

PERANCANGAN DAN ANALISA SISTEM KENYAMANAN RUANGAN YANG TERKONTROL BERBASIS WIRELESS SENSOR NETWORK

ANALYSIS AND DESIGN OF CONTROLLED COMFORTABLE ROOM SYSTEM BASED ON WIRELESS SENSOR NETWORK

Bachtiar Hendro Assiddiq¹, Rendy Munadi², Gustommy Bisono³

P Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹bachtiar@student.telkomuniversity.ac.id, ²rendymunadi@telkomuniversity.co.id, ³bisono@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Sebagian besar orang harus memiliki tempat yang nyaman saat mereka melakukan aktivitas setiap hari terutama untuk aktivitas di dalam ruangan. Kenyamanan dapat menunjang kualitas kinerja dan produktivitas seseorang serta membangkitkan keinginan melakukan kegiatan. Peningkatan suhu rata rata dan perubahan cuaca yang tak menentu menyebabkan perubahan suhu yang drastis. Dikembangkan teknologi yang berbasis *wireless sensor network* dengan penerapan *Internet of Thing*, seperti pada sistem kenyamanan ini. Sistem ini menggunakan sensor DHT 22 yang merupakan pendeteksi yang dapat memonitoring suhu dan kelembaban dalam suatu ruangan.

Pada sistem ini menggunakan Arduino uno dengan Xbee S2C yang merupakan modul komunikasi dan berfungsi sebagai komunikasi antar device serta sebagai penghubung ke Raspberry pi. Pada Raspberry pi digunakan sebagai penampung data sementara yang selanjutnya diunggah menggunakan internet ke *database*. Data yang tersimpan pada *database* digunakan sebagai data yang diunggah ke laman *website* sehingga dapat di *monitoring* dan dikontrol. Pada pengendalian sistem menggunakan relay untuk mengatur suhu pada *air conditioner* (AC).

Pada hasil penelitian Xbee S2C dapat berkomunikasi hingga jarak maksimum sebesar 56,5 meter dari kordinator node. Memiliki rata-rata *throughput* sebesar 5,6211 *bytes/s* serta *delay* sebesar 204,13 *milisecond*. Pada pengujian sistem menggunakan jaringan internet saat monitoring mendapatkan rata-rata *throughput* dan *delay* sebesar 201.0538 *bytes/s* dan 166,43 *milisecond* sedangkan saat sistem melakukan kontroling memiliki *throughput* sebesar 165,6784 *bytes/s* serta *delay* sebesar 1,1261 *second*. Sistem ini juga memiliki *availability* 97,7210 % dan *realibility* sebesar 97,7719 %

Kata kunci: *Wireless Sensor Network, Xbee S2C , DHT 22, monitoring, kontrol, Internet of thing..*

Abstract

Mostly, people need to have a comfortable place when they are doing activity on a daily basis especially for an indoor activity. comfortness can support the quality of performance and productivity then generate the desire to do something. Increased average temperatures and uncertain weather changes cause drastic temperature changes. this comfort system developed with wireless sensor network technology with internet of things implementation. the system use DHT22 as a temperature sensor that can detect temperature and humidity in a room.

In this system use Arduino uno as a microcontroller with Xbee S2C which is a communication module and serves as a communication between devices as well as a link to Raspberry pi. On Raspberry pi is used as the temporary data storage which will be uploaded using internet database. The data stored in the database will be used as data uploaded to the website viewer so that it can be monitored and controlled. On the control system using a relay for the temperature control on the Air Conditioner (AC).

The analysis of the Xbee S2C that it can communicate with a maximum distance of 56.5 meters from the coordinator node. Has an average throughput of 5.6211 bytes / s and delay of 204.13 milisecond. In testing the system using the internet network when monitoring get the average throughput and delay of 201.0538 bytes / s and 166.43 milisecond while the controlling system has a throughput of 165.6784 bytes / s and delay of 1.1261 second. The system also has 97.7210% availability and realibility of 97.7719%.

