

PENGEMBANGAN SISTEM OTOMATISASI RUANGAN CERDAS MENGUNAKAN JARINGAN SENSOR NIRKABEL BERBASIS TOPOLOGI TERPUSAT (STAR TOPOLOGY)

Setya Ardhi¹, Tjwanda Putera Gunawan², Judi Prajetno Sugiono³

^{1,3}Program Studi Teknik Elektro – Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya

²Program Studi Teknik Informatika – Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya

Email: 1setyaardhi@stts.edu, 2tjwanda@stts.edu, 3jpsugiono@stts.edu

ABSTRAK

Perkembangan teknologi menuntut adanya solusi rumah pintar untuk meningkatkan efisiensi energi, kenyamanan, dan keamanan. Latar belakang penelitian ini adalah merancang sistem otomatisasi ruangan cerdas yang mampu mengintegrasikan berbagai perangkat elektronik untuk mengurangi konsumsi daya dan memberikan kontrol terpusat bagi pengguna.

Sistem ini diimplementasikan menggunakan Jaringan Sensor Nirkabel (WSN) dengan topologi bintang terpusat, di mana sebuah router menghubungkan beberapa *sensor node*. Komunikasi antara pengguna dan sistem dilakukan melalui protokol HTTP via antarmuka web. Rangkaian elektronik inti memanfaatkan mikrokontroler Wemos dan Arduino untuk mengolah data dari berbagai sensor, termasuk sensor gerak PIR, RFID untuk akses, serta sensor suhu (DHT11) dan arus (ACS712).

Hasil pengujian menunjukkan fungsionalitas sistem yang tinggi. Sensor PIR efektif mendeteksi gerakan hingga jarak 1.5 meter dan pembaca RFID menunjukkan durabilitas 100% untuk kontrol akses. Sensor suhu DHT11 memiliki akurasi yang baik dengan rata-rata *error* 3.6%. Sistem kontrol otomatis seperti saklar lampu dan AC berhasil berjalan secara fungsional, meskipun terdapat jeda waktu respon yang terukur pada sistem kontrol AC antara 15 hingga 23.5 detik.

Kata Kunci: Jaringan Sensor Nirkabel (WSN), Topologi Bintang (Star Topology), Internet of Things (IoT)

PENDAHULUAN

Keamanan rumah menjadi masalah utama ketika pemilik meninggalkan rumahnya dalam keadaan kosong, di mana pencurian dan kebakaran sering kali terjadi [1]. Salah satu solusi alternatif untuk masalah tersebut adalah dengan memanfaatkan teknologi *Smart Home*. *Smart Home* atau rumah pintar adalah rumah dengan sistem otomatisasi canggih yang dapat memberikan informasi kepada penghuni sehingga memungkinkan dilakukannya *monitoring* dan *controlling* terhadap rumah tersebut [2]. Teknologi ini dapat digunakan untuk mengetahui dan mengendalikan pencahayaan, suhu, keamanan, serta banyak fungsi lainnya.

Pada penelitian ini, sistem *Smart Home* dirancang berbasis Jaringan Sensor Nirkabel (*Wireless Sensor Network* atau WSN). WSN merupakan suatu infrastruktur jaringan yang menggunakan sensor untuk memonitor kondisi fisik atau lingkungan sekitar seperti suhu, suara, dan gerakan [3]. Teknologi ini merupakan salah satu studi mendasar dalam konsep *Internet-of-Things* (IoT) yang bertujuan untuk membangun sebuah sistem yang mendukung aplikasi cerdas [4].

Dalam perancangan WSN, terdapat beberapa pilihan topologi jaringan, seperti *mesh*, *bus*, *tree*, dan *star*. Penelitian ini akan berfokus pada JSN yang menggunakan topologi *star* [5], di mana *node* sensor melakukan pengiriman data ke satu titik pusat atau *gateway*. Namun, perangkat WSN sering kali ditempatkan di daerah yang sulit dijangkau, sehingga pergantian baterai pada *node* sensor secara

terus-menerus dengan kurun waktu yang cepat menjadi kurang efisien. Selain itu, karena setiap data *output* pengiriman mempunyai panjang data yang tetap dan kecepatan transmisi yang konstan, unjuk kerja sistem seperti keterlambatan (*delay*) dapat diperkirakan.

Meskipun topologi star menawarkan kesederhanaan, arsitektur yang terpusat ini menimbulkan beberapa tantangan teknis yang perlu dianalisis untuk memastikan sistem dapat bekerja secara optimal. Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana unjuk kerja konsumsi daya pada sistem, mengingat penggunaan daya pada *gateway* lebih tinggi dibandingkan pada *node* sensor karena tugasnya yang lebih berat dalam menerima dan menyimpan data. Kemudian bagaimana tingkat keterlambatan (*delay*) pengiriman data yang terjadi, mengingat pada topologi ini banyak data dapat mengalami bentrok atau tabrakan pada saat pengiriman sehingga menyebabkan data hilang atau tumpang tindih.

