diperlukan pembagi tegangan jika masukan dari alat memiliki lebih dari 1,2 V. Di dalam mengatur konfigurasi Xbee digunakan aplikasi X-CTU maupun melalui hyperterminal, dimana dapat dilakukan melalui perintah *AT command* maupun secara visual yang sudah ada pada menu X-CTU [8].

Tabel 1. Perbedaan Xbee S2 dan Xbee Pro S2

	Xbee S2	Xbee Pro s2
Daya	1 -2 mW	50 -63 mW
Jangkauan indoor	40 m	60-90 m
Jangkauan LOS	120 m	1,5 3,2 km
Sensivitas penerima	-96 dBm	-102 dBm
TX peak current	40 mA @3,3 V	170-295 mA
RX current	40 mA @3,3 V	45 mA @3,3 V
Power down	current < 1 uA	3,5 uA

Desain perancangan peralatan untuk komunikasi data antara *master* dan *device* pada sistem pembumian yang dibuat dapat dilihat secara lengkap pada Gambar 3. Pada bagian router, sistem ini dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Nano sebagai otak/pengendalian dan dibantu beberapa I/O seperti modul arus dan tegangan DC sebagai masukan, LCD sebagai penampil data, *solenoid valve water* untuk mengatur katup air dan modul ZigBee untuk komunikasi nirkabel. Sedangkan pada bagian koordinator hanya terdiri dari 3 komponen, yaitu: modul ZigBee untuk komunikasi nirkabel dengan router, Arduino Mega sebagai penghubung komputer dan modul ZigBee, dan komputer untuk menampilkan data dari router dan menyimpan data ke dalam *data base*.



a. *Device*

b. *Master*

Gambar 3. Desain Perancangan *Master* dan *Device*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Perancangan Prototipe

Hasil perancangan penelitian ini yaitu telah membuat rangkaian elektronika untuk modul zigbee dan pemasangan konfigurasi koordinator dan router yang akan digunakan untuk pengujian jarak komunikasi antara koodinator dan router. Hasil perancangan alat dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Perancangan Prototipe

3.2. Hasil Pengujian Data

3.2.1. Hasil Pengujian Jarak ZigBee

Hasil pengujian jarak komunikasi ini untuk mengetahui seberapa jauhnya *master* yang didalamnya terdapat modul ZigBee yang diset sebagai koordinator bisa berkomunikasi dengan *device* yang didalamnya juga terdapat modul ZigBee yang diset sebagai router pada sistem pembumian. Data yang dikirim berupa nilai tahanan pembumian. Selain jarak komunikasi pada pengujian ini juga akan diambil lamanya durasi komunikasi mulai dari *master* meminta data sampai dengan *master* menerima data balasan. Adapun hasil dari pengujian hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian jarak *master* dan *device*

No	Jarak (M)	Master		Device		Total Waktu (S)	Keterangan
		Data kirim	Data balasan	Data terima	Data kirim		
1	5	T	4	T	3,9	3,0	Berhasil
2	10	T	5	T	4,7	3,0	Berhasil
3	15	T	6	T	5,6	3,0	Berhasil
4	20	T	7	T	6,8	3,2	Berhasil
5	25	T	8	T	8,2	3,2	Berhasil
6	30	T	0	T	0	3,3	Berhasil
7	35	T	6	T	5,6	3,4	Berhasil
8	40	T	7	T	6,8	3,5	Berhasil
9	45	T	8	T	8,2	3,5	Berhasil
10	50	T	0	T	0	3,5	Berhasil
11	55	T	6	T	5,6	3,4	Berhasil
12	60	T	7	T	6,8	3,5	Berhasil
13	65	T	-1	T	0	3,4	Gagal
14	70	T	7	T	6,8	3,4	Berhasil
15	75	T	8	T	8,2	3,5	Berhasil
16	80	T	0	T	0	3,4	Berhasil
17	85	T	6	T	5,6	3,4	Berhasil
18	90	T	7	T	6,8	3,5	Berhasil
19	95	T	4	T	3,9	3,4	Berhasil
20	100	T	-	Tidak ada	-	-	Gagal
Rata-rata waktu dan tingkat keberhasilan						3,34	90 %

Dari Tabel 2 dapat diambil kesimpulan bahwa, data balasan yang diterima *master* berbentuk bilangan bulat, meskipun data yang dikirim oleh *device* bilangan berkoma dan tingkat keberhasilan pengiriman sebesar 90 % dengan waktu rata-rata 3,34 detik setiap paket pengiriman dan jarak maksimal adalah 95 meter.

