

PERANCANGAN DAN ANALISIS SISTEM *SMART LIGHTING* BERBASIS *WIRELESS SENSOR NETWORK* UNTUK MENINGKATKAN KENYAMANAN AKTIVITAS DI DALAM RUMAH

Fidelis Surya Putranta¹, Rendy Munadi², Yoseph Gustommy Bisono³

^{1, 2, 3}Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

fidelissurya@yahoo.com¹, rendymunadi@telkomuniversity.ac.id², bisono@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Dewasa ini, *smart lighting* menjadi sebuah teknologi yang layak digunakan untuk menunjang produktivitas. *Smart lighting* sendiri menggunakan lampu LED yang dipadukan dengan sensor. Sensor merupakan alat yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik atau kimia. Dalam penelitian ini digunakan sensor LDR sebagai pendeteksi tingkat intensitas cahaya di dalam ruangan. Sensor tersebut mendeteksi keadaan cahaya di ruangan dan menyesuaikan dengan tingkat intensitas cahaya yang direkomendasikan, kemudian dilakukan pengiriman informasi ke lampu LED untuk menyala dengan menggunakan sebuah mikrokontroler (Arduino). Pada sistem ini, sensor terhubung dengan jaringan dalam sebuah *Wireless Sensor Network*. Data dari *sensor node* dikirimkan ke *coordinator node* secara nirkabel menggunakan XBee kemudian dikirimkan ke *server* untuk diolah dan dipantau. Informasi *server* dapat diakses, dipantau dan dikendalikan menggunakan perangkat *mobile* maupun komputer dengan akses jaringan internet. Dari hasil pengujian terhadap XBee, semakin jauh jarak *sensor node* dengan *coordinator node* maka *delay* akan semakin besar. Sementara *throughput* akan semakin kecil, begitu pula sebaliknya. Pada pengujian *server*, *delay* pada proses *monitoring* lebih kecil daripada *delay* pada proses *controlling*. Sedangkan *throughput monitoring* lebih besar daripada *throughput controlling*. Sistem memiliki *reliability* sebesar 95,17% dan *availability* sebesar 95,4%.

Kata Kunci: LED, Arduino, sensor cahaya, XBee

Abstract

Now, smart lighting become a feasible technology to increase productivity. Smart lighting uses LED and sensor. Sensor is a device that detect any physical or chemical environment changes. This research used LDR sensors as a detector level of light intensity in the room. The sensor detects the state of light in the room and adjusts it to recommended light intensity, then sends the information to the LED to light up using a microcontroller (Arduino). The sensor connected to the network within a wireless sensor network. The data from the sensor node sent to the coordinator node wirelessly using XBee and then sent to the server for processing. All information monitored on a server. The information can be accessed, monitored, and controlled using mobile devices or computers with internet access. From the results of testing on XBee, the more distance the sensor node from the coordinator node, the delay will be greater. On the hand, the throughput will be smaller, and vice versa. In server testing, the delay on the monitoring process is smaller than the delay in the controlling process. While the throughput monitoring is higher than the throughput of controlling. The system has a reliability of 95.17% and availability of 95.4%.

Keywords: LED, Arduino, light sensor, XBee

1. Pendahuluan

Lampu memiliki peran yang sangat penting sebagai sumber penerangan di dalam maupun di luar rumah. Lampu yang sekarang sedang ramai digunakan adalah lampu *Light Emitting Diode* (LED). Lampu LED memiliki keunggulan yaitu lebih hemat listrik dibandingkan dengan lampu konvensional yang masih ada di pasaran. Keunggulan lainnya, lampu LED memiliki cahaya dengan berbagai warna sehingga dapat digunakan untuk berbagai tujuan. Dalam penelitian ini, LED difungsikan untuk mampu memancarkan cahaya dengan intensitas tertentu bergantung dengan tingkat

