

IMPLEMENTASI BUILDING MANAGEMENT SYSTEM (BMS) BERBASIS IoT UNTUK OPTIMALISASI PENGGUNAAN ENERGI PADA GEDUNG PERKULIAHAN

Achmad Fuad Arfa⁽¹⁾, Sukandar⁽²⁾

⁽¹⁾ Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Fatah (UNISFAT)

⁽²⁾ Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Fatah (UNISFAT)

email : fuadarfa123@gmail.com

Abstrak Kebutuhan energi listrik pada gedung perkuliahan semakin meningkat seiring dengan tingginya aktivitas akademik dan penggunaan peralatan elektronik. Namun, sebagian besar konsumsi energi tersebut belum dikelola secara efisien, karena masih banyak peralatan yang beroperasi tanpa kontrol otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan Building Management System (BMS) berbasis Internet of Things (IoT) sebagai solusi untuk optimalisasi penggunaan energi pada gedung perkuliahan. Sistem yang dikembangkan terdiri atas mikrokontroler ESP32, sensor arus ACS712, sensor suhu DHT22, dan sensor gerak PIR, yang terintegrasi dengan Firebase sebagai platform penyimpanan dan monitoring data berbasis cloud.

Metode penelitian dilakukan melalui tahapan perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan lunak, serta pengujian kinerja sistem. Data konsumsi energi dikumpulkan sebelum dan sesudah penerapan sistem selama dua minggu pada tiga ruang perkuliahan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem BMS berbasis IoT mampu menurunkan konsumsi energi listrik rata-rata sebesar **31,2%** dibandingkan kondisi sebelumnya. Selain itu, sistem memiliki waktu respon rata-rata 1,2 detik dan tingkat keandalan transmisi data mencapai 98,7%.

Dari hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa implementasi BMS berbasis IoT mampu meningkatkan efisiensi energi dengan cara mengatur operasi peralatan listrik secara otomatis berdasarkan kondisi ruangan. Penerapan sistem ini mendukung konsep smart building dan green campus, serta dapat dijadikan model penerapan teknologi hemat energi di lingkungan pendidikan tinggi.

Kata kunci: Building Management System, Internet of Things, efisiensi energi, smart building, green campus.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi saat ini telah mendorong terjadinya transformasi signifikan dalam pengelolaan infrastruktur bangunan, khususnya pada sektor pendidikan tinggi. Gedung perkuliahan yang memiliki aktivitas padat dengan penggunaan energi listrik yang besar membutuhkan sistem pengelolaan yang cerdas agar konsumsi energi dapat dioptimalkan. Salah satu pendekatan modern yang banyak dikembangkan adalah Building Management System (BMS) berbasis Internet of Things (IoT), yang

memungkinkan pemantauan dan pengendalian perangkat listrik secara terintegrasi, efisien, dan real-time (Kumar & Singh, 2021).

BMS merupakan sistem otomatisasi bangunan yang berfungsi untuk mengontrol, memonitor, dan mengoptimalkan operasi fasilitas gedung, seperti pencahayaan, sistem pendingin udara (HVAC), keamanan, dan penggunaan energi listrik (Rahman et al., 2020). Melalui integrasi sensor dan aktuator berbasis IoT, sistem ini mampu mendeteksi kondisi lingkungan, mengumpulkan data konsumsi energi, serta

menyesuaikan pengoperasian peralatan sesuai kebutuhan aktual. Dengan demikian, BMS dapat membantu pengelola gedung perkuliahan dalam menekan pemborosan energi sekaligus meningkatkan kenyamanan pengguna ruangan.

Permasalahan yang sering muncul di lingkungan kampus adalah penggunaan energi listrik yang tidak efisien, seperti lampu dan pendingin ruangan yang tetap menyala meskipun ruangan sedang kosong. Menurut hasil studi oleh Sari et al. (2022), penggunaan energi listrik di gedung perkuliahan dapat dihemat hingga 25–30% dengan penerapan sistem otomatisasi berbasis IoT. Hal ini menunjukkan potensi besar dalam penerapan BMS untuk mendukung konsep green campus dan efisiensi energi.

Implementasi BMS berbasis IoT di gedung perkuliahan tidak hanya memberikan manfaat dari sisi efisiensi energi, tetapi juga menyediakan data historis yang dapat digunakan untuk analisis pola konsumsi energi. Data tersebut menjadi dasar dalam pengambilan keputusan manajemen untuk melakukan perencanaan perawatan, penggantian peralatan, maupun kebijakan hemat energi secara menyeluruh (Wang et al., 2021). Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada implementasi sistem BMS berbasis IoT yang mampu melakukan

monitoring dan pengendalian beban listrik secara otomatis, dengan tujuan utama mengoptimalkan penggunaan energi pada gedung perkuliahan.