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sebuah prototipe sistem otomatisasi ruangan cerdas yang memanfaatkan Jaringan Sensor Nirkabel dengan topologi star, menganalisis unjuk kerja sistem yang dibangun dengan fokus pada pengukuran dan evaluasi konsumsi daya pada *gateway* dan *node* sensor, menganalisis performa pengiriman data dengan mengukur *delay* yang terjadi pada setiap *node* untuk memahami dampak dari potensi tabrakan data dalam jaringan.

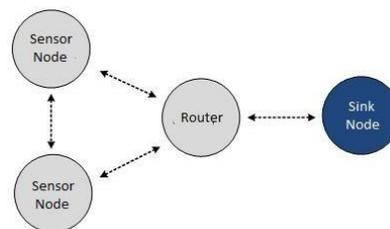
TINJAUAN PUSTAKA

1. Konsep Smartroom

Smartroom atau ruangan pintar merupakan salah satu aplikasi dari Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) yang bertujuan untuk memantau dan mengendalikan kondisi lingkungan di dalam sebuah ruangan [6]. Sistem pemantauan ini menjadi penting ketika suatu area yang luas perlu diawasi, di mana kondisi seperti suhu dan kelembaban di beberapa titik tidak selalu sama. Tujuan dari sistem ini adalah untuk merekap data dan mengakses perangkat ruangan yang terpasang pada setiap titik pemasangan, yang hasilnya dapat ditampilkan dalam bentuk *Human Machine Interface* (HMI) [8] agar mudah dipantau oleh pengguna.

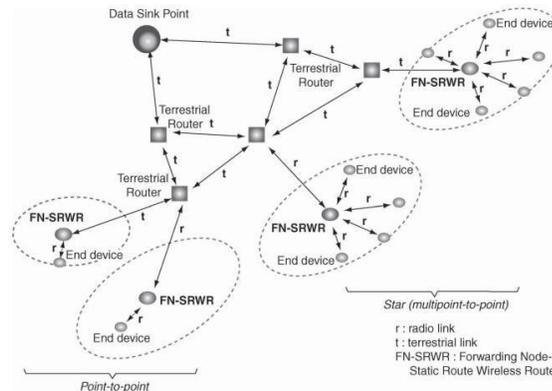
2. Jaringan Sensor Nirkabel (Wireless Sensor Network - WSN)

Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) adalah suatu infrastruktur jaringan yang terbentuk oleh *node-node* sensor yang terhubung satu sama lain secara nirkabel [8].



Gambar 1. Arsitektur Jaringan Sensor Nirkabel

Secara umum, JSN terdiri dari sejumlah *node sensor* dan sebuah *node koordinator* atau *gateway* sebagai pusat data. *Node sensor* sendiri merupakan bagian terpenting karena di sinilah informasi data sensor akan dikumpulkan, diolah, dan dikirimkan sebagai data digital. Salah satu kelemahan utama dari *sensor node* pada WSN adalah keterbatasan sumber daya (energi) [7], karena pada umumnya hanya menggunakan baterai. Hal ini membuat manajemen energi dan monitoring daya menjadi aspek krusial dalam perancangan sistem.



Gambar 2. Sistem Jaringan Sensor Nirkabel

Penelitian tentang sistem smartroom ataupun smarthome dirancang terdiri dari beberapa komponen utama yaitu Router dimana sebagai titik akses (*Access Point*) utama untuk menghubungkan semua perangkat dalam jaringan, kemudian Sink Node berfungsi sebagai *gateway* yang memungkinkan pengguna berinteraksi dengan sistem melalui *web browser*. File Server digunakan untuk mengelola data konfigurasi sistem dan informasi dari seluruh sensor. Sensor Nodes sebanyak 3 buah dimana setiap *node* sensor bertugas untuk memonitor dan mengontrol perangkat di area tertentu, seperti akses ruangan, lampu, suhu, kelembaban, dan pendingin ruangan (AC).

3. Perangkat Keras (Hardware)

Pemilihan perangkat keras, terutama modul *transceiver*, menjadi permasalahan penting bagi perancang sistem komunikasi nirkabel.

- Unit Pemroses dan Komunikasi: Sistem ini menggunakan arsitektur dua mikrokontroler. Wemos D1 R2/Mini (berbasis ESP8266EX) berfungsi sebagai modul WiFi utama yang berperan sebagai *webserver*, sementara Arduino Nano berfungsi sebagai pengendali sistem kontrol sensor dan aktuator. Keduanya saling terhubung menggunakan komunikasi serial UART.
- Sensor: Berbagai sensor digunakan untuk menjalankan skenario-skenario cerdas, antara lain DHT11 untuk suhu dan kelembaban, PIR HC-SR501 sebagai sensor gerak, RFID MFRC-522 untuk kontrol akses, dan ACS712 untuk memonitor arus listrik.