3.2.2. Hasil Pengujian Kontrol Relay

Hasil pengujian kontrol relay dilakukan dengan melakukan pengujian di lapangan untuk mengetahui respon *device* terhadap perintah dari *master*. Pada pengujian ini untuk mengetahui jarak maksimal pengontrolan, akurasi pengontrolan dan durasi waktu dalam satu kali perintah pada sistem pembumian. Hasil pengujian kontrol relay dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian keseluruhan sistem

No	Jarak (M)	Master		Device		Keterangan
		Data kirim	Data terima	Aksi		
1	5	V	V	Relay aktif	Berhasil	
2	10	U	U	Relay tidak aktif	Berhasil	
3	15	V	V	Relay aktif	Berhasil	
4	20	U	U	Relay tidak aktif	Berhasil	
5	25	V	V	Relay aktif	Berhasil	
6	30	U	U	Relay tidak aktif	Berhasil	
7	35	V	V	Relay aktif	Berhasil	
8	40	U	U	Relay tidak aktif	Berhasil	
9	45	V	V	Relay aktif	Berhasil	
10	50	U	U	Relay tidak aktif	Berhasil	
11	55	V	V	Relay aktif	Berhasil	
12	60	U	U	Relay tidak aktif	Berhasil	
13	65	V	V	Relay aktif	Berhasil	
14	70	U	U	Relay tidak aktif	Berhasil	
15	75	V	V	Relay aktif	Berhasil	
16	80	U	U	Relay tidak aktif	Berhasil	
17	85	V	V	Relay aktif	Berhasil	
18	90	U	U	Relay tidak aktif	Berhasil	
19	95	V	V	Relay aktif	Berhasil	
20	100	U	-	Tidak merespon	Gagal	
Tingkat keberhasilan						95 %

Dari tabel 3 dapat diketahui bahwa tingkat keberhasilan pengontrolan *solenoid valve water* via nirkabel sebesar 95 % dengan jarak maksimal 95 meter. Kegagalan dalam pengujian ini faktor jarak yang diluar batas kemampuan ZigBee S2, yaitu 100 meter.

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang sistem pengaturan kelembaban tanah pada tahanan pembumian ini dapat diambil kesimpulan yaitu sebagai berikut:

- Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat diketahui jarak maksimal komunikasi adalah 95 meter, akurasi data pada komunikasi ini adalah 90 % dan durasi rata-rata setiap kali transaksi data adalah 3,34 detik.
- Hasil pengujian kontrol relay menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik pada jarak maksimal 95 meter, akurasi perintah yang sesuai dengan instruksi *master* sebesar 95 %.

4.2 Saran

Saran yang diberikan untuk penelitian ini yaitu agar dapat dikembangkan dari segi teknologi yaitu:

- Sistem pengaturan bisa dilakukan secara manual melalui pusat kendali, tapi masih dilakukan untuk 1 *device*, untuk pengembangan selanjutnya bisa ditambahkan beberapa *device*.
- Pemantauan sudah bisa dilakukan secara *realtime* secara lokal, dengan jarak yang tidak terlalu jauh sehingga untuk ke depannya bisa menggunakan modul komunikasi dengan jarak yang lebih jauh (di atas 10 KM) dengan modul komunikasi Lo-Ra ataupun maupun melalui teknologi internet of thing (IoT) dengan modul GSM/GPRS.