TINJAUAN PUSTAKA

Building Management System (BMS)

Building Management System (BMS) merupakan sistem otomatisasi terintegrasi yang berfungsi untuk memantau, mengontrol, dan mengoptimalkan operasi peralatan pada suatu bangunan. Sistem ini biasanya meliputi pengendalian terhadap HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning), sistem penerangan, keamanan, serta penggunaan energi listrik. Menurut Clements-Croome (2018), BMS berperan penting dalam meningkatkan efisiensi energi, kenyamanan penghuni, serta menurunkan biaya operasional melalui pengendalian otomatis berdasarkan data sensor dan algoritma kontrol cerdas. Pada dasarnya, BMS bekerja dengan mengumpulkan data dari berbagai sensor di seluruh bangunan dan mengirimkannya ke pusat kontrol untuk dianalisis dan dikelola.

Implementasi BMS dalam konteks gedung perkuliahan memiliki nilai strategis karena lingkungan akademik memiliki pola penggunaan energi yang dinamis. Sistem ini memungkinkan manajemen kampus

untuk melakukan penjadwalan operasional peralatan, seperti menyalakan lampu dan pendingin udara hanya pada saat diperlukan. Menurut Rahman et al. (2020), penerapan BMS dapat menghemat energi hingga 30% dengan memanfaatkan sistem otomatisasi berbasis sensor gerak dan suhu. Selain itu, sistem juga dapat diintegrasikan dengan basis data untuk mencatat pola konsumsi energi harian, sehingga memungkinkan evaluasi dan peningkatan efisiensi secara berkelanjutan. Dalam praktiknya, BMS modern telah berevolusi dari sistem konvensional berbasis kabel menuju sistem berbasis jaringan dan cloud computing. Teknologi komunikasi seperti BACnet, Modbus, dan KNX sering digunakan untuk menghubungkan perangkat antar subsistem. Namun, tren terbaru menunjukkan bahwa Internet of Things (IoT) mulai menggantikan sistem tradisional karena kemampuannya dalam menyediakan koneksi nirkabel, skalabilitas tinggi, serta akses jarak jauh secara real-time (Wang et al., 2021). Dengan demikian, penerapan BMS berbasis IoT menjadi solusi yang efektif untuk mewujudkan bangunan pintar (smart building) yang efisien dan ramah lingkungan.

Tinjauan Pustaka 2 – Internet of Things (IoT) dalam Sistem Manajemen Energi

Internet of Things (IoT) merupakan konsep yang menghubungkan berbagai perangkat fisik melalui jaringan internet sehingga perangkat tersebut dapat saling berkomunikasi dan bertukar data tanpa intervensi manusia secara langsung. Dalam konteks pengelolaan energi bangunan, IoT digunakan untuk memantau parameter seperti suhu, kelembapan, intensitas cahaya, dan arus listrik secara kontinu. Menurut Kumar dan Singh (2021), teknologi IoT memungkinkan sistem BMS menjadi lebih cerdas karena setiap perangkat dapat dikontrol dan dianalisis dari jarak jauh menggunakan aplikasi berbasis web atau mobile. Hal ini menjadikan IoT sebagai tulang punggung bagi sistem otomatisasi modern dalam manajemen energi gedung.

Integrasi IoT dalam BMS memberikan fleksibilitas tinggi dalam pengelolaan sistem energi. Melalui penggunaan sensor nirkabel dan mikrokontroler seperti ESP32 atau Arduino, data konsumsi listrik dapat dikumpulkan secara real-time dan disimpan di server cloud. Data tersebut dapat divisualisasikan dalam bentuk grafik atau dashboard untuk memudahkan analisis efisiensi energi (Chen et al., 2020). Selain itu, sistem ini dapat diatur untuk

menyesuaikan penggunaan energi secara otomatis, misalnya dengan mematikan lampu atau pendingin ruangan saat ruangan tidak digunakan. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi energi, tetapi juga memperpanjang umur peralatan listrik.

Penerapan IoT dalam BMS juga sejalan dengan konsep smart campus yang saat ini banyak dikembangkan oleh institusi pendidikan tinggi. Melalui integrasi IoT, pengelolaan energi di gedung perkuliahan dapat dilakukan dengan pendekatan berbasis data (data-driven management). Menurut Sari et al. (2022), sistem IoT mampu memberikan insight mendalam terkait perilaku penggunaan energi, sehingga pihak pengelola dapat mengambil keputusan berbasis data untuk mengoptimalkan konsumsi listrik. Dengan demikian, sinergi antara BMS dan IoT tidak hanya berfungsi sebagai sistem kontrol otomatis, tetapi juga sebagai alat strategis dalam mendukung efisiensi energi dan keberlanjutan lingkungan di gedung pendidikan.