- Aktuator: Perangkat output yang dikendalikan oleh sistem meliputi Relay untuk mengaktifkan perangkat tegangan tinggi seperti lampu, Solenoid untuk kunci pintu elektronik, dan Buzzer untuk alarm.

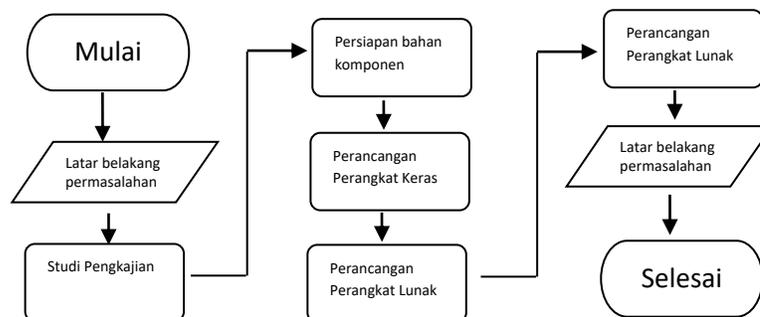
4. Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak terbagi menjadi dua bagian utama: komunikasi antar perangkat dan antarmuka pengguna.

- Antarmuka Komunikasi: Selain komunikasi serial UART yang menjadi jalur utama antara Wemos dan Arduino, sistem ini juga memanfaatkan protokol lain seperti SPI untuk komunikasi dengan *reader* RFID dan I2C untuk modul RTC DS3231.
- Antarmuka Pengguna (Webpage): Antarmuka pengguna (*user interface*) dibangun menggunakan bahasa pemrograman web standar, yaitu HTML, CSS, dan JavaScript. Teknologi kunci yang digunakan adalah XML AJAX, yang memungkinkan halaman web berkomunikasi dengan server untuk memperbarui data secara dinamis tanpa perlu memuat ulang seluruh halaman, sehingga ideal untuk aplikasi *monitoring real-time*.

METODE PENELITIAN

Dalam membuat Pengembangan Sistem Otomatisasi Ruang Cerdas Menggunakan Jaringan Sensor Nirkabel Berbasis Topologi Terpusat (Star Topology), penelitian ini dimulai dengan perancangan yang berdasarkan pada latar belakang dan tujuan pembuatan alat. Setelah itu, dilakukan pemilihan alat dan bahan yang diperlukan untuk membuat alat yang dapat bekerja secara otomatis dan terkoneksi dengan HTML untuk mengirimkan data informasi.

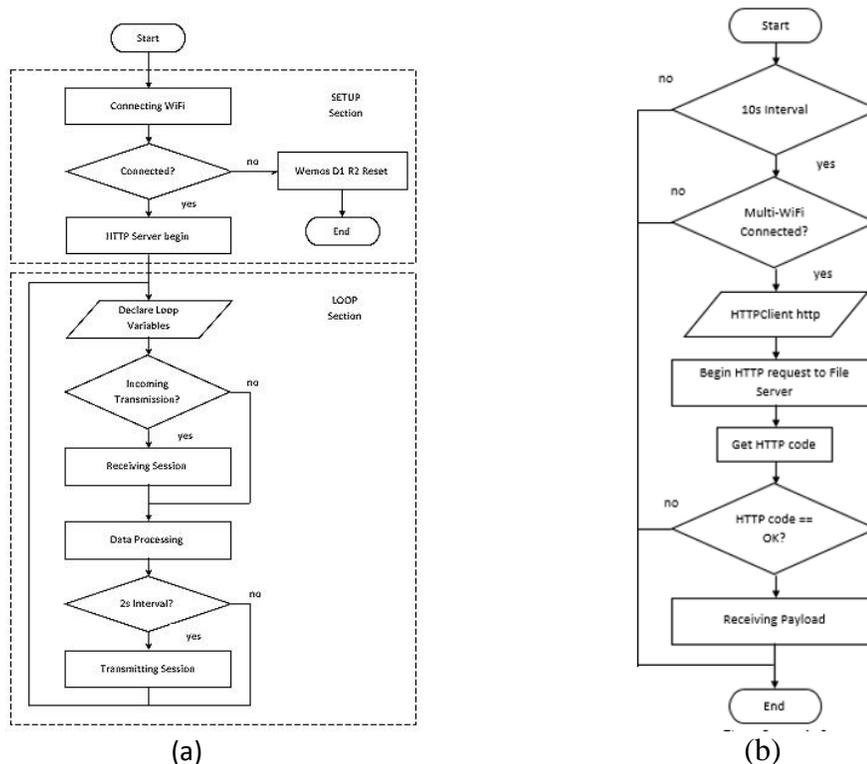


Gambar 3. Diagram Alur Penelitian

Proses penelitian ini meliputi beberapa tahap, yaitu identifikasi permasalahan, studi literatur, perancangan alat dan software, pengumpulan data, analisis dan pengujian, dan kesimpulan. Diagram alur penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3. Setiap tahap memiliki tujuan yang spesifik, mulai dari mencari permasalahan hingga mencapai kesimpulan yang merupakan hasil akhir dari penelitian ini.

