

Desain dan Perancangan *Smart Campus* berbasis *ZigBee* *Wireless Sensor Network*

Nirwana Haidar Hari*, Fauzan Prasetyo Eka Putra, Mohammad Nazir Arifin, Muhammad
Yasir Zain, Irwan Darmawan

Universitas Madura, Jl. Panglegur Km. 3,5 Pamekasan, Jawa Timur, Indonesia

*Nirwana Haidar Hari, Surel: haidar@unira.ac.id

Paper received: 05-11-2021; revised: 14-11-2021; accepted: 20-11-2021

Abstract

In an organization engaged in the world of education, various efforts have been made to support learning activities. Technology development is an ideal way to improve the quality and quality of a campus. The technology that is currently popularly discussed is the wireless sensor network. We propose an integrated design for smart campus establishments such as smart libraries, remote controls, and electronic bulletin boards that provide authentication through user identification and information access using the identity number on the electronic card and the Zigbee module installed on the user's mobile phone. The designed system can integrate all campus activities and provide a higher quality educational environment through transparent and efficient administrative management with one-stop service providers. In addition, this design is far from the labor-intensive system of educational institutions, and users can provide dynamic and personalized intelligent education services that meet the needs of the academic community and the environment. We named this design "UNIRA One Hand."

Keywords: smart campus; wireless sensor network; zigbee; UNIRA One Hand

Abstrak

Didalam sebuah organisasi yang bergerak di dunia pendidikan, berbagai upaya dilakukan untuk mendukung aktifitas kegiatan pembelajaran. Pengembangan teknologi merupakan cara yang ideal untuk meningkatkan kualitas dan mutu dari sebuah kampus. Teknologi yang sedang populer dibahas saat ini adalah jaringan *wireless sensor network*. Kami mengusulkan sebuah desain terpadu untuk pendirian *smart campus* seperti perpustakaan cerdas, kendali jarak jauh, dan papan buletin elektronik yang memberikan autentikasi melalui identifikasi pengguna dan akses informasi menggunakan nomor identitas pada kartu elektronik dan modul zigbee yang terpasang pada ponsel pengguna. Sistem yang didesain, dapat membuat segala aktifitas kampus terintegrasi dan dapat menyediakan lingkungan pendidikan yang lebih berkualitas melalui manajemen administrasi yang transparan dan efisien dengan penyedia layanan satu atap. Selain itu, desain ini jauh dari sistem padat karya lembaga pendidikan, dan pengguna dapat menyediakan layanan pendidikan cerdas yang dinamis dan dipersonalisasi yang memenuhi kebutuhan civitas akademika dan lingkungan. Desain yang kami rancang ini, kami beri nama "UNIRA One Hand."

Kata kunci: smart campus; wireless sensor network; zigbee; UNIRA One Hand.

1. Pendahuluan

Pada era digitalisasi saat ini, infrastruktur jaringan komputer di beberapa instansi telah mengalami modernisasi, dan menggunakan berbagai peralatan digital yang canggih untuk menunjang aktifitas dalam kehidupan sehari-hari (Krianto Sulaiman & Widarma, 2017). Didalam sebuah organisasi yang bergerak di dunia pendidikan, berbagai upaya dilakukan untuk memasukkan paradigma baru, dan ada faktor-faktor yang dapat mengembangkan metode pembelajaran yang optimal atau mendukung semua kegiatan yang berkaitan dengan pendidikan secara praktis dan efisien. Sudah banyak perguruan tinggi di negara maju mencoba membangun *smart campus* yang menerapkan teknologi komputasi dengan mempertimbangkan hal tersebut. *Smart campus* tersebut di atas mengacu pada kampus yang

