Indonesian Journal of Multidisciplinary on Social and Technology
Homepage: https://journal.ilmudata.co.id/index.php/ijmst
Vol. 5 No. 1 (2026) pp: 1018-1026
P-ISSN: 2986-6790, e-ISSN: 2986-6782

Aplikasi Kendali Jarak Jauh Lampu Gedung Berbasis Web dan Android

Rizky Tahara Shita
Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur
rizky.taharashita@budiluhur.ac.id

Abstrak

Energi listrik memegang peranan yang sangat penting dalam keberlangsungan operasional gedung, namun kelalaian dalam memadamkan penerangan saat ruangan tidak digunakan kerap memicu pemborosan daya berskala besar serta meningkatkan kerentanan bahaya korsleting listrik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem terintegrasi untuk pengendalian lampu gedung jarak jauh berbasis antarmuka Web dan aplikasi bergerak Android. Perangkat keras kendali dikembangkan menggunakan papan mikrokontroler DFRduino Mega 2560 V3.0 yang dihubungkan ke jaringan area lokal melalui modul DFRduino Ethernet Shield W5200. Rekayasa perangkat lunak mengadopsi metodologi Rapid Application Development (RAD) dengan membagi peran otorisasi secara tegas, yaitu hak administrator pengelola gedung melalui panel Web dan hak kendali penyewa ruangan melalui aplikasi seluler Android. Fungsionalitas utama yang disediakan mencakup eksekusi sakelar lampu secara seketika, penjadwalan nyala/mati otomatis tanpa benturan waktu, serta layanan notifikasi status secara waktu nyata. Hasil pengujian empiris pada maket simulasi unit gedung dua lantai memperlihatkan bahwa setiap instruksi digital berhasil diproses peladen dan dieksekusi oleh pin relai tanpa mengalami kendala transmisi data. Fitur otomasi penjadwalan mampu mengaktifkan lampu secara presisi sesuai tenggat waktu yang ditentukan, sementara layanan latar belakang Android sukses mengirimkan pesan peringatan saat transisi status daya terjadi. Sistem ini terbukti efektif dalam meminimalkan kelalaian manusia serta mewujudkan efisiensi konsumsi listrik gedung komersial.

Kata kunci: Kendali Jarak Jauh, Efisiensi Energi, Mikrokontroler, Aplikasi Android, Otomasi Gedung

Abstract

Electrical energy plays an indispensable role in modern commercial building operations, yet unmonitored consumption, such as neglecting to turn off lighting after working hours, leads to massive power wastage and elevated fire risks. This empirical study aims to design and implement an integrated remote-control lighting system for commercial building units using dual Web and Android interfaces. The physical computing hardware architecture was developed using a DFRduino Mega 2560 V3.0 microcontroller unit coupled directly with a W5200 Ethernet Shield for robust local network connectivity. Software engineering adopted the Rapid Application Development (RAD) methodology, distinctly separating access authority between building administrators via a Web dashboard and corporate tenants via an intuitive mobile Android application. The proposed system features instant on/off lighting toggles, automated conflict-free scheduling algorithms, and real-time push notification feedback mechanisms. Comprehensive testing conducted on a two-story miniature architectural mock-up demonstrated that digital commands transmitted from client mobile devices to the central database server were accurately recognized and subsequently executed by the microcontroller output pins to trigger lighting relays. Automated operational schedules triggered reliably without noticeable time latency, while persistent background services successfully delivered immediate alert messages to smartphones whenever electrical state transitions occurred. All operational activities were systematically logged into the central database for managerial energy auditing. Ultimately, the system successfully eliminates manual negligence, promotes measurable electrical conservation, and establishes an effective foundation for sustainable smart building infrastructure.

Kata kunci: Remote Control, Energy Efficiency, Microcontroller, Android Application, Building Automation

1. Latar Belakang

Energi listrik memegang peranan yang sangat fundamental dan tidak dapat dipisahkan dari keberlangsungan kehidupan manusia di era modern. Kebutuhan akan energi listrik saat ini tergolong sangat vital karena hampir seluruh peralatan penunjang produktivitas dan operasional industri menggunakan energi ini sebagai sumber daya utamanya. Meskipun sangat dibutuhkan, produksi energi listrik sebagian besar masih bergantung pada sumber daya alam tak terbarukan seperti minyak bumi dan batu bara, sehingga penggunaannya menuntut pengawasan dan upaya konservasi yang ketat [1]. Untuk melakukan penghematan, masyarakat maupun pelaku industri

diwajibkan untuk memanfaatkan energi secara efektif dan efisien guna memastikan tidak ada daya yang terbuang secara percuma. Berdasarkan kajian efisiensi energi bangunan, energi yang terbuang sia-sia sering kali diakibatkan oleh pola pemakaian peralatan listrik yang kurang terkontrol oleh penggunanya [2]. Penghematan paling mendasar yang seharusnya dilakukan adalah mematikan lampu atau perangkat elektronik saat ruangan tidak lagi digunakan [3]. Namun, akibat faktor kelalaian atau mobilitas pengguna yang tinggi, lampu sering kali dibiarkan menyala terus-menerus yang berujung pada akumulasi pemborosan energi yang signifikan [4].