intensitas cahaya dalam ruangan. Ruangan yang memiliki pencahayaan yang baik akan menunjang kenyamanan dalam beraktivitas. Cahaya dari lampu LED tersebut membantu dalam meningkatkan kenyamanan sehingga tetap produktif melakukan aktivitas maupun bersantai di dalam rumah. *Smart lighting* sebagai teknologi baru menjadi pilihan sebagai penunjang kenyamanan di dalam rumah, *smart lighting* menggunakan LED dan sensor sebagai elemen utamanya. *Smart lighting* dihubungkan dengan jaringan internet untuk dapat dimonitor dan dikontrol dari jarak jauh. Tujuannya adalah untuk memberikan kenyamanan kepada pengguna dengan pengaturan intensitas cahaya LED

yang memancarkan cahaya yang terang sesuai dengan rekomendasi yaitu 250 lux. Tujuan lainnya adalah untuk mengetahui *delay*, *throughput*, *reliability*, dan *availability* pada jaringan sensor nirkabel ketika *smart lighting* tersebut beroperasi.

Smart lighting adalah salah satu produk dari *Internet of Things* (IoT) yaitu perangkat disekitar manusia yang terkoneksi dengan internet dan dapat dikendalikan secara nirkabel. Pengendalian tersebut memerlukan sensor dan jaringan nirkabel atau biasa disebut *Wireless Sensor Network* (WSN) yaitu suatu jaringan komunikasi sensor yang terhubung secara nirkabel yang terdiri dari beberapa sensor (*sensor node*) yang diletakkan di tempat-tempat yang berbeda untuk memonitor kondisi suatu sistem [1, 2, 3]

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Internet of Things (IoT)

IoT adalah perangkat disekitar manusia yang terkoneksi dengan internet dan dapat dikendalikan secara nirkabel. IoT menggunakan antarmuka dan terintegrasi ke dalam jaringan informasi serta dapat melakukan komunikasi data kepada pengguna dan lingkungannya [4,5].

2.2 Wireless Sensor Network (WSN)

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 [6]. WSN memanfaatkan teknologi *embedded system* dan seperangkat *node sensor*, untuk melakukan proses *sensing*, *monitoring*, pengiriman data dan penyajian informasi ke pengguna melalui komunikasi di internet [7, 8].

2.3 Smart Lighting

Smart lighting di dalam rumah membantu dalam menghemat energi dengan mengadaptasikan cahaya ke dalam kondisi yang bermacam-macam dan menjadi saklar *on/off* atau mengatur intensitas cahaya bila diperlukan. Teknologi kunci dari *smart lighting* menggunakan perangkat pencahayaan (misalnya cahaya LED), sensor, dan perangkat IP sebagai penyambungannya. *Smart lighting* untuk rumah membuat hemat energi dengan merasakan pergerakan manusia dan lingkungannya serta mengontrol cahaya sedemikian rupa. Lampu yang terkoneksi internet maupun jaringan nirkabel dapat dikontrol dari jarak jauh dengan aplikasi IoT misalnya, aplikasi *smartphone* maupun aplikasi web. *Smart lighting* dengan sensor untuk jumlah lampu, temperatur cahaya, tingkat intensitas cahaya bisa diatur untuk mengadaptasi cahaya (dengan mengganti intensitas cahaya, warna cahaya, dan sebagainya) sesuai kondisi yang dirasakan untuk memperoleh kondisi lingkungan yang baik [4].

2.4 Kenyamanan Menurut Warna Sinar Lampu

Kuning meredup memiliki sifat membangkitkan kenyamanan ruang kerja atau ruang belajar. Kuning yang meredup, seperti matahari pada sore hari, menciptakan nuansa penuh kehangatan. Sehingga sangat tepat jika menggunakan sinar lampu kuning yang terang di ruang kerja. Sedangkan sinar putih memberikan kesan yang dingin dan mengisolasi. Hal ini menyebabkan orang-orang di dalam ruang lebih suka bersosialisasi untuk membuat suasana lebih hangat dan nyaman.