Keyword: *Wireless Sensor Network, Xbee S2C , DHT 22, monitoring, kontrol, Internet of thing.*

1. PENDAHULUAN.

Perkembangan teknologi semakin cepat berkembang tak terkecuali pada bidang wireless sensor network yang memunculkan perkembangan yang dapat di aplikasikan untuk mempermudah keseharian dan kegiatan manusia. *Wireless Sensor Network*(WSN) merupakan suatu jaringan nirkabel yang terdiri dari sensor node digunakan untuk *memonitoring* kondisi suatu plan serta dapat saling berkomunikasi dan bekerja sama untuk mengumpulkan data-data dari lingkungan sekitar, misalnya suhu, tekanan udara, kelembaban udara dan beberapa parameter lingkungan lainnya[1]. Wireless Sensor network terdiri dari beberapa komponen antara lain yaitu sensor, catu daya, analog to digital converter, prosesor yang masing masing memiliki fungsi tersendiri[2]. Wsn merupakan teknologi yang cocok digunakan untuk jangka panjang yang mengakuisisi data dari lingkungan untuk merepresentasikan IoT[2]. Sedangkan IoT merupakan perkembangan teknologi yang sistem dapat menghubungkan antar benda untuk *memonitoring* dan *kontrollingnya* menggunakan *mobile device* atau komputer dengan memanfaatkan konektivitas internet kapan saja dan dimana saja.[3]

Sebagian orang memang sangat mempertimbangkan kenyamanan dalam ruangan, karena kenyamanan dapat berdampak pada kualitas kerja dan aktivitas sehari-hari dalam ruangan tersebut.[4] Kenyamanan bagi setiap orang memanglah berbeda namun terdapat beberapa factor yang dapat menjadikan ruangan tersebut menjadi lebih nyaman. Salah satunya yaitu suhu dan kelembaban suatu ruangan yang yang tentunya sangat mempengaruhi kenyamanan dalam ruangan. Selain itu cuaca yang semakin tidak menentu menyebabkan perubahan suhu di ruangan juga tak menentu.

Penulis membangun sistem nyaman yang menggunakan sensor DHT 22 yang digunakan sebagai sensor pendeteksi suhu beserta dengan kelembaban. Sensor tersebut di hubungkan ke Arduino uno yang diteruskan dengan Xbee S2C sebagai modul penghubung yang berfungsi sebagai modul komunikasi yang menghubungkan antar perangkat. Dari sensor yang bertugas membaca suhu dan kelembaban meneruskan data ke Xbee S2C kemudian melanjutkan diteruskan ke server yang menghubungkan ke *database* agar dapat diakses secara online dari laman *website* sehingga dapat *dimonitoring* dan dikendalikan dari jarak jauh.

Sebelum tugas akhir ini terdapat beberapa penelitian yang terkait dan membahas tentang hal yang serupa. Pada tugas akhir tahun 2013”Perancangan Sistem Telemetri *Wireless* Untuk mengukur suhu dan kelembaban berbasis Arduino uno R3 Atmega328P dan Xbee Pro”dari Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji yang bisa *memonitoring* suhu dan kelembaban menggunakan DHT11[5]. Tahun 2014 tentang “Sistem Pemantau dan Pengatur Suhu Ruang menggunakan Sensor LM35 Berbasis Arduino Uno” dari Universitas dengan menampilkan hasil *monitoring* menggunakan sms[6]. Tahun 2015 dari FTE Telkom University tentang “Implementasi dan Analisa Jaringan Wireless Untuk *Monitoring* Suhu, Kelembaban dan Kadar CO2 Pada Ruangan” yang berfokus pada *monitoring* kenyamanan sebuah ruangan[4]. Saat ini penulis mengerjakan tugas akhir ini dengan mengembangkan agar dapat *monitoring* dan *kontrolling* dari jarak jauh secara *online*.

2. DASAR TEORI

2.1 Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah infrastruktur jaringan global yang dinamis dimana memiliki kemampuan konfigurasi otomatis pada protokol komunikasi yang mudah dioperasikan dimana perangkat baik secara fisik maupun virtual memiliki identitas, ciri fisik dan sifat virtual. IoT menggunakan antarmuka pintar dan integrasi yang tanpa kendala ke dalam jaringan informasi serta dapat mengkomunikasikan data kepada pengguna dan lingkungannya. IoT juga bisa didefinisikan dengan semua barang atau alat disekitar manusia yang terkoneksi dengan internet dan dapat dikendalikan secara nirkabel.