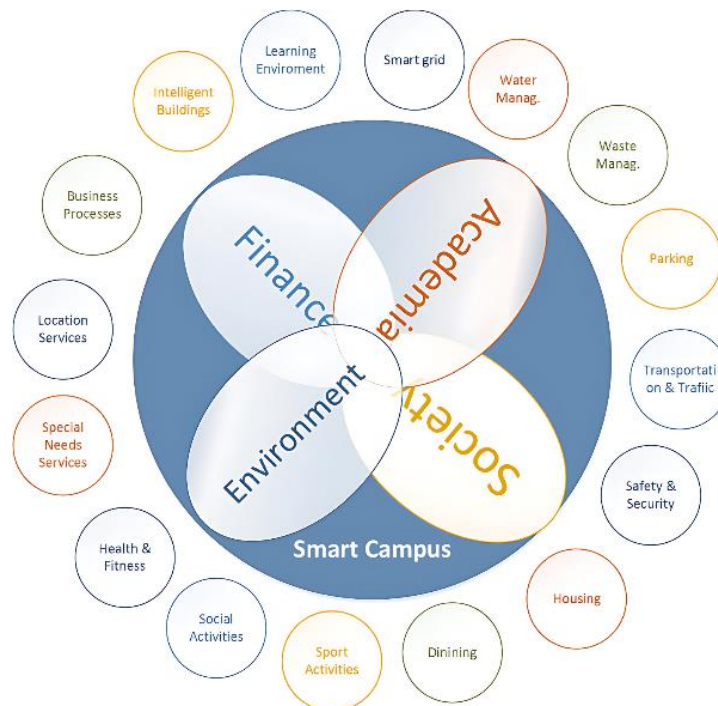
mendukung aktivitas civitas akademika yang nyaman dan aman dengan teknologi *ubiquitous computing* menggunakan teknologi komputer kecil dan teknologi jaringan kabel maupun jaringan nirkabel. Saat ini, penelitian terkait *smart campus* sedang aktif dilakukan, dan teknologi *zigbee* sedang marak dikembangkan di berbagai perguruan tinggi (Survey toward a smart campus using the internet of things, 2016).

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya, kami mengusulkan desain *smart campus* yang cocok untuk lingkungan perguruan tinggi menggunakan teknologi komunikasi nirkabel *zigbee*. Desain yang dirancang pada artikel ini, disesuaikan dengan lokasi penelitian yaitu kampus Universitas Madura, dan desain perancangan jaringan ini kami beri nama "UNIRA One Hand."

1.1. Smart Campus lingkup Nasional

Ada empat teknologi inti yang dibutuhkan dalam penerapan *smart campus* diantaranya teknologi terminal, teknologi jaringan, teknologi platform, dan teknologi layanan. Setiap bidang pada teknologi inti tersebut terus berkembang seiring dengan perkembangan teknologi di perguruan tinggi, salah satunya bidang teknologi jaringan sensor yang paling aktif diperbincangkan (The campus as a smart city: University of Málaga environmental, learning, and research approaches, 2019).

Salah satu kampus di Indonesia yang telah menerapkan *smart campus* adalah Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Gambaran penerapan *smart campus* pada ITS ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Penerapan *Smart Campus* pada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

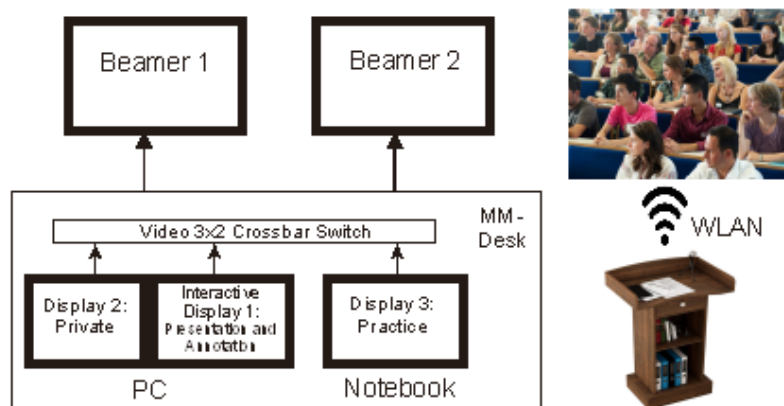
Meskipun tidak mendapat perhatian yang cukup, ada banyak aplikasi lain di mana IoT dapat dimanfaatkan untuk mengubah kampus menjadi cerdas secara dramatis seperti parkir, pemungutan suara, kontrol akses, dan sebagainya. Sistem *proof-of-concept* menggunakan