3. Perancangan dan Analisis

3.1 Desain Model

Blok sistem yang dirancang dibagi menjadi empat bagian yaitu perangkat *sensor node*, *coordinator node*, *server* internet, dan *interface* (*web*). *Sensor node* terdiri dari sensor cahaya, *Arduino*, *XBee* [9, 10], lampu LED, terhubung ke *coordinator node* yang terdiri dari *XBee* dan *Raspberry Pi* untuk pengambilan data lalu dikirim ke *server* untuk ditampilkan ke perangkat *interface*. Pertukaran data tersebut dapat melewati internet atau juga bisa dalam jaringan yang sama antara perangkat *interface* dengan *server*.

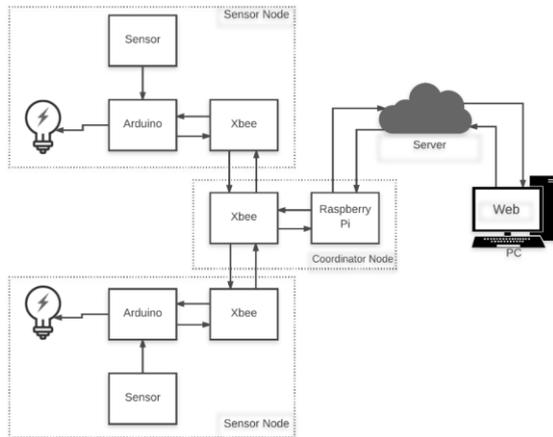
3.2 Diagram Alir

Proses kerja dari perangkat *smart lighting* yaitu, *sensor* cahaya membaca intensitas cahaya di luar ruangan, data tersebut dikirim ke mikrokontroler untuk diolah. Kemudian mikrokontroler mengecek waktu pada saat itu, dan disesuaikan dengan intensitas cahaya di luar. Jika cocok, misalnya jam 12 siang sesuai dengan intensitas cahaya yang sebenarnya (kondisi cerah) maka dalam sistem memakai acuan berdasarkan intensitas cahaya kemudian data tersebut dikirim ke mikrokontroler. Jika tidak cocok, misalnya jam 12 siang tetapi tidak sesuai dengan intensitas cahaya diluar (kondisi mendung) maka dalam sistem memakai acuan berdasarkan jam kemudian data tersebut dikirim ke mikrokontroler dan disimpan di server.

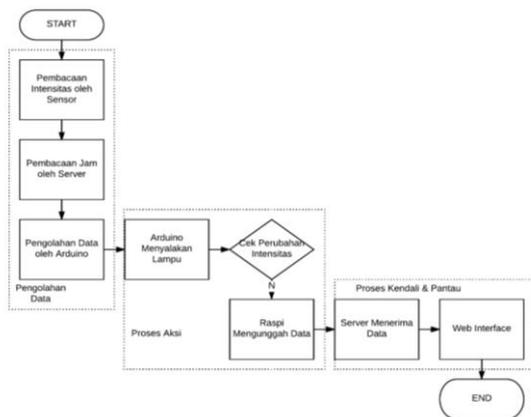
Data yang diperoleh, baik berdasarkan intensitas maupun waktu, diolah di mikrokontroler kemudian digunakan untuk menyalakan lampu. Lampu dinyalakan dengan warna nyala yang berbeda bergantung dengan intensitas cahaya maupun jam kerja.

Tabel 1. Jarak *Sensor Node* ke *Coordinator Node* di Lantai 2

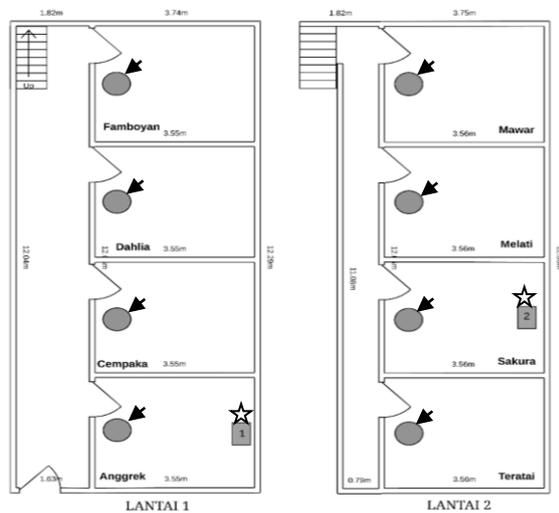
Nama Kamar	Jarak (m)	Penghalang
Sakura	3	Tidak ada penghalang
Teratai	3	1 tembok
Melati	3	1 tembok
Mawar	6	2 tembok