2.2 Wireless Sensor Network

Wireless Sensor Network (WSN) merupakan suatu jaringan komunikasi sensor yang terhubung secara nirkabel yang terdiri dari beberapa sensor (sensor node) yang diletakkan ditempat – tempat yang berbeda untuk *memonitoring* kondisi suatu sistem. Pada prinsipnya pembacaan kondisi oleh sensor ini diinformasikan secara realtime dan keamanan data yang terjamin hingga diterima oleh pengguna.

2.3 Kenyamanan Ruangan

Kenyamanan merupakan perasaan yang timbul pada seseorang terhadap situasi dan kondisi sekitar, namun setiap individu memiliki tingkat kenyamanan yang berbeda-beda. Kenyamanan ruangan sangatlah penting dalam kehidupan manusia sehari-hari dimana di Indonesia terdapat Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 1077/Menkes/PER/V/2011 yang mengatur mengenai ketentuan kesehatan ruang rumah dari kementerian kesehatan meliputi :

1. Suhu udara nyaman berkisar antara 18°C sampai 30°C.
2. Kelembaban udara berkisar antara 40% sampai 60%.

2.4 DHT 22

DHT 22 merupakan kalibrasi digital sinyal yang berfungsi mendeteksi suhu dan kelembaban. Elemen sensor ini terhubung dengan 8 chip tunggal komputer. Sensor ini berukuran kecil dan memiliki daya yang rendah namun panjang transmisinya yaitu 20 meter. Pada DHT 22 ini memiliki 4 pin yang terdiri dari power supply pada pin 1, data signal pada pin 2, null pada pin 3, serta ground pada pin 4, pembacaan pin dimulai dari kiri ke kanan [10].

2.5 Arduino

Arduino uno adalah suatu sistem microcontroller berdasarkan Atmega328. Arduino uno memiliki 14 digital input / output (dimana 6 bisa digunakan untuk PWM output), 6 analog input, 16MHz kristal osilator, USB koneksi, power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset.

2.6 Xbee S2C

Xbee merupakan salah satu modul telemetri yang dapat berfungsi sebagai *tranceiver* dan data serta dapat melakukan komunikasi 2 arah. Modul Xbee menggunakan komunikasi serial dengan modulasi *Frequency Shift Keying* (FSK) dengan frekuensi 2,4 GHz.

2.7 UartsBee v3

UartSBee v3 adalah adaptor USB serial yang dilengkapi dengan soket BEE (20pin 2.0mm) , dapat digunakan untuk pemrograman atau komunikasi dengan MCU. Adaptor ini dapat dihubungkan pula dengan port parallel ke PC.

2.8 Relay

Relay merupakan sakelar yang dioperasikan secara elektrik, dapat berupa rangkain maupun sebuah modul yang didalamnya terdapat rangkaian relay. Relay pada sistem ini berfungsi sebagai *actuator* yang dapat digunakan sebagai *kontrolling*.

2.9 Pengujian

- *Delay* adalah banyaknya waktu yang diperlukan sebuah paket dalam proses transmisi dari titik awal ke titik tujuan [12].
- *Throughput* adalah jumlah data per satuan waktu yang dikirim untuk suatu terminal tertentu di dalam sebuah jaringan, dari suatu titik jaringan, atau dari suatu titik ke titik jaringan yang lain. *Throughput* maksimal dari suatu titik atau jaringan komunikasi menunjukkan kapasitas [12].

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Ukuran frame}}{\text{Total waktu pengiriman frame}} \quad [\text{Pers. 2.1}]$$

- Availability adalah suatu system atau komponen siap untuk beroperasi saat dibutuhkan. Rumus untuk mencari availability [12]:

$$\text{Reliability} = \frac{\text{Uptime}}{(\text{Uptime} - \text{Downtime})} \times 100\% \quad [\text{Pers. 2.2}]$$

Downtime adalah total waktu dimana sistem atau komponen dalam kondisifailure/unreliable [12].