Perancangan Perangkat Lunak

Pada bagian ini dijelaskan mengenai pembuatan perangkat lunak (software) yang dibuat menggunakan implementasi software arduino dan perangkat lunak pembuatan website dalam HTML. Berikut flowchart untuk program di dalam embedded sebagai webserver

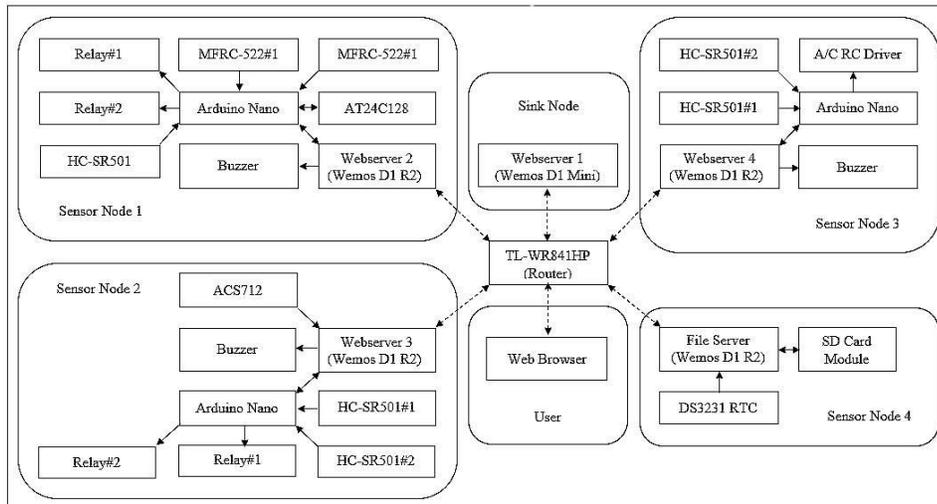


Gambar 4. Flowchart Sistem a) Program Wemos D1 R2 (Webserver), b. Program HTTP Request ke File Server

Pada gambar 4.a Wemos D1 R2 diprogram tidak hanya difungsikan untuk memberikan akses IoT tetapi juga mampu berkomunikasi dengan Arduino Nano, memproses data yang diterima melalui File Server, dan mengendalikan sensor. Berikut akan dibahas bagaimana webserver dijalankan, komunikasi dengan Arduino Nano, dan data processing. Setiap Webserver pada seluruh sensor node diprogram untuk melakukan HTTP request ke File Server dengan tujuan memperoleh data konfigurasi sistem Smart kemudian dijalankan didalam sistem Sensor node itu sendiri. Flowchart HTTP request ke File Server dapat dilihat pada gambar 4.b.

Perancangan Perangkat Keras

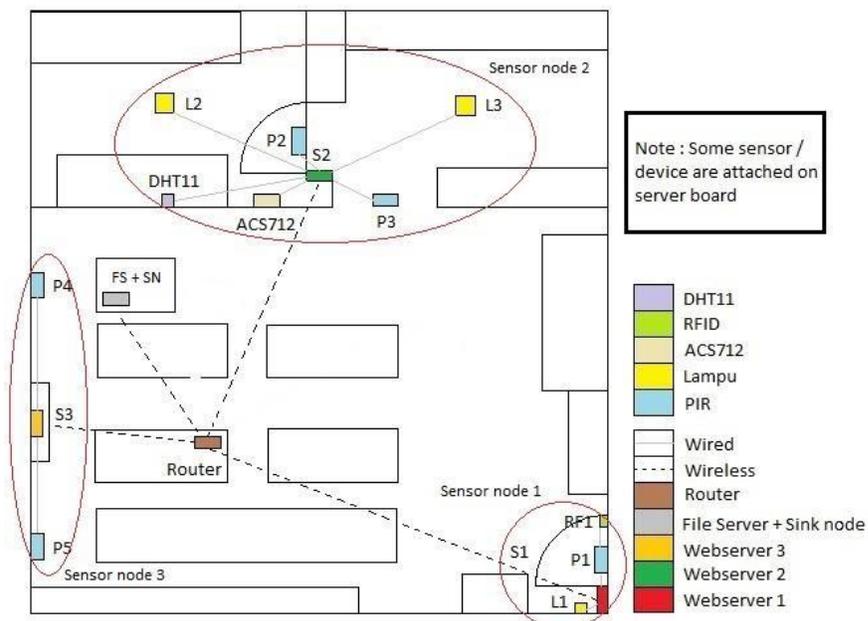
Pada bagian ini dijelaskan mengenai sistem Jaringan Sensor Nirkabel pada sistem Smarthome menggunakan koneksi star atau multipoint to point dan terdiri dari 3 sensor node, router, sink node dan File Server seperti yang dilihat pada gambar 5 Untuk mendapat akses sistem Smarthome, pertama user harus terhubung dengan router. Untuk dapat terhubung dengan router, user perlu memasukkan SSID dan