Gambar 1. Desain Model Sistem



Gambar 2. Diagram Alir Sistem



Gambar 3. Denah Pengujian Sistem

3.3 Analisis Pembacaan Sensor

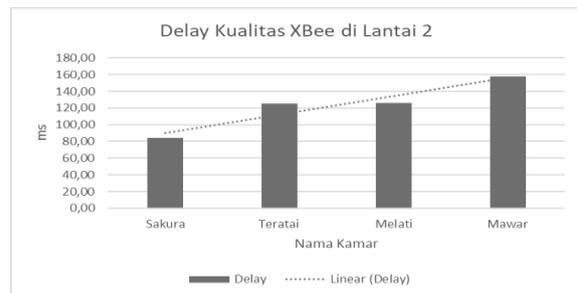
Dilakukan pengujian di delapan ruangan berbeda. *Sensor node* (ditandai dengan panah pada lingkaran) diletakkan pada masing-masing kamar. *Coordinator node* ada di kamar Sakura di lantai 2 dan kamar Anggrek di lantai 1 (ditandai dengan kotak berbintang). Pada denah tersebut, masing-masing *sensor node* pada setiap kamar memiliki jarak yang berbeda-beda terhadap *coordinator node*.

Tabel 2. Jarak *Sensor Node* ke *Coordinator Node* di Lantai 1

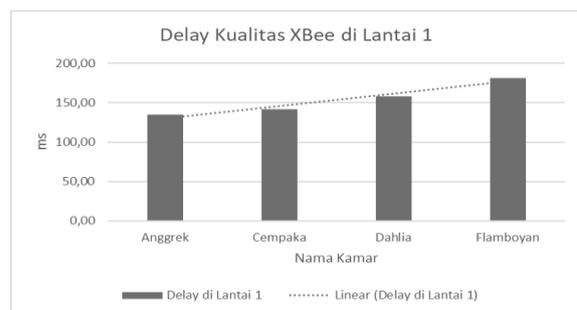
Nama Kamar	Jarak (m)	Penghalang
Anggrek	3	Tidak ada penghalang
Cempaka	3	1 tembok
Dahlia	6	2 tembok
Flamboyan	9	3 tembok

Tabel 3. Hasil Pembacaan Kondisi oleh Sensor

	Time										
		08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
Kamar Anggrek	Light Intensity (lux)	224	237	240	254	278	282	226	216	199	183
	LED Intensity	46	33	10	0	0	0	24	44	51	97
Kamar Cempaka	Light Intensity (lux)	223	237	243	266	269	276	255	244	209	175
	LED Intensity	27	13	7	0	0	0	0	12	13	12
Kamar Dahlia	Light Intensity (lux)	127	139	162	166	174	182	177	170	161	155
	LED Intensity	123	111	88	84	76	68	73	80	89	95
Kamar Flamboyan	Light Intensity (lux)	102	110	117	122	124	120	118	110	103	92
	LED Intensity	148	140	133	128	126	130	132	140	147	158
Kamar Mawar	Light Intensity (lux)	193	198	203	211	223	217	210	209	197	191
	LED Intensity	57	52	47	39	27	33	40	41	53	59
Kamar Melati	Light Intensity (lux)	214	228	235	240	246	243	241	238	235	229
	LED Intensity	36	22	15	10	4	7	9	12	15	21
Kamar Sakura	Light Intensity (lux)	239	242	250	259	264	266	251	247	241	238
	LED Intensity	11	8	0	0	0	0	0	3	9	12
Kamar Teratai	Light Intensity (lux)	241	245	251	258	262	260	253	248	241	239
	LED Intensity	9	5	0	0	0	0	0	2	9	11