- Reliability adalah dari system atau komponen untuk dapat memenuhi fungsi yang dibutuhkan, pada kondisi tertentu dan pada periode waktu tertentu. Rumus untuk mencari reliability [12]:

$$\text{Reliability} = \frac{(\text{Uptime} - \text{Downtime})}{\text{Uptime}} \times 100\% \quad [\text{Pers. 2.3}]$$

2.10 Raspberry pi

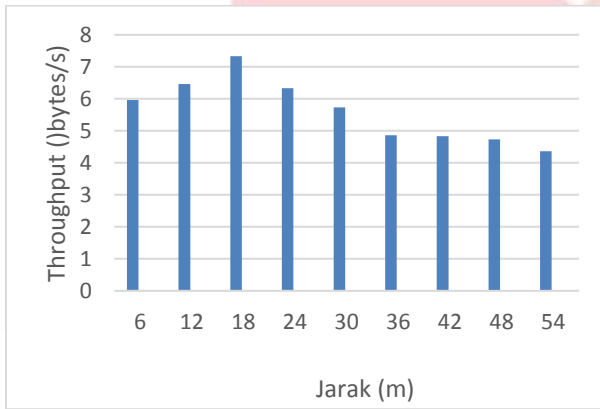
Raspberry PI adalah modul *micro computer* yang juga mempunyai input output digital port seperti pada board mikrokontroler. Raspberry pi memiliki kelebihan dibandingkan dengan board mikrokontroler lain yaitu mempunyai port atau koneksi untuk display berupa monitor serta koneksi USB untuk keyboard, mouse dan lain lainnya. Raspberry Pi juga dapat disebut sebagai komputer yang berukuran sebesar kartu kredit yang dapat digunakan pada proyek elektronik dan banyak hal lainnya yang dilakukan oleh komputer. Raspberry Pi 2 Modul B diantaranya dilengkapi dengan RAM sebesar 1 GB, 4 buah port USB, 40 GPIO pins, HDMI port, dan sebuah port ethernet. Raspberry pi 2 tipe B memiliki prosesor ARMv7 dimana dapat menjalankan berbagai distribusi ARM GNU/Linux, termasuk Ubuntu serta Microsoft Widows 10. Raspberry Pi 2 memiliki faktor bentuk yang identik dengan Raspberry Pi 1 model B dan memiliki kompatibilitas lengkap.

3. Analisa dan pengujian

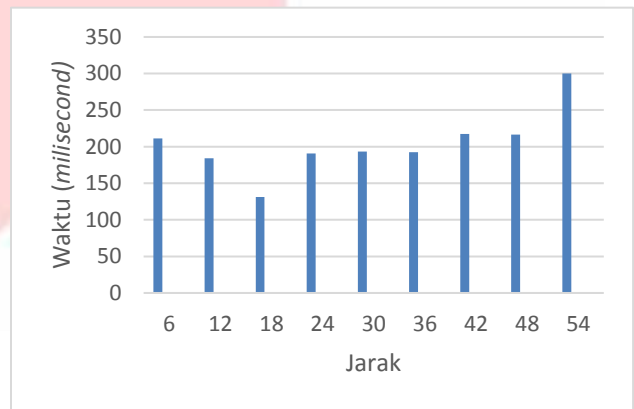
3.1 Analisa Jarak jangkauan kerja Xbee S2C

Dari hasil pengujian jarak jangkauan Xbee S2C, jarak terjauh pada saat pengujian mencapai 56,5 meter dimana kondisi *coordinator node* dan *end node* masih terhubung dan dapat saling berkomunikasi. Melebihi jarak 56,5 meter *coordinator node* dan *end node* tidak dapat terhubung hal ini terjadi karena kedua titik sudah tidak dalam jangkauan Xbee S2C dan terdapat berupa *bstacle* sehingga jarak maksimum jangkauan pada Xbee S2C di selasar terbuka dan *indoor* sekitar 56,5 meter.