teknologi penginderaan ultrasonik dan sistem database untuk menetapkan tempat parkir bagi mahasiswa yang tinggal di asrama berdasarkan preferensi mereka. Namun, sistem ini hanya berfungsi dengan mobil yang sudah dikenal sebelumnya karena memerlukan informasi mobil dan pengemudi untuk disimpan dalam database. Atmadja dan Setiawan mendemonstrasikan sistem panduan parkir untuk gedung parkir di kampus mereka untuk membantu pengemudi parkir dengan benar [36]. Stasiun pengisian kendaraan listrik kampus dimodelkan untuk memecahkan masalah yang terkait dengan kendaraan tersebut seperti: efek negatif dari kendaraan listrik pada jaringan listrik, mencegah kelebihan saluran dan penurunan tegangan, dan rute yang lebih baik ke stasiun pengisian yang menghasilkan waktu, energi, dan tabungan uang. Di sisi lain, Amna Saad mendemonstrasikan sistem pemilihan elektronik yang menggunakan teknologi RFID untuk proses otentikasi di kampus. Penulis mengklaim bahwa sistem mereka memenuhi privasi pemilih, integritas data, dan persyaratan ketersediaan sistem. Selain itu, sistem kontrol akses *smart card* yang memanfaatkan teknologi komputasi awan diperkenalkan untuk menyediakan kontrol akses bertingkat di kampus. Penulis mengklaim sistem yang diusulkan menyadari rekayasa ulang manajemen kontrol akses termasuk proses manajerial utama; namun, solusi yang diusulkan membatasi penggunaan kartu untuk kontrol akses, sementara itu dapat digunakan untuk beberapa hal lain seperti pembayaran di kampus.

1.2. Smart Campus lingkup Internasional

Penelitian dan pengembangan lingkungan komputasi di mana-mana membuat banyak kemajuan di perusahaan asing dan bidang terkait juga. Di Jepang, Universitas Tokushima telah mengembangkan sistem (tango) yang mengenali informasi objek dengan menempelkan tag RFID ke setiap objek, dan menerapkan sistem pendidikan perilaku (JAPELAS) berdasarkan komunikasi data inframerah IrDA (Infrared Data Association) (A Study For Intelligent Campus Service using Zigbee Based on Wsn, 2021).

University of Hannover (Jerman) mengimplementasikan apa yang disebut "proyek universitas laptop" menggunakan komputer notebook, ponsel, dan perangkat informasi lainnya. Georgia Institute of Technology (AS), yang disebut Georgia Tech, sedang mempromosikan proyek e-class yang disebut 'classroom 2000'. e-Class mengimplementasikan lingkungan sistem infrastruktur perangkat lunak yang secara otomatis menyimpan dan mencari kembali konten kuliah menggunakan LAN nirkabel melalui papan elektronik cerdas (*Live Board*) (A Study For Intelligent Campus Service using Zigbee Based on Wsn, 2021).



Gambar 2. Gambaran teknologi smart campus pada Hannover University, Jerman.

Gambar 2 menggambarkan diagram struktur sistem Hannover University Jerman, yang menerapkan *smart campus* yang di dukung dengan perangkat canggih dan modern.

2. Metode

2.1. Konsep Pelayanan Smart Campus

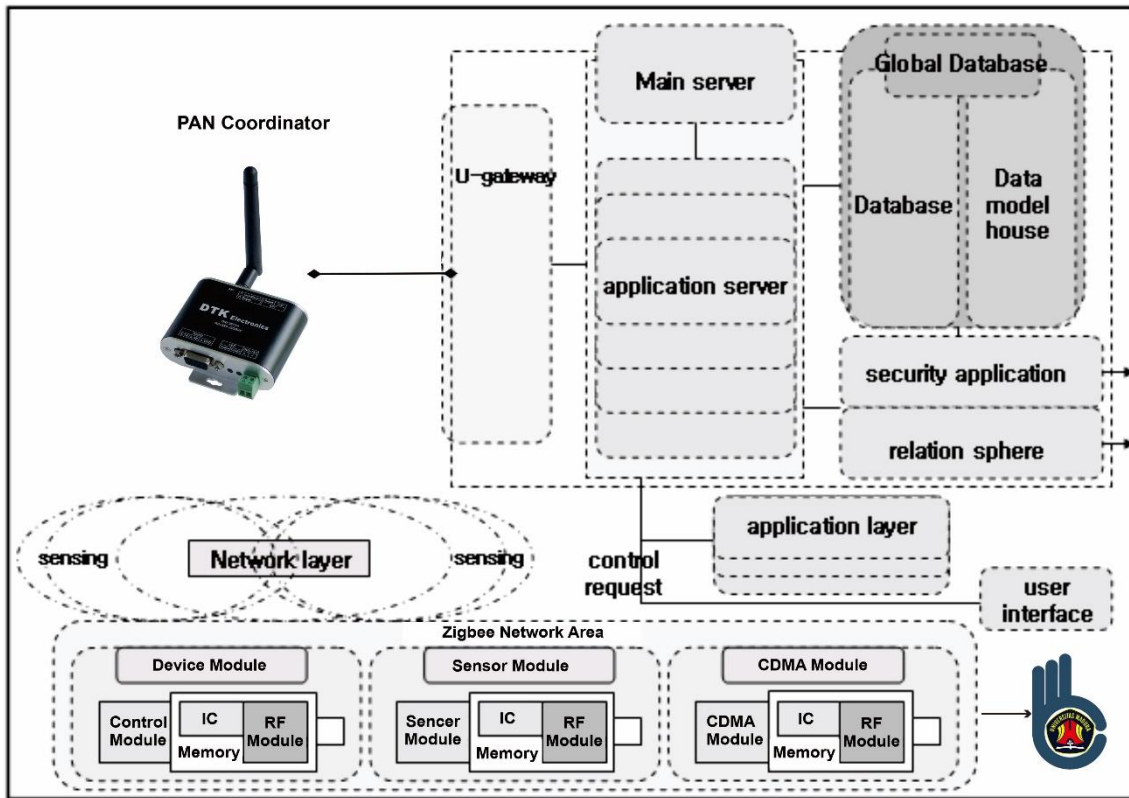
2.1.1. Desain Dasar untuk Realisasi Jaringan Zigbee pada Smart Campus