Gambar 5. Blok Diagram Perancangan Perangkat Keras

password dengan benar. Setelah berhasil terhubung dengan router, user dapat mengakses sistem Smarthome dengan mengakses sink node menggunakan web browser.

Untuk dapat mengimplementasikan sistem Smarthome ke ruangan TST diperlukan perancangan instalasi secara detail mengenai penempatan lokasi router, sink node, File Server dan sensor node agar mencakup seluruh ruangan lab dengan baik. Denah perancangan instalasi sistem Smarthome dengan Jaringan Sensor Nirkabel dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Denah Instalasi Sistem Smarthome dengan Jaringan Sensor Nirkabel

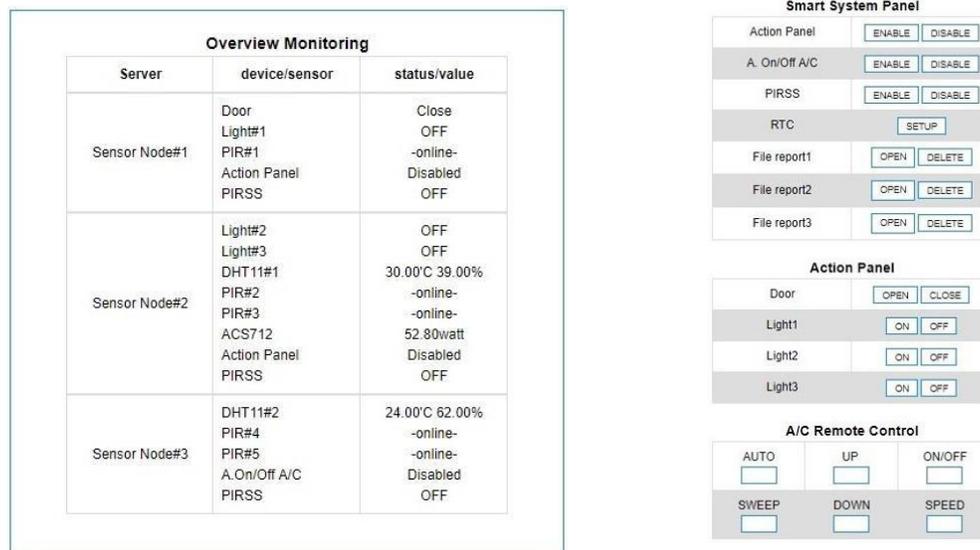
Sistem Smarthome ini dibangun menggunakan arsitektur Jaringan Sensor Nirkabel yang terdiri dari tiga sensor node, sebuah router, serta Sink node dan File Server yang

berfungsi sebagai pusat data. Untuk memastikan jangkauan sinyal yang optimal bagi semua perangkat dan pengguna, router ditempatkan secara strategis di posisi tengah ruangan. Sementara itu, File Server dan Sink node diletakkan bersamaan di satu lokasi untuk menjadi pusat pengolahan data dan antarmuka utama sistem.

Setiap sensor node ditempatkan secara spesifik sesuai fungsinya. Sensor node 1 diposisikan di dekat pintu masuk untuk mengelola keamanan dan akses menggunakan sensor PIR dan RFID, serta mengontrol kunci solenoid. Sensor node 2 berada di antara ruang dapur dan belakang untuk memantau aktivitas gerak dan kelembaban. Terakhir, sensor node 3 ditempatkan di dekat A/C untuk mendeteksi gerakan di sekitar jendela sekaligus memonitor suhu dan kelembaban pada area tersebut, memastikan seluruh denah instalasi telah diatur sesuai kebutuhan fungsionalnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