REFERENSI

- [1] S. Hwang, and Y. Donghui. Remote Monitoring and Controlling System Based on ZigBee Networks. 2012. International Journal of Software Engineering and Its Applications. Vol.6, No. 3. Catholic University of Pusan.
- [2] Hasta, dan Rulliyanto. Aplikasi Teknologi Komunikasi Wireless Berbasis Zigbee Pada Sistem Kontrol Dan Monitoring Ruangan Kelas. 2015. Jurnal Ilmiah GIGA Vol. 18, No. 1. Universitas Nasional.
- [3] T. Obaid, H. Rashed, A.A. Elnour, M. Rehan, M.M. Saleh, and M, Tarique. Zigbee Technology and Its Application in Wireless Home Automation Systems: A Survey. 2014. International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC) Vol.6, No.4. Ajman University of Science and Technology.
- [4] B. Firman, Suharyanto, E. Firmansyah. *Implementasi Komunikasi Data Berbasis Zigbee pada SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) PLTMH*. 2012. Jurnal Teknologi, Vol.5, No. 2. Universitas Gajah Mada.
- [5] F.Z. Rachman, Armin, N. Yanti, Q. Hidayati. *Implementasi Jaringan Sensor Nirkabel Zigbee Menggunakan Topologi Mesh pada Pemantauan dan Kendali Perangkat Ruang*. 2017. Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK), Vol. 4, No. 3. Universitas Brawijaya.
- [6] Yulkifli, Yohandri, Z. Affandi. *Pembuatan Sistem Pengiriman Data Menggunakan Telemetri Wireless untuk Detektor Getaran Mesin Dengan Sensor Fluxgate*. 2016. Jurnal Ilmiah SETRUM, Vol. 5, No.2. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- [7] H. Amri, L. Jefri. *Implementasi Pengaturan Kelembaban Tanah Pembumihan Berbasis Mikrokontroler Arduino*. 2018. Jurnal Ilmiah SETRUM, Vol. 7, No.1. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- [8] K. Joni, R. Hidayat, S. Sumaryono. *Pengujian Jarak dan Waktu Gabung Protokol IEEE 802.15.4/ZigBee di Lingkungan Indoor*. 2012. JNTETI, Vol. 1, No. 2. Universitas Trunojoyo.
- [9] D.D. Vishwakarma. *IEEE 802.15.4 and ZigBee: A Conceptual Study*. 2012. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, Vol. 1, No. 7. The M.S.University of Baroda.
- [10] A. Wag yana. *Rancang Bangun Modul Pengendali Berbasis Direct Mode XBee pada Wireless Sensor Network*. 2017. Jurnal Ilmiah SETRUM, Vol. 6, No.2. Politeknik Negeri Jakarta.
- [11] E.S. Merry, T.R. Sarjono, N. Cornelli. *Otomasi pada Simulator Green House dengan SCADA Berbasis Web*. 2017. Jurnal Ilmiah SETRUM, Vol. 6, No.2. Universitas Krinten Maranatha.
- [12] M. Ismail, J.P. Hapsari, S.A.D. Prasetyowati. *Aplikasi Mobile Untuk Pencegahan Pencurian Kendaraan Menggunakan Protokol IEEE 802.11*. 2018. Jurnal Ilmiah SETRUM, Volume 7, No.1. Universitas Islam Sultan Agung.
- [13] K. Agnawatri, Sukiswo, dan A.A. Zahra. *Analisis Kinerja ZigBee (802.15.4) pada Perumahan Menggunakan Network Simulator 2*. 2016. Jurnal TRANSMISI, Vol. 18, No. 1. Universitas Diponegoro Semarang.
- [14] C. Perdana, T. Ahmad, dan A.M. Shiddiqi. *Pembangunan Jaringan Sensor Nirkabel Berprotokol ZigBee untuk Monitoring Suhu pada Ruangan Server*. 2013. JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 1., Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- [15] MaxStream, Inc. - a Digi International brand. *XBee™ Series 2 OEM RF Modules*. 2007. Digi International, Inc.