Perguruan Tinggi yang mengimplementasikan *smart campus* menerapkan lingkungan *ubiquitous* yang efisien melalui transmisi dan pengambilan informasi melalui berbagai infrastruktur jaringan (A Study For Intelligent Campus Service using Zigbee Based on Wsn, 2021). Dalam makalah ini, kami membangun smart campus menggunakan komunikasi nirkabel *zigbee* yang cocok untuk lingkungan jaringan sensor berbiaya rendah, berdaya rendah, dan berkecepatan rendah dengan mempertimbangkan karakteristik perguruan tinggi (Krianto Sulaiman & Widarma, 2017).

Perancangan makalah ini mengolah informasi dengan cara menempelkan dan menyematkan modul sensor zigbee ke suatu objek atau tempat yang diperlukan untuk mengimplementasikan jaringan berbasis zigbee untuk mengenali objek dan merasakan lingkungan sekitar tempat terpasang dan mengirimkan data ke jaringan nirkabel. melakukan. Untuk penginderaan modul yang efisien, transceiver RF zigbee dipasang dengan memilih lokasi yang sesuai dengan mempertimbangkan efisiensi komunikasi sesuai dengan lokasi bangunan dan lokasi struktur dan peralatan bangunan dalam/luar ruangan, dan OS adalah OS untuk node jaringan sensor cocok untuk implementasi jaringan berskala besar. Sarankan TinyOS. Untuk mempercepat respons perangkat sensor sesuai dengan inisialisasi jaringan dan untuk menggerakkan tumpukan zigbee secara efisien, kernel berdasarkan metode Round Robin digunakan daripada metode Event Driven. Chip tersebut berdaya rendah, murah, mendukung metode enkripsi AES 128-bit, menggunakan JN5121 yang dikembangkan oleh Jennic, cocok untuk konstruksi *smart campus*, dan mendukung jaringan menggunakan jaringan CDMA menggunakan modul CDMA. Selain itu, kami mengusulkan dukungan yang efisien dengan menggunakan KW-ZP-DUA1-JN3 milik korwin untuk mengendalikan perangkat zigbee di sekitarnya melalui program aplikasi seperti PC atau PDA (Smart campus teaching system based on ZigBee wireless sensor network, 2022).

2.1.2. Konsep Smart Campus Menggunakan Jaringan Zigbee

Desain smart campus menggunakan jaringan zigbee yang akan dirancang akan diberi nama "UNIRA One Hand". Desain smart campus ini secara keseluruhan ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain smart campus “UNIRA One Hand” ini secara keseluruhan.

Algoritma node jaringan sensor yang dibangun dalam artikel ini memproses sumber pengajaran, meningkatkan efisiensi transmisi sumber daya, dan memperkaya jalur transmisi sumber daya. Elemen sensor biasanya digunakan di berbagai terminal ponsel pintar. Peningkatan jumlah platform smart terminal memungkinkan untuk mengembangkan teknologi penentuan posisi berdasarkan elemen sensor nirkabel di smart terminal tersebut.