3.2 Analisa Kualitas jaringan Xbee S2C

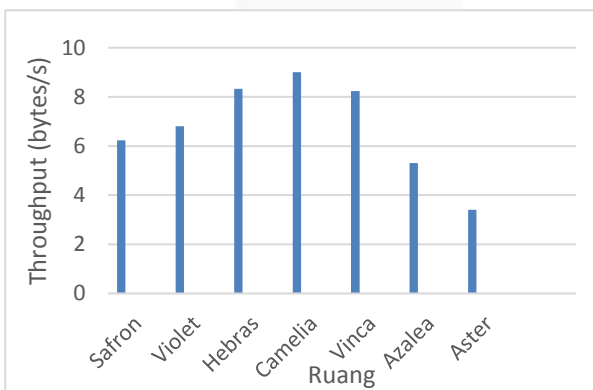


Gambar 3.0.1 Grafik Throughput

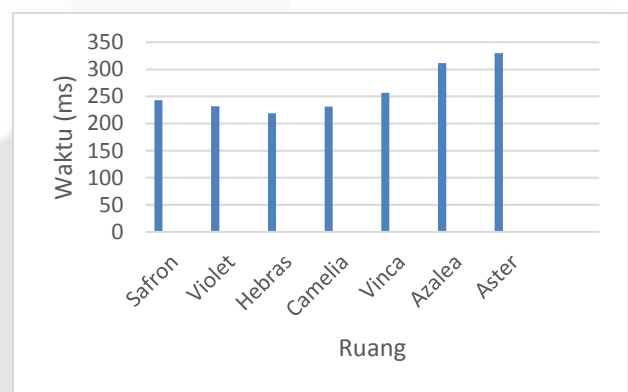


Gambar 3.0.2 Grafik Delay

Pada Kedua grafik tersebut terlihat hasil pengukuran *delay* dan *throughput* pada kualitas Xbee S2C. Grafik sebelah kanan merupakan hasil pengamatan *throughput* sedangkan sebelah kiri hasil pengamatan *delay* yang di lakukan hingga jarak maksimum dengan penempatan *end node* kelipatan 6. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *throughput* berbanding terbalik dengan *delay*, semakin jauh jarak pengamatan semakin kecil nilai yang didapat pada *throughput* sedangkan pada *delay* semakin jauh jarak pengamatan maka semakin besar nilai yang didapat.



Gambar 3.0.4 Grafik Throughput ruang bersekat



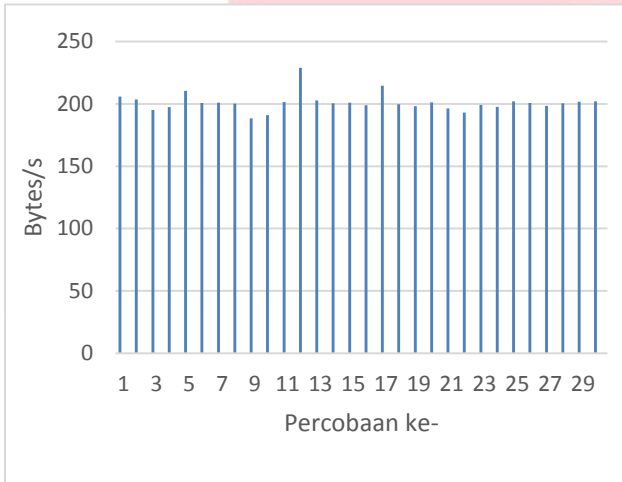
Gambar 3.0.3 Gradik Delay Ruang bersekat

Pada grafik tersenut juga merupakan hasil pengamatan *delay* dan *throughput* namun dalam kondisi ruang yang bersekat dan memiliki lebih banyak obstacle namun dengan jarak maksimum kurang lebih 14 meter. Hal yang serupa dengan pengamatan di selasar terbuka dimana grafik *throughput* berbanding terbalik dengan *delay*, serta memiliki titik *optimum* namun dengan jarak yang berbeda.

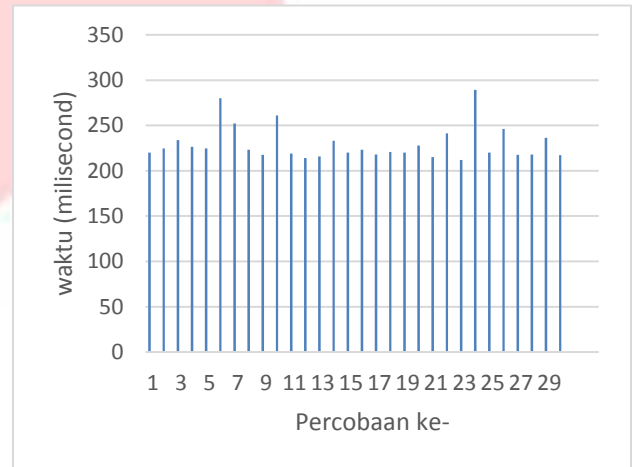
3.3 Analisa pada jaringan internet

Pada pengujian ini menggunakan jaringan internet untuk melakukan kontroling dan monitoring. Hal yang akan diamati yaitu *delay* dan *throughput* pada saat monitoring mauoun kontroling.