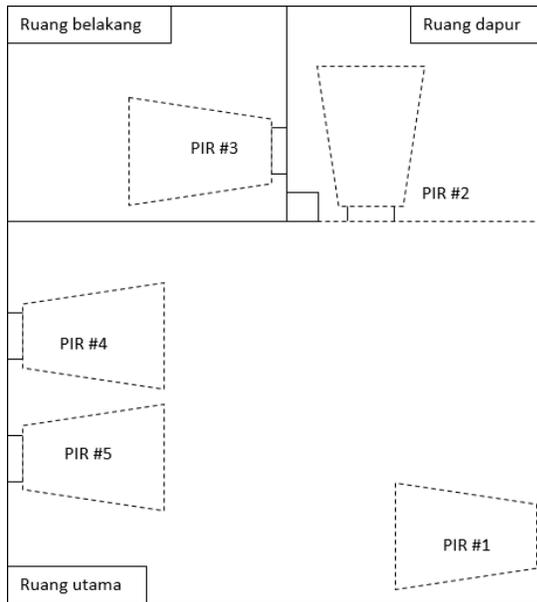
Hasil dan pembahasan dari pengendalian Pengembangan Sistem Otomatisasi Ruang Cerdas Menggunakan Jaringan Sensor Nirkabel Berbasis Topologi Terpusat (Star Topology), dimana terbagi beberapa pembahasan. Pembahasan pertama Adalah *Overview Monitoring* dimana Real Time Monitoring yang berisikan informasi seputar kondisi sistem Smarthome seperti temperature dan kelembaban ruangan, kondisi pintu dan lampu, besar penggunaan daya, dan status PIR. Gambar tampilan Overview monitoring dapat dilihat pada gambar 7a.



Gambar 7 a. Overview Monitoring, b. Interaction Panel

Sumber data overview monitoring dari seluruh Sensor node yang terhubung dengan Jaringan Sensor Nirkabel. Beberapa data sensor seperti suhu, kelembaban, dan arus hanya bersifat memonitoring kondisi ruangan sehingga dapat diolah menjadi laporan. Kemudian ada pembahasan *Interaction Panel* yang bisa terlihat pada gambar 7b, berisikan beberapa tabel interaktif untuk mengendalikan sistem Smarthome. Dimana tabel – tabel yang terdapat di Interaction Panel yaitu Smart

System Panel yang berisikan input button yang berfungsi untuk mengendalikan sistem *smart*, pengaturan RTC dan PIRSS, dan report dari server bagian. Action Panel yang berisikan input button yang berfungsi sebagai input pengendali output pada akses pintu dan lampu. AC Remote Control dimana berisikan input button dasar yang berfungsi untuk mengendalikan AC di Lab TST.



Gambar 8 Denah Sistem Keamanan dengan menggunakan sensor PIR

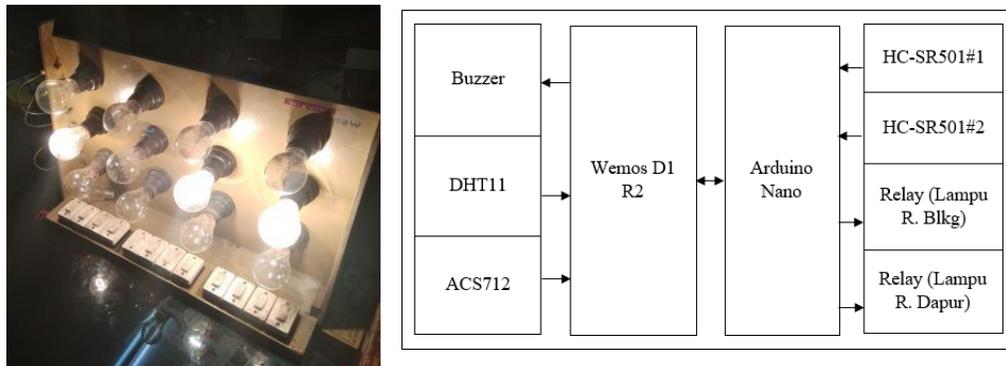
Sistem keamanan menggunakan 5 buah sensor PIR HC-SR501 dengan pengaturan jarak tangkap maksimal 2m dan didistribusikan pada 3 ruangan seperti yang ditampilkan pada denah gambar 8. Data output sensor PIR akan ditampilkan di halaman utama oleh masing – masing sensor node. Apabila sensor PIR mendeteksi gerakan saat sistem keamanan aktif, akan muncul “Detected” pada status PIR dan “-online-“ jika sebaliknya.

Tabel 1. Hasil Perbandingan Tingkat Keberhasilan Deteksi vs Jarak

Jarak (m)	Jumlah Percobaan	Jumlah Berhasil (Output "High")	Tingkat Keberhasilan (%)	Rata – rata waktu(s)
0,5	6	6	100	10,52
1	18	18	100	10,17
1,5	6	3	50	9,77
2	10	3	30	11,07
2,5	10	0	0	0