Gambar 4. Delay Kualitas XBee di Lantai 2



Gambar 5. Delay Kualitas XBee di Lantai 1

Dari Tabel 3 diperoleh nilai intensitas pada kamar Flamboyan dan Dahlia lebih rendah karena kondisi kamar berada di pojok dan memiliki pencahayaan yang kurang, sedangkan kamar Anggrek, Cempaka, Sakura, dan Teratai memiliki intensitas cahaya yang tinggi karena pada kamar tersebut terdapat cahaya matahari langsung yang menerangi kamar tersebut. Pada kamar Mawar dan Melati intensitas cahayanya tidak terlalu tinggi

maupun rendah karena kamar tersebut mendapat sinar matahari tidak langsung.

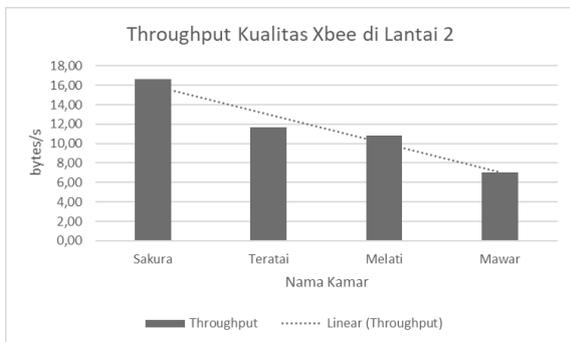
3.4 Analisis Kualitas Jaringan XBee

3.4.1 Delay

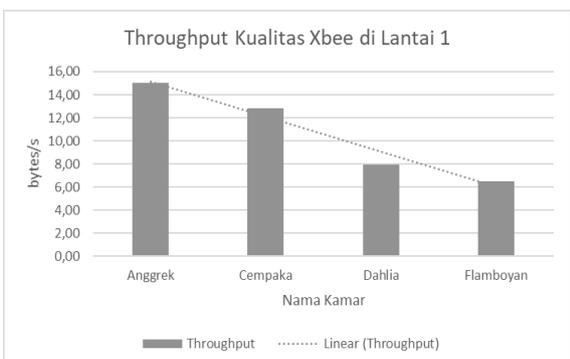
Didapatkan rata-rata *delay* [12, 13] kamar Sakura dengan jarak 3 meter adalah 84,03 *milisecond* hal ini disebabkan karena *sensor node* dan *coordinator node* terletak pada satu ruangan tanpa ada penghalang. Sedangkan pada kamar Teratai dan Melati memiliki nilai *delay* yang hampir serupa karena jarak antara *sensor node* dengan *coordinator node* adalah 3 meter dan kedua kamar tersebut terhalang oleh tembok. Di lantai 1 pada kamar Anggrek dan Cempaka yang memiliki jarak 3 meter diperoleh *delay* 134,57 *milisecond* untuk kamar Anggrek dan 141,93 *milisecond* untuk kamar Cempaka, perbedaan hasil diperoleh karena adanya penghalang yang berbeda setiap kamarnya. Pada kamar Mawar diperoleh *delay* 157,62 *milisecond* dan Dahlia 158,03 *milisecond* karena memiliki jarak 6 meter. Pada kamar Flamboyan dengan jarak 9 meter diperoleh *delay* sebesar 181,28 *milisecond*

3.4.2 Throughput

Diperoleh nilai *throughput* [12, 13] rata-rata untuk kamar Sakura yaitu 16,65 *bytes/second* dengan nilai yang paling besar, karena *delay* kamar Sakura paling kecil sehingga pada waktu yang sama, jumlah paket yang dikirimkan bisa lebih banyak.