3.1.1 Monitoring



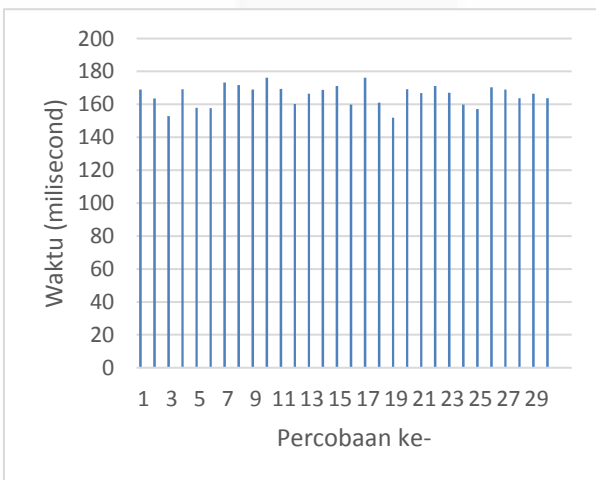
Gambar 3.0.5 Throughput menggunakan jaringan internet



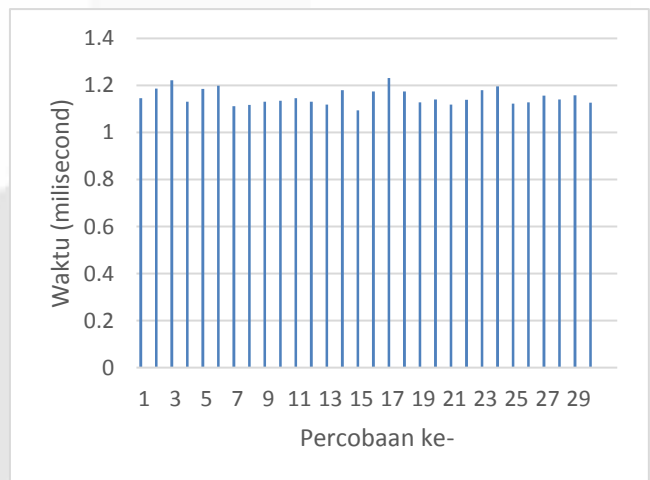
Gambar 3.0.6 Delay menggunakan jaringan internet

Throughput merupakan jumlah data yang diterima dibagi dengan waktu selama pengiriman data tersebut sehingga didapat rata-rata *throughput* yaitu 201.0538 bytes/s. Besar kecilnya data *throughput* yang dihasilkan dikarenakan kualitas jaringan internet yang sedang digunakan saat pengujian berlangsung. Hasil dari *delay* ini bergantung pada jaringan yang dipakai saat pengujian pada setiap percobaan. Besar kecilnya *delay* berpengaruh dengan *real time* pengiriman data suhu melalui internet yang dapat diakses melalui laman *website*. Nilai *delay* dipengaruhi oleh kualitas jaringan saat dilakukan pengujian.

3.1.2 Kontroling



Gambar 3.7 Throughput kontroling jaringan internet



Gambar 3.8 Delay kontroling terhubung internet

Dari grafik tersebut dapat diketahui Pengiriman dalam *time span* dengan rata-rata 106,2491 milidetik dengan rata-rata jumlah data 17600,87 bytes sehingga dapat diketahui nilai *throughput* dari hasil bagi antara *packet size* dengan waktu pengiriman dengan rata-rata hasilnya yaitu 165,6784 bytes/s. besar kecilnya *throughput* yang didapat pada saat kontroling juga tergantung kualitas jaringan pada saat pengujian.

Dari grafik tersebut dapat diketahui *delay* di server saat menkontrol sistem menggunakan internet dengan rata-rata *delay* sebesar 1.1261 sekon. Data *delay* yang diperoleh cenderung naik turun tidak beraturan karena *delay* yang didapat sangat tergantung dengan jaringan dan kuat sinyal yang digunakan pengguna dalam mengkontrol sistem.