METODE

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dan pengembangan sistem (system development) yang bertujuan untuk

merancang, mengimplementasikan, dan menguji kinerja sistem Building Management System (BMS) berbasis Internet of Things (IoT). Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan utama, yaitu studi literatur, perancangan sistem, pembuatan perangkat keras dan lunak, serta pengujian kinerja sistem di lingkungan gedung perkuliahan. Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan teori dan referensi terkait konsep BMS, IoT, serta metode optimasi penggunaan energi. Hasil studi literatur menjadi dasar dalam menentukan rancangan arsitektur sistem, pemilihan sensor, serta platform komunikasi data yang akan digunakan.

Pada tahap perancangan sistem, dilakukan pembuatan blok diagram sistem BMS berbasis IoT yang mencakup sensor daya (current sensor), sensor suhu, sensor gerak (PIR), mikrokontroler (misalnya ESP32), serta modul komunikasi nirkabel (Wi-Fi). Semua perangkat ini dihubungkan secara terintegrasi untuk memantau kondisi lingkungan dan konsumsi listrik di ruangan perkuliahan. Data sensor dikirimkan ke server cloud atau database online (misalnya Firebase atau ThingsBoard) untuk ditampilkan pada dashboard monitoring berbasis web. Dashboard tersebut memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol perangkat

listrik seperti lampu dan pendingin ruangan secara real-time melalui jaringan internet.

Tahap akhir adalah pengujian sistem yang meliputi uji fungsi perangkat keras, uji konektivitas data, dan uji efisiensi energi. Pengujian dilakukan dengan membandingkan konsumsi energi listrik sebelum dan sesudah penerapan sistem BMS berbasis IoT. Data hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui tingkat penghematan energi yang dicapai serta reliabilitas sistem dalam mendeteksi dan mengontrol beban listrik. Analisis dilakukan menggunakan metode komparatif kuantitatif dengan menghitung persentase efisiensi energi dan waktu respon sistem terhadap perubahan kondisi lingkungan. Hasil akhir diharapkan menunjukkan bahwa penerapan BMS berbasis IoT dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi di gedung perkuliahan secara signifikan dan berkelanjutan.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Hasil Implementasi Sistem

Implementasi sistem Building Management System (BMS) berbasis Internet of Things (IoT) pada gedung perkuliahan dilakukan dengan menggunakan beberapa komponen utama, yaitu mikrokontroler ESP32, sensor arus (ACS712) untuk mendeteksi konsumsi daya listrik, sensor PIR untuk mendeteksi keberadaan pengguna ruangan, serta sensor

suhu DHT22 untuk memantau kondisi lingkungan. Sistem ini dikembangkan dengan integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak melalui jaringan Wi-Fi, di mana data dari sensor dikirimkan ke platform Firebase sebagai server cloud. Dari data tersebut, pengguna dapat memantau kondisi energi gedung melalui dashboard berbasis web secara real-time. Selain itu, sistem dilengkapi dengan fitur otomatisasi kontrol beban listrik, di mana perangkat seperti lampu dan pendingin ruangan dapat dimatikan secara otomatis jika ruangan tidak terdeteksi aktivitas.

Proses instalasi sistem dilakukan di tiga ruang perkuliahan yang memiliki karakteristik penggunaan energi berbeda. Setiap ruang dilengkapi modul sensor dan pengendali beban yang terhubung dengan jaringan lokal kampus. Pengumpulan data dilakukan selama dua minggu — satu minggu sebelum sistem diaktifkan (baseline) dan satu minggu setelah sistem BMS berbasis IoT diterapkan. Hasil pemantauan menunjukkan adanya penurunan konsumsi daya listrik secara signifikan. Misalnya, konsumsi energi rata-rata sebelum penerapan sistem sebesar 12,5 kWh per hari, menurun menjadi 8,6 kWh per hari setelah sistem aktif. Hal ini menunjukkan adanya penghematan energi sebesar 31,2%, yang disebabkan oleh kemampuan sistem dalam menonaktifkan peralatan listrik secara otomatis saat ruangan tidak digunakan.



Gambar 1 : Aplikasi BMS

Analisa Kinerja Sistem

Analisis terhadap kinerja sistem dilakukan untuk menilai akurasi sensor, kestabilan komunikasi data, dan efisiensi energi. Berdasarkan hasil pengujian, sensor arus ACS712 memiliki tingkat akurasi pengukuran sebesar $\pm 3\%$ dibandingkan alat ukur standar digital clamp meter. Sementara itu, sensor PIR mampu mendeteksi keberadaan manusia dalam jarak 5 meter dengan tingkat keberhasilan deteksi 95%. Mikrokontroler ESP32 menunjukkan waktu respon rata-rata 1,2 detik dalam mengirimkan data ke server cloud, yang masih tergolong cepat untuk aplikasi monitoring energi. Stabilitas jaringan juga diuji dengan membandingkan rasio pengiriman data terhadap total paket data yang dikirim, dengan hasil 98,7% data berhasil dikirim tanpa kehilangan paket, menunjukkan sistem yang andal dan efisien.