Gambar 6. *Throughput* Kualitas XBee di Lantai 2



Gambar 7. *Throughput* Kualitas XBee di Lantai 1

Throughput rata-rata yang paling kecil pada kamar Flamboyan yaitu 6,52 *bytes/second* karena *delay* pada kamar Flamboyan lebih besar sehingga pada waktu yang sama paket data yang dikirim menjadi lebih sedikit. Berdasarkan jarak antara *sensor node* dengan *coordinator node*, semakin jauh jaraknya maka nilai *throughput* semakin kecil, karena semakin besar jarak, maka *delay* semakin besar. Pada selang waktu yang sama *delay* akan menyebabkan jumlah paket yang diterima menjadi sedikit.

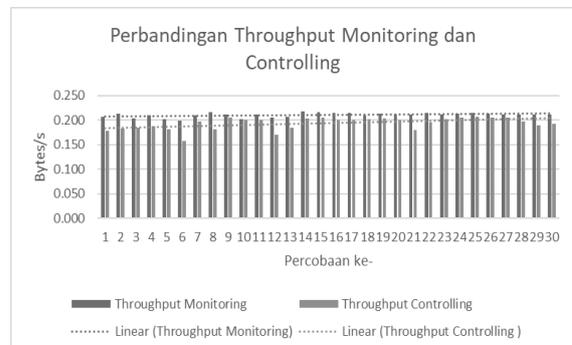
3.5 Analisis Kualitas Jaringan Server Internet

3.5.1 Throughput

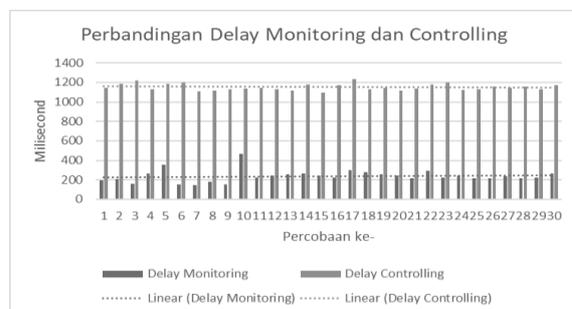
Grafik pada Gambar 8 menunjukkan perbandingan antara *throughput* [12, 13] pada proses *monitoring* dengan *throughput* pada proses *controlling*. Sementara untuk nilai *throughput* proses *controlling* lebih rendah daripada proses *monitoring* karena pada rata-rata *timespan* (lama waktu pengamatan dari paket dari paket pertama hingga paket terakhir) yang sama, data yang dikirim lebih sedikit sedangkan proses *monitoring* untuk waktu yang sama data yang dikirimkan lebih banyak sehingga *throughput* proses *monitoring* lebih besar.

3.5.2 Delay

Pada Gambar 9 dilakukan perbandingan *delay* [12, 13] pada proses *monitoring* dengan *delay* pada proses *controlling* untuk melihat kualitas.



Gambar 8. Perbandingan *Throughput Monitoring* dengan *Controlling*



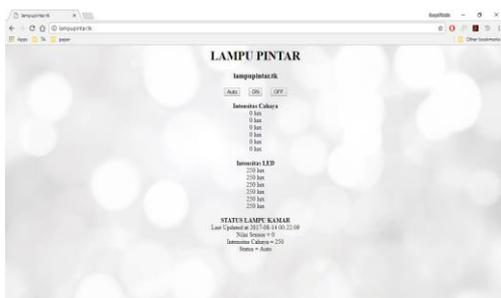
Gambar 9. Perbandingan *Delay Monitoring* dengan *Controlling*

Nilai *delay* yang didapat dari percobaan di atas, menunjukkan bahwa *delay* yang lebih kecil pada proses *controlling* diakibatkan untuk ukuran paket yang sama waktu pengirimannya akan lebih kecil karena paket proses *controlling* lebih kecil dibandingkan dengan paket pada proses *monitoring* saat memasuki *server*. Hasil untuk *delay monitoring* sudah bagus sebesar 237 *milisecond* tetapi untuk *delay controlling* masih kurang bagus karena mencapai 1 detik, untuk mengatasi hal tersebut bisa dengan mengurangi *delay* pada sistem dan *delay* proses.. Pada Gambar 9, *delay* pada *monitoring* ditunjukkan dengan diagram batang yang pendek dan *delay* pada *controlling* ditunjukkan dengan diagram batang yang panjang