3.4 Availability dan Reliability

Table 3.1 Hasil Availability dan Reliability

	Uptime (sekon)	Downtime (sekon)	Availability (%)	Reliability (%)
Sensor Node A (1 node)	397,51441	6,948642	98,2519	98,2820
Sensor Node A (2 node bersamaan)	529,6300	12,2424	97,7407	97,6884
Sensor Node C (2 node bersamaan)	543,6582	11,9435	97,8031	97,7537

Dari hasil pengujian tersebut data yang gagal terkirim dengan benar pada saat pengujian menyebabkan *availability* dan *reliability* berkurang sehingga semakin banyak data yang salah pada saat pengiriman menyebabkan hasil *availability* dan *reliability* semakin kecil begitu pula jika sebaliknya jika semakin sedikit kesalahan pada saat pengiriman akan menjadikan hasil *availability* dan *reliability* semakin bagus. Kesalahan pada saat pengiriman dapat terjadi saat pengiriman data menuju koordinator *node* berlangsung dapat terjadi *crash* data pada pembacaan di bagian koordinator *node* dikarenakan data yang dikirimkan dapat diterima bersamaan dan tidak teratur yang menyebabkan kesalahan dalam pengiriman data. *Availability* dan *reliability* menunjukkan kehandalan pada sistem saat bekerja dan dapat diketahui dari tabel 4.10 bahwa sistem tersebut memiliki *availability* 98,2519 dan *reliability* 98,2820 untuk satu *node* saat percobaan sedangkan menggunakan 2 *node* memiliki rata-rata *availability* 97,7719 % dan *reliability* 97,7210 %, hal tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin banyak sensor *node* yang digunakan akan membuat *availability* dan *reliability* pada sistem semakin berkurang.

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan perancangan dan pengujian sistem, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem kenyamanan ruangan yang dirancang menggunakan Arduino Uno, Xbee S2C, relay, raspberry pi 3, dan DHT22 dapat berjalan dengan baik, dari *monitoring* maupun *kontroling* terhadap suhu dan kelembaban.
2. Sistem Kenyamanan ruangan ini menggunakan modul komunikasi yaitu Xbee S2C yang dapat menjangkau jarak pada ruangan yang terbuka gedung serba guna Telkom University sejauh 56, 6 meter.
3. Sistem kenyamanan ruangan ini memiliki *delay* terkecil saat pengujian di ruangan terbuka pada jarak 18 meter sebesar 131,05 *milisecond* sedangkan *delay* tertinggi terdapat pada jarak 54 meter yaitu sebesar 300,01 *milisecond*, besar kecilnya *delay* bergantung terhadap jarak dari koordinator.
4. Pada pengujian di gedung serba guna Telkom University memiliki *throughput* terbesar pada jarak 18 meter sebesar 7, 33 bytes/s dan *throughput* terkecil pada jarak 54 meter sebesar 4,36 bytes/s. hal ini menunjukkan *throughput* berbanding terbalik dengan *delay* semakin besar *throughput* maka akan semakin kecil *delay*, dan sebaliknya.
5. Pengujian sistem pada kondisi ruangan bersekat memiliki *throughput* terbesar pada ruang Camelia dengan jarak 6, 89 meter sebesar 9 bytes/s sedangkan *throughput* terkecil pada ruang Aster dengan jarak 13, 83 sebesar 3, 4 bytes/s. Pada percobaan menunjukkan bahwa jarak dan *obstacle* mempengaruhi hasil *throughput*.
6. Pada pengujian *delay* ruangan bersekat memiliki *delay* terbesar pada ruang Aster dengan jarak 13,83 meter sebesar 330,2 *milisecond* dan *delay* terkecil pada ruangan Violet dengan jarak 4,75 sebesar 218,8 *milisecond*. Pada percobaan menunjukkan bahwa jarak dan *obstacle* mempengaruhi hasil *delay*.
7. Sistem kenyamanan ruangan ini saat terhubung jaringan internet 4G pada saat *monitoring* memiliki rata-rata *throughput* yaitu 201,0538 bytes/s dan rata rata *delay* sebesar 217,8505 *milisecond* sedangkan pada saat *kontroling* memiliki rata-rata *throughput* sebesar 165,6784 bytes/s dan rata-rata *delay* sebesar 1126,1 *milisecond*.
8. Sistem kenyamanan ruangan ini memiliki *availability* 98,2519 % dan *reliability* 98,2820 % untuk satu *node* sedangkan saat menggunakan 2 *sensor node* memiliki rata-rata *availability* 97,7719 % dan *reliability* 97,7210 % , hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin banyak *node* yang digunakan maka *availability* dan *reliability* akan semakin berkurang.

5. Saran

Terdapat beberapa hal yang dapat menjadi saran untuk pengembangan lebih lanjut mengenai hal yang serupa maupun yang berkaitan.