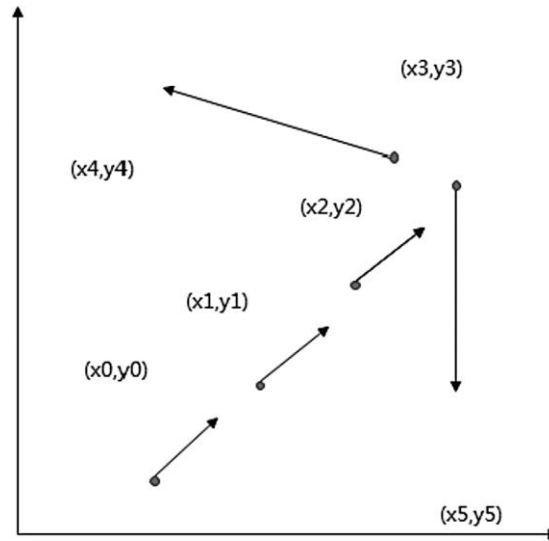
Pada Gambar 1, mahasiswa yang berada pada koordinat (X_0, Y_0) pada waktu T_0 , dan (X_0, Y_0) dikenal sebagai koordinat awal. Dari waktu T_0 ke waktu T_1 , mahasiswa menempuh jarak d_0 sepanjang arah a untuk mencapai posisi (X_1, Y_1) . Setelah itu, mahasiswa berjalan sejauh d_1 sepanjang arah b dari waktu T_1 ke waktu T_2 hingga mencapai posisi (X_2, Y_2) . Akhirnya, mahasiswa berjalan sejauh d_2 sepanjang arah c dari waktu T_2 ke waktu T_3 untuk mencapai posisi (X_3, Y_3) dan seterusnya (A Study For Intelligent Campus Service using Zigbee Based on Wsn, 2021).

Dari yang telah diuraikan sebelumnya dapat diketahui bahwa dari T_2 sampai T_3 perhitungan lintasan mahasiswa memenuhi rumus persamaan berikut:

$$X_3 = X_2 + d_2 \sin \gamma \quad (1)$$

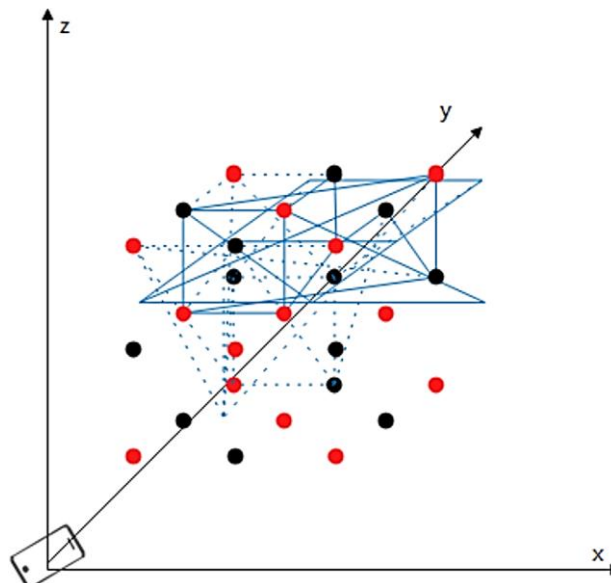
$$Y_3 = Y_2 + d_2 \cos \gamma \quad (2)$$

Ada hubungan linier antara ukuran langkah mahasiswa dan frekuensi langkahnya. Proses prediksi umumnya didasarkan pada langkah sebelumnya dari langkah prediksi, digabungkan dengan angka rata-rata untuk prediksi.



Gambar 4. Estimasi pelacakan perpindahan ponsel

Terlihat dari rumus perhitungan lintasan bahwa ketelitian perhitungan lintasan terutama ditentukan oleh ketelitian koordinat awal, ketelitian jarak tempuh, dan ketepatan arah. Jarak berjalan kaki diperoleh dengan mengalikan jumlah langkah yang ditempuh mahasiswa dengan panjang langkah mahasiswa. Menurut arah perjalanan mahasiswa, koordinat posisi langkah selanjutnya diperoleh. Jumlah langkah pergerakan mahasiswa dapat dihitung dari nilai terukur sensor akselerasi, dan arah perjalanan mahasiswa dapat diperoleh dengan giroskop atau kompas elektronik. Namun panjang langkah mahasiswa tidak dapat diperoleh langsung dari informasi sensor. Karena jalan acak mahasiswa, algoritme perhitungan jalur individu akan menghasilkan kesalahan kumulatif, yang akan terakumulasi seiring waktu.