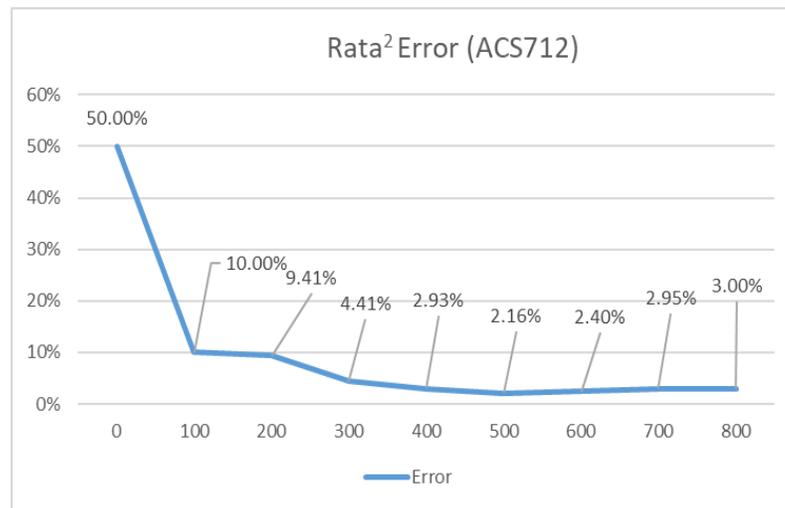
Tabel 1 akan menunjukkan tingkat keberhasilan yang sangat tinggi (100%) pada jarak 0.5m dan 1m, kemudian turun drastis menjadi setengahnya pada 1.5m, dan terus menurun tajam hingga mencapai nol pada 2.5m, Dari data rata-rata, terlihat bahwa waktu tunda tidak terlalu dipengaruhi oleh jarak. Nilainya cukup bervariasi tetapi cenderung berada di sekitar 9-12 detik, terlepas dari apakah jaraknya 0.5m atau

2m. Tingkat Akurasi ACS712 yang merupakan sensor arus yang digunakan memiliki jarak arus maksimal sebesar 30A. Pada percobaan ini, ACS712 akan diuji dengan menghitung besar daya yang dihasilkan oleh beberapa lampu AC dengan daya per lampunya sebesar 100watt seperti pada gambar 9.



Gambar 9 Sensor Arus ACS712 dengan Beban serta Blok Diagram Kendali

Dari hasil percobaan, dapat disimpulkan bahwa ACS712 memiliki error margin terbesar pada beban daya antara 0 – 200watt dengan rata-rata error hingga 50% - 9.41% sedangkan pada beban daya > 300watt memiliki rata-rata error 4.41% - 2.16%. Grafik percobaan ACS712 dapat dilihat pada gambar grafik 10



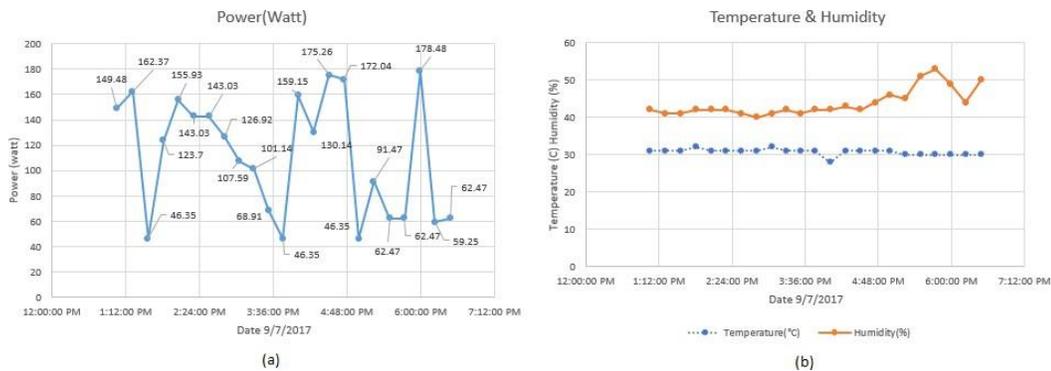
Gambar 10 Grafik Percobaan Sensor Arus ACS712

Percobaan ini untuk memperoleh dan menguji hasil report dari tiap Sensor node. Untuk memperoleh hasil report dapat dilakukan dengan mengunduh di halaman utama. File unduhan masih dalam format text sehingga kita perlu mengkonversikan data file txt ke dalam file Excel. Langkah pertama adalah mengakses halaman utama dan mendownload file report. Kemudian selanjutnya menggunakan aplikasi Excel untuk export file txt report. Contoh hasil report yang sudah dikonversi dapat dilihat pada gambar 11. Data report sudah berupa tabel dan siap diolah.