1. Pada sistem kenyamanan ini dapat dikembangkan dengan menghubungkan langsung dengan *air conditioner* sehingga lebih mudah dan aktual dalam pengendalian aktuator.
2. Pada sistem ini dapat dikembangkan lebih luas sehingga dapat mengendalikan segala sesuatu yang berkaitan dengan kenyamanan
3. Dapat ditambahkan keamanan pada bagian server dan *website* sehingga tidak mudah diakses oleh pengguna yang tidak dikenal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ubaidillah Ahmad Arrozaqi, Tri Budi Santoso, Prima Kristalina "Simulasi Routing protocol pada Jaringan Sensor Nirkabel Dengan Menggunakan Metode Cluster Based" Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2011.
- [2] Hakima Chaochi "Wireless Sensor Networks: A survey on recent development and potential synergies" Institut Mines-Telecom, tahun 2013.
- [3] Vongsagon Boonsawat, Jurarat Ekchamanonta, Kulwadee Bumrunghet, and Somsak Kittipiyakul "XBee Wireless Sensor Networks for Temperatur *Monitoring*" in Sirindhorn International Institute of Technology, Thammasat University, Pathum-Thani, Thailand.
- [4] Kurniawan, Aditya, "Implementasi dan Analisa Jaringan *Wireless Sensor Network* untuk *Monitoring* Suhu, Kelembaban dan kadar CO2 pada Ruang". Bandung: Telkom University. 2015.
- [5] Heri Susanto, Rozeff Pramana, ST. MT., Muhammad Mujahidin, ST. MT., "Perancangan Sistem Telemetry *Wireless* Untuk mengukur suhu dan kelembaban berbasis Arduino uno R3 Atmega328P dan Xbee Pro" Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji, tahun 2013.
- [6] Pralistya Retna W, "Sistem Pemantau dan Pengatur Suhu Ruang menggunakan Sensor LM35 Berbasis Arduino Uno" Universitas Gadjah Mada, tahun 2014.
- [7] Sean Dieter Tebbe Kelly, Nagender Kumar Suryadevara "Towards the Implementation of IoT for Environmental Condition *Monitoring* in Homes" International Journal of Advanced Technology and Innovative Research Volume. 06, Issue No.09, October-2014, Pages: 901-905.
- [8] Rakesh K. Deore, Vijay R. Sonawane, Pooja H. Satpute "Internet of Thing Based Home Appliances Control" Information Technology SITRC, Nashik, India 2015.
- [9] Arduino. "Arduino Uno & Genuino Uno". [Online]. Tersedia di <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>. [Diakses pada tanggal 5 Oktober 2017].
- [10] Aosong Electronic Co., Ltd "Digital-*output* relatives kelembaban dan temperature sensor/module DHT22 (DHT22 also named as AM2302)". [Online]. Tersedia di <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf> [Diakses pada tanggal 5 Oktober 2017].
- [11] Peraturan Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/Menkers/Pers/V/2011. [Online]. Diakses Agustus 8, 2017 www.tungkuindonesia.org/images/.../Peraturan_Menteri_Kesehatan_No.1077.pdf
- [12] Hapsari, Linda "Implementasi dan Analisis Performansi Virtual Redundancy Router Protocol (VRRP) Pada Jaringan VPLS" Universitas Telkom, Bandung, 2013.
- [13] "XBee S2C 802.15.4 RF Modules", [online] [Diakses pada tanggal 1 Juni 2017] https://www.digi.com/pdf/ds_xbee-s2c-802-15-4.pdf
- [14] "Datasheet UARTSBee v3.1" [online]. [Diakses pada tanggal 6 Juni 2017] http://www.seeedstudio.com/wiki/UartSBee_V3.1
- [15] Sulivian Kevin R "Understanding Relays" Automotive Technology Skyline College.
- [16] F. Sheikh and L. Xinrong, "Wireless Sensor Network System Design using Raspberry Pi and Arduino for Environmental *Monitoring* Applications," *Scienc Direct*, vol. 34, pp. 103-110, 2014.
- [17] "Raspberry PI 3 Model B" [online]. [Diakses pada tanggal 6 Juni 2017] <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>
- [18] Gentayu, Bima. 2017. "Perancangan dan Analisa Ssistem Akuarium Pintar Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel". Telkom University, Bandung.