Gambar 5. Koordinat sistem ponsel.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5, misalkan sistem koordinat ponsel adalah sumbu x, y, z. Pada koordinat ponsel, sumbu x mengarah ke ujung kanan ponsel, sumbu y

mengarah ke atas sepanjang bidang ponsel, dan sumbu z mengarah ke atas tegak lurus terhadap bidang ponsel.

3. Hasil dan Pembahasan

Layanan kampus cerdas berbasis infrastruktur USN menyediakan layanan informasi cerdas berbasis jaringan sensor menggunakan chip *zigbee* dengan mempertimbangkan karakteristik perguruan tinggi. Pada penelitian ini, desain sistem disesuaikan dengan kondisi kampus Universitas Madura dan diberi nama "UNIRA One Hand."

Perpustakaan cerdas, kendali jarak jauh, dan papan buletin elektronik memberikan autentikasi melalui identifikasi pengguna dan akses informasi menggunakan nomor identitas pada kartu elektronik dan modul *zigbee* yang terpasang pada ponsel pengguna. Selain itu, melalui penginderaan *Access Point* melalui modul *zigbee*, fungsi kehadiran elektronik, layanan pencarian lokasi orang dan fasilitas umum lainnya serta lingkungan pendidikan yang aman dan efisien dengan dilengkapi pemantauan lingkungan yang disediakan melalui pemantau lingkungan berkelanjutan melalui antarmuka dengan perangkat lunak bawaan yang disediakan melalui kontrol yang tepat dari server. Selain itu, menyediakan layanan jaringan nirkabel yang dilengkapi dengan AES 128-bit *zigbee* untuk permasalahan keamanan jaringan nirkabel dalam pembangunan kampus. Hal ini dapat mengenali informasi biometrik pengguna seperti mahasiswa, dosen dan fakultas yang terakumulasi secara realtime dari titik penginderaan, menyimpan jumlah aktivitas dalam database, dan menyediakan layanan manajemen kesehatan melalui informasi yang tersimpan. Dengan mentransmisikan informasi biometrik terus menerus seperti *elektrokardiogram* dan gula darah ke server melalui ID mahasiswa pada ponsel seluler dengan modul *zigbee* terpasang yang telah disematkan. Informasi yang dikirimkan disimpan pada rekam medis masing-masing individu dan disajikan melalui antarmuka pengguna. Selain itu, tabel pemeriksaan kesehatan dapat disediakan dan diakses secara *realtime* dari server. Selain itu, layanan perawatan kesehatan yang efisien diberikan kepada anggota dengan menambahkan peringatan kesehatan yang tidak normal atau tanggal pemeriksaan rutin ke fungsi notifikasi.

Perpustakaan elektronik saat ini mengelola buku dengan pengenalan kode batang dan mengelola masuk dan keluar, dan memiliki kelemahan seperti tingkat pengenalan nonkontak atau rendah, dan ketidakmampuan untuk melacak lokasi buku secara *realtime*. Namun, jaringan *zigbee* yang dibangun menggunakan modul *zigbee* dapat mencari lokasi buku utama menggunakan sistem penginderaan secara *realtime*, serta pemesanan buku, halaman tertentu, dan unduhan file yang relevan menggunakan ponsel. Dalam kasus file yang relatif besar, informasi dapat diberikan menggunakan email atau folder web pribadi, dan teks Whatsapp disediakan untuk penyelesaian transfer file dan informasi buku tambahan.

Layanan remote control disediakan untuk peralatan umum dan peralatan utama di sekolah yang diizinkan untuk digunakan melalui persetujuan penggunaan server. Menggunakan PC dan ponsel yang terhubung dengan modul kontrol, ia meminta persetujuan dari server melalui jaringan *zigbee*, dan menyediakan antarmuka kendali jarak jauh melalui antarmuka pengguna saat persetujuan server selesai. Layanan kendali jarak jauh memberikan tingkat kendali sehingga tidak ada kerugian dalam memberikan kemudahan kepada anggota, dan mendukung aktivitas anggota yang nyaman melalui layanan kendali jarak jauh yang efisien.