3.6 Antarmuka Laman Web

Pengujian dilakukan dengan membuat laman *web* pada penyedia layanan *server* internet *DigitalOcean*. Penggunaan laman *web* ini bertujuan untuk menjadi perantara antara pengguna dengan sistem sehingga memudahkan pengguna dalam memantau kondisi *smart lighting* dengan menampilkan data-data dari *smart lighting* dan memantaunya dengan mudah dari jarak jauh hanya dengan koneksi internet. Laman *web* dapat diakses dengan alamat *lampupintar.tk* dengan tampilan pada Gambar 10.

Laman *web* tersebut menampilkan data-data hasil pembacaan sensor pada *sensor node* yaitu menampilkan status nilai sensor, intensitas cahaya, dan waktu terakhir data diperbarui. Ditampilkan pula tombol untuk melakukan *controlling*, tombol AUTO untuk pengecekan nilai sensor dan menjalankan aksi agar berjalan secara otomatis, ON untuk menyalakan



Gambar 10. Tampilan Laman Web

Tabel 4. Reliability dan Availability 1 Node

Node	Jumlah Paket Berhasil	Jumlah Paket Gagal	Reliability (%)	Availability (%)
A	499	1	99,80	99,80

Tabel 5. Reliability dan Availability 2 Node

Node	Jumlah Paket Berhasil	Jumlah Paket Gagal	Reliability (%)	Availability (%)
A	142	5	96,48	96,60
B	133	4	96,99	97,08

lampu secara langsung dan OFF untuk mematikan lampu secara langsung. Semua riwayat *controlling* ditampilkan juga di laman *web*.

3.7 Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian dilakukan dengan menjalankan keseluruhan dan mengamati proses data yang masuk ke dalam Raspberry Pi. Data tersebut masuk melalui *coordinator node* kemudian dilakukan *capturing* dengan Minicom dan data *disparsing* untuk memisahkan data berdasarkan pengirimnya. Pada pengujian dilakukan percobaan dengan mengirim data dari *node A* saja serta dari *node A* dan *node B* secara bersamaan dengan perulangan 200 kali. Hasilnya diolah dengan rumus *reliability* dan *availability*. Hasil pengujian data tertera pada Tabel 4. Pada pengujian 1 *sensor node* diperoleh informasi 499 paket berhasil dikirim dan 1 paket gagal dikirim sehingga *reliability* sebesar 99,8% dan *availability* 99,8%.

Dari hasil pengujian (Tabel 5), pada *sensor node A* terdapat 142 paket berhasil dikirim dan 5 paket gagal dikirim sementara *sensor node B* terdapat 133 paket berhasil dan 4 paket gagal dikirim. Paket gagal dikirim disebabkan oleh kegagalan *capture* pada minicom karena data dari *node A* dan *node B* dikirim secara bersamaan ke *coordinator node*. Berdasarkan jumlah waktu berhasil dan jumlah waktu gagal diperoleh *reliability* sebesar 95,17% dan *availability* sebesar 95,4%.

4. Kesimpulan

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

1. Lampu LED akan menyala dan berubah warna sesuai aktifitas yang terjadi di dalam suatu rumah. Lampu LED akan berwarna putih pada pukul 08.00 hingga 15.00 dengan asumsi pada rentang jam tersebut terjadi aktivitas dalam rumah. Lampu LED berubah warna menjadi kuning pada pukul 15.01 hingga 17.59 dengan asumsi pada rentang jam tersebut merupakan waktu istirahat. Selain jam tersebut lampu tetap berwarna kuning dan bisa di matikan secara manual.
2. Nilai intensitas cahaya semakin kecil maka nilai LED *value* juga semakin besar. Jika nilai intensitas semakin besar maka nilai LED *value* juga semakin kecil.
3. Sistem *smart lighting* dapat melakukan *monitoring* keadaan lampu dan sensor mulai dari intensitas cahaya ruangan dan intensitas cahaya lampu yang dikeluarkan. Sistem *smart lighting* juga dapat melakukan *controlling* sistem dengan masukan otomatis, langsung menyala dan langsung mati. Semua informasi hasil *sensing* dan tombol pada proses *controlling* dapat diakses pada laman *web*.