DateTime	Temperature(°C)	Humidity(%)	Light#2	Light#3	PIR#2	PIR#3	Power(Watt)
1:03:35 PM	31	42	OFF	OFF	-online-	-online-	149.48
1:18:31 PM	31	41	OFF	OFF	-online-	-online-	162.37
1:33:43 PM	31	41	OFF	OFF	-online-	-online-	46.35
1:48:36 PM	32	42	OFF	OFF	-online-	-online-	123.7
2:03:22 PM	31	42	OFF	OFF	-online-	-online-	155.93
2:18:19 PM	31	42	OFF	OFF	-online-	-online-	143.03
2:33:15 PM	31	41	OFF	OFF	-online-	-online-	143.03
2:48:16 PM	31	40	OFF	OFF	-online-	-online-	126.92
3:03:03 PM	32	41	ON	OFF	-online-	-online-	107.59
3:17:05 PM	31	42	OFF	OFF	-online-	-online-	101.14

Gambar 11. File Report dalam Excel

Gambar 12a merupakan grafik hasil sensor arus terhadap wattu untuk menghitung beban daya sedangkan gambar 12b adalah grafik temperature dan kelembaban terhadap waktu.



Gambar 12. Grafik Hasil Report
 Grafik Hasil Report Energi(a) dan Temperature-kelembaban(b)

KESIMPULAN DAN SARAN

• Kesimpulan

Kesimpulan berdasarkan hasil uji coba, komponen-komponen sensor pada sistem Smarthome ini menunjukkan kinerja yang andal untuk fungsi spesifiknya. Sensor gerak PIR terbukti sangat efektif pada jarak pendek (0.5m – 1m) dengan respon 100%, namun keandalannya menurun drastis di atas 1.5 meter. Untuk sistem akses, reader RFID menunjukkan durabilitas yang sangat baik dengan keberhasilan pembacaan 100%. Selain itu, sensor suhu DHT11 memberikan pengukuran yang akurat dengan rata-rata error rendah sebesar 3.6%, sementara sensor arus ACS712 lebih stabil dan akurat untuk mengukur beban daya tinggi (>300W) dibandingkan daya rendah.

Pada tingkat sistem, fitur-fitur otomatisasi yang diimplementasikan berfungsi sesuai rancangan. Sistem saklar lampu otomatis berhasil membedakan kondisi

bergerak dan diam, dengan durasi lampu menyala yang lebih singkat saat tidak ada pergerakan. Demikian pula, sistem kontrol AC otomatis berjalan 100% fungsional, meskipun terdapat jeda waktu yang signifikan antara kondisi pemicu dan aktivasi AC, yaitu berkisar antara 15 hingga 23.5 detik.

• **Saran**

Saran untuk perkembangan penelitian berikutnya dengan penggunaan sistem Smarthome yang lebih praktis dan efektif, sistem Smarthome dapat dikembangkan dengan dilengkapi jaringan internet pada Jaringan Sensor Nirkabel. Untuk meningkatkan kecepatan dalam mengelola sistem Smarthome, dapat menggunakan mikrokontroller yang lebih cepat atau multitasking. Untuk dapat mengelola Webservice yang lebih baik, sebaiknya menggunakan mikrokontroller yang menyediakan akses IoT dan dilengkapi dengan database untuk pengembangan sistem lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Octarina Nur Samijayani, Ibnu Fauzi. “Perancangan Smart Home Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel,” *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains Dan Teknologi*, vol. 3, no. 2, pp. 76-81, september 2015.
- [2]. Fathur Zaini Rachman, dkk. “Implementasi Jaringan Sensor Nirkabel Zigbee Menggunakan Topologi Mesh pada Pemantauan dan Kendali Perangkat Ruang,” *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK)*, vol. 4, no. 3, pp. 201-206, September 2017.
- [3]. Thevin Hanisadewa, Theodorus Yusti Viananta, Agustinus Bayu Primawan. “Unjuk Kerja Jaringan Sensor Nirkabel Dengan Menggunakan Topologi Star,” *Seminar Nasional Sains Teknologi dan Inovasi Indonesia (SENASTINDO AAU)*, vol. 1, no. 1, pp. 1-18, September 2019.
- [4]. Trio Adiono, dkk. “Desain Sistem Rumah Cerdas berbasis Topologi Mesh dan Protokol Wireless Sensor Network yang Efisien,” *INKOM*, vol. 9, no. 2, November 2015.
- [5]. Rifki Muhendra. “Konsep Dasar Instrumentasi, Wireless Sensor Network dan Internet of Things (IoT),” Buku Ajar, 2023.
- [6]. Dwi Intan Afidah, Adian Fatchur Rochim, Eko Didik Widianto. “Perancangan Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) untuk Memantau Suhu dan Kelembaban Menggunakan nRF24L01+,” *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol.2, no.4, pp. 267-276, Oktober 2014
- [7]. Hasbi Tri Monda, Feriyonika, Paula Santi Rudati. *Sistem Pengukuran Daya pada Sensor Node Wireless Sensor Network*. 9th Industrial Research Workshop and National Seminar, 2017.
- [8]. Burhan Fajriansyah, Muhammad Ichwan, Ratna Susana. *Evaluasi Karakteristik XBee Pro dan nRF24L01+ sebagai Transceiver Nirkabel*. Jurnal ELKOMIKA, Vol. 4, No. 1, Januari - Juni 2016.