Papan buletin elektronik realtime menggunakan jaringan zigbee digunakan sebagai ruang untuk informasi yang berguna seperti transmisi pesan melalui jaringan antara siswa dan fakultas dan pemberitahuan siswa di papan elektronik, iklan, dan publisitas di mana saja di sekolah, dan transmisi gratis file dokumen dan file gambar yang sering digunakan. Untuk mendukung ruang komunikasi yang efisien.

Selain itu, melalui otentikasi pribadi melalui modul seluler anggota dan modul ID mahasiswa elektronik, serta akses ke server dan database menggunakan jaringan *zigbee*, didukung layanan yang dapat dibayar di mana saja di kampus.

4. Simpulan

Dalam makalah ini, lingkungan jaringan sensor *smart campus* dirancang dengan mempertimbangkan karakteristik perguruan tinggi menggunakan komunikasi nirkabel *zigbee* yang cocok untuk pembangunan lingkungan jaringan di area kampus. Layanan smart kampus melalui jaringan *zigbee* menyediakan sistem pendukung kampus yang cocok untuk pengenalan smart campus dan layanan yang efisien di bidang terkait. Selain itu, dengan membandingkan dan menganalisis teknologi berbasis jaringan nirkabel antar universitas yang membangun *smart campus*, terlihat bahwa pembangunan smart campus lingkungan jaringan sensor menggunakan zigbee adalah teknologi komunikasi yang paling cocok untuk smart campus perguruan tinggi. Tugas masa depan yang diperoleh dengan menulis makalah ini adalah: Pertama, studi tentang koeksistensi efisien dari teknologi komunikasi nirkabel lainnya di lingkungan kampus cerdas yang membutuhkan berbagai layanan. Kedua, perlu ditemukan rencana pengurangan biaya tambahan dalam penerapan dan penerapan layanan. Ketiga, itu adalah masalah pelengkap sesuai dengan konfigurasi jaringan anggota. Ada proses enkripsi AES 128-bit yang disediakan oleh standar 802.15.4, tetapi sistem pelengkap perangkat lunak harus diterapkan untuk melengkapi informasi tambahan.

Ucapan Terima Kasih (Opsional)

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, kami dapat menyelesaikan artikel ilmiah ini. Terimakasih kami ucapkan kepada Bapak Aji Prasetya Wibawa selaku Dosen pengampu matakuliah Teknis Penulisan 1 pada Program Doktor S3 Teknik Elektro dan Informatika Universitas Negeri Malang. Selain itu kami ucapkan terimakasih kepada unit LPPM Universitas Madura atas dukungan dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan artikel ilmiah ini.

Daftar Rujukan

- Ahn, B. (2021). A Study for Intelligent Campus Service using Zigbee Based on Wsn. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 10(1), 120-123. <https://doi.org/10.35940/ijrte.A5876.0510121>
- Alghamdi, A., & Shetty, S. (2016). Survey toward a smart campus using the internet of things. *Proceedings - 2016 IEEE 4th International Conference on Future Internet of Things and Cloud, FiCloud 2016*, 235-239. <https://doi.org/10.1109/FiCloud.2016.41>
- Benito Danneswara Widyatama, & Waskitho Wibisono. (2020). Rancang Bangun Jaringan Sensor Nirkabel Berbasis ZigBee untuk Kasus Monitoring Kualitas Air pada Lingkungan Terdistribusi. *Jurnal Teknik ITS*.
- Bravo-Arrabal, J., Zambrana, P., Fernandez-Lozano, J. J., Gomez-Ruiz, J. A., Barba, J. S., & Garcia-Cerezo, A. (2022). Realistic Deployment of Hybrid Wireless Sensor Networks Based on ZigBee and LoRa for Search and Rescue Applications. *IEEE Access*, 10, 64618-64637. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3183135>
- Fortes, S., Santoyo-Ramón, J. A., Palacios, D., Baena, E., Mora-García, R., Medina, M., Mora, P., & Barco, R. (2019). The campus as a smart city: University of Málaga environmental, learning, and research approaches. *Sensors (Switzerland)*, 19(6). <https://doi.org/10.3390/s19061349>

Gao, M. (2022). Smart campus teaching system based on ZigBee wireless sensor network. *Alexandria Engineering Journal*, 61(4), 2625–2635. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.09.001>

Krianto Sulaiman, O., & Widarma, A. (2017). Sistem internet of things (iot) berbasis cloud computing dalam campus area network.