4. Semakin jauh letak *node* maka nilai *delay* semakin besar dan nilai *throughput* semakin kecil.
5. Rata-rata ukuran paket untuk *monitoring* sebesar 26279,47 *bytes* sedangkan *controlling* 20770,6 *bytes*. Paket *monitoring* lebih besar karena membawa data-data informasi dari *sensor node* sedangkan *controlling* hanya membawa inputan.
6. Nilai *throughput* rata-rata pada proses *monitoring* sebesar 210,827 *bytes/second* sedangkan pada proses *controlling* sebesar 193,7 *bytes/second*. *Throughput monitoring* lebih besar karena ukuran paket lebih besar.
7. Nilai *delay* rata-rata pada proses *monitoring* sebesar 237,69 *milisecond* dan *controlling* sebesar 1151,61 *milisecond*. *Delay* pada proses *monitoring* lebih kecil karena paket yang dikirimkan proses *monitoring* lebih kecil daripada paket proses *controlling*.
8. Sistem memiliki tingkat *reliability* sebesar 95,17% dan *availability* sebesar 95,4% yang dilihat pada Raspberry Pi.

Daftar Pustaka

- [1] M. Peterson, "The Psychology of Color," [Online]. Available: <http://www.moosetpeterson.com/techtips/color.html>. [Diakses 28 September 2016].
- [2] N. Chandrakar, S. Kaul, C. S. V. Manoj Mohan dan K. Prabhu, "NFC based profiling of smart home lighting system," 2015 *International Conference on Industrial Instrumentation and Control (ICIC)*, 2015.
- [3] R. L. Nurbed, "Prototype Smart Street Lighting Di Jaringan Sensor Nirkabel," 2015.
- [4] A. Bahga dan V. Madiseti, *Internet of Things: A Hands-On Approach*, Georgia: VPT, 2014.
- [5] "HomePlug Alliance," [Online]. Available: <http://www.homeplug.org/>. [Diakses 25 Oktober 2016].
- [6] M. Sibarani, "IMPLEMENTASI SISTEM WIRELESS SENSOR," *Universitas Indonesia*, 2008.
- [7] I. P. A. E. Permana dan S. Suakanto, *Wireless Sensor Network*, Bandung: Penerbit Informatika, 2015.
- [8] D. S. Yinbiao, "Internet of Things: Wireless Sensor Network," *White Paper*, no. International Electrotechnical Commission, 2014.
- [9] D. Ahamed, "THE ROLE OF ZIGBEE TECHNOLOGY INFUTURE DATACOMMUNICATION SYSTEM," *Sathak Institute of Technology*, 2005.
- [10] N. Noorani, "Wireless Multi-Sensor Monitoring System Utilizing IEEE 802.15.4 Communication Standards for Water Leakage Detection," *Department of Electrical and Computer Engineering*.
- [11] B. S. Nasional, "Tingkat pencahayaan minimum dan renderasi warna yang direkomendasikan". Indonesia Paten SNI 03-6575-2001, 8 Agustus 2001.
- [12] E. Dahlman, C. Oestges, A. C. Bovik dan B. A. Fette, *Communications Engineering Desk Reference*, Oxford: Elsevier Inc., 2009.
- [13] L. Hapsari, "IMPLEMENTASI DAN ANALISIS PERFORMANSI VRRP (VIRTUAL ROUTER REDUNDACY PROTOCOL) PADA JARINGAN VPLS," *Universitas Telkom*, 2013.