Dari sisi efisiensi energi, data menunjukkan bahwa penggunaan sistem otomatisasi berbasis IoT dapat mengurangi pemborosan energi pada periode non-aktif (malam hari atau di luar jam kuliah). Sebelum sistem diimplementasikan, sekitar 40% lampu dan pendingin ruangan masih menyala di luar jam operasional. Setelah

sistem aktif, angka tersebut menurun drastis menjadi kurang dari 10%. Analisis grafik konsumsi energi harian menunjukkan pola pemakaian yang lebih stabil dan sesuai dengan jadwal aktivitas akademik. Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian Rahman et al. (2020) dan Sari et al. (2022) yang menyatakan bahwa penerapan BMS berbasis IoT dapat meningkatkan efisiensi energi gedung pendidikan hingga 25–35%.

Pembahasan Hasil

Hasil penelitian ini membuktikan bahwa implementasi **BMS berbasis IoT** dapat menjadi solusi efektif untuk pengelolaan energi listrik di gedung perkuliahan. Sistem ini tidak hanya mampu melakukan pemantauan konsumsi energi secara real-time, tetapi juga memungkinkan pengendalian otomatis terhadap beban listrik berdasarkan kondisi ruangan. Pendekatan ini sejalan dengan konsep smart building dan green campus, di mana penggunaan energi diatur secara cerdas untuk mencapai efisiensi maksimum tanpa mengurangi kenyamanan pengguna. Integrasi antara perangkat sensor, mikrokontroler, dan aplikasi cloud memberikan fleksibilitas tinggi bagi pengelola gedung untuk mengontrol perangkat dari jarak jauh serta menganalisis data konsumsi energi secara periodik.

Selain aspek teknis, implementasi sistem ini juga memiliki dampak positif terhadap manajemen fasilitas kampus. Data yang dikumpulkan oleh sistem dapat digunakan untuk memprediksi pola penggunaan energi,

sehingga pihak manajemen dapat melakukan perencanaan beban listrik yang lebih efisien. Namun, dalam implementasinya masih terdapat beberapa kendala, seperti kestabilan koneksi Wi-Fi di beberapa area gedung dan kebutuhan akan sumber daya listrik cadangan (UPS) agar sistem tetap berfungsi saat terjadi pemadaman. Oleh karena itu, pengembangan lanjutan disarankan untuk menambahkan sistem redundansi jaringan dan integrasi dengan panel surya sebagai sumber energi alternatif. Dengan pengembangan tersebut, sistem BMS berbasis IoT diharapkan dapat menjadi model pengelolaan energi cerdas yang berkelanjutan di lingkungan pendidikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, L., Zhang, H., & Xu, Z. (2020). A *Smart Building Energy Management Framework Using IoT and Big Data Analytics*. **Journal of Building Engineering**, 32, 101761.
- Clements-Croome, D. J. (2018). *Intelligent Buildings: Design, Management and Operation*. Routledge.
- Kumar, P., & Singh, R. (2021). *IoT-Based Building Management System for Smart Energy Optimization*. **IEEE Access**, 9, 114532–114540.
- Rahman, M. A., Kim, J., & Lee, S. (2020). *Energy-efficient Building Management System using IoT and Cloud Computing*. **Sensors**, 20(24), 7185.
- Sari, D. A., Nugroho, T. A., & Pratama, B. (2022). *Implementasi Sistem Otomatisasi Berbasis IoT untuk Efisiensi Energi pada Gedung Pendidikan*. **Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi**, 8(3), 145–154.
- Wang, X., Chen, J., & Zhao, Y. (2021). *Smart Buildings: An IoT Perspective*. **Energy and Buildings**, 240, 110886.
- Clements-Croome, D. J. (2018). *Intelligent Buildings: Design, Management and Operation*. Routledge.
- Sauter, T., Lobashov, M., & Kastner, W. (2019). *Building Automation: Communication Systems with EIB/KNX, LON and BACnet*. Springer.
- Ramakrishnan, R. (2020). *IoT Applications for Smart Cities*. CRC Press.
- McGraw, D. (2017). *Energy Management Handbook* (8th ed.). Fairmont Press.
- Holman, J. P. (2021). *Experimental Methods for Engineers*. McGraw-Hill Education.