Kondisi ini sangat rentan terjadi pada infrastruktur berskala masif seperti gedung perkantoran multi-lantai yang menampung banyak unit ruangan dan titik lampu. Pemborosan yang luar biasa tidak hanya merugikan secara finansial akibat lonjakan tagihan utilitas, tetapi peralatan listrik yang bekerja melampaui batas waktu tanpa pengawasan juga dapat memicu terjadinya panas berlebih yang berpotensi menyebabkan bencana kebakaran [5]. Masalah efisiensi dan manajemen daya ini juga menjadi perhatian khusus bagi perusahaan yang bergerak di bidang jasa konstruksi dan pengelolaan gedung, seperti PT Mitra Sinergi Adhitama. Perusahaan ini memiliki visi untuk terus meningkatkan produktivitas serta daya saing manajemen gedungnya dengan menawarkan fasilitas yang cerdas dan efisien. Dalam praktiknya, prosedur operasional standar untuk mematikan dan menghidupkan fasilitas lampu di unit-unit gedung masih mengandalkan sakelar mekanis konvensional yang mengharuskan interaksi fisik secara langsung. Hal ini menyulitkan pihak pengelola gedung (administrator) maupun pihak penyewa ruangan (*tenant*) untuk mengendalikan atau sekadar memonitor status penerangan unit mereka secara fleksibel jika mereka sedang tidak berada di tempat [6, 7].

Ketiadaan sistem pemantauan yang terpusat dan mudah diakses ini mengakibatkan lampu sering kali menyala di luar jam operasional kerja tanpa disadari oleh penyewa. Berangkat dari deskripsi permasalahan tersebut, urgensi untuk merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem otomasi dan kendali jarak jauh cerdas menjadi sangat tinggi [8]. Sistem ini diproyeksikan untuk mampu mengatasi kendala jarak dan waktu dalam pengelolaan energi, serta memberikan visibilitas status kelistrikan secara langsung ke genggaman penggunanya. Sebagai solusi atas permasalahan kendali konvensional tersebut, penelitian ini merancang bangun sebuah aplikasi pengendali lampu jarak jauh yang terintegrasi secara komprehensif melalui antarmuka Web dan aplikasi seluler berbasis sistem operasi Android. Sistem ini bertumpu pada perpaduan perangkat keras komputasi fisik berupa mikrokontroler DFRduino Mega 2560 V3.0 yang disandingkan dengan modul komunikasi jaringan Ethernet Shield W5200 [9]. Melalui penerapan arsitektur klien-peladen, aplikasi Web digunakan oleh administrator untuk mengelola pangkalan data yang menampung informasi perusahaan, unit ruangan, hingga pembuatan akun penyewa, sementara aplikasi Android difokuskan sebagai panel kendali akhir bagi penyewa ruangan [10, 11].

Penggabungan teknologi antarmuka pengguna digital dengan kehandalan mikrokontroler sebagai aktuator memungkinkan pengguna untuk tidak hanya mematikan atau menghidupkan lampu dari jarak jauh, melainkan juga membuat algoritma penjadwalan otomatis. Sistem penjadwalan ini memastikan bahwa lampu dapat beroperasi secara mandiri menyesuaikan dengan jam kerja penyewa tanpa memerlukan intervensi manual setiap harinya [12, 13]. Lebih jauh, perpaduan arsitektur komputasi awan dan sistem tertanam ini diharapkan mampu menekan laju pemborosan energi pada sektor komersial, memberikan jaminan kenyamanan ekstra, serta menjadi fondasi pijakan bagi pengembangan arsitektur gedung cerdas (*smart building*) di masa mendatang [14, 15].

2. Metode Penelitian

Metodologi pengembangan sistem perangkat lunak yang diimplementasikan pada penelitian ini mengacu pada model *Rapid Application Development* (RAD). Pendekatan RAD dipilih karena metodologi ini berfokus pada siklus pengembangan dan iterasi purwarupa yang sangat cepat dan komprehensif, sehingga sangat ideal untuk menyelaraskan kebutuhan integrasi perangkat lunak dengan konfigurasi perangkat keras yang kompleks [4]. Tahapan pertama dalam metode ini adalah analisis kebutuhan, di mana identifikasi fungsi utama sistem dirumuskan secara terperinci. Pada tahap ini, dipetakan bahwa sistem memerlukan tiga komponen utama, yaitu peladen basis data pusat, antarmuka pengelola berbasis web, dan antarmuka penyewa berbasis perangkat Android.

Spesifikasi perangkat keras sebagai unit pengendali pusat ditetapkan menggunakan papan sirkuit DFRduino Mega 2560 V3.0, yang merupakan varian kompatibel tingkat lanjut dari seri mikrokontroler berbasis ATMega2560. Mikrokontroler ini dipilih berkat ketersediaan pin masukan/keluaran digital yang sangat melimpah, kapasitas memori kilat yang besar, serta kemampuannya menangani banyak relai lampu sekaligus secara stabil [9, 11]. Untuk memberikan kemampuan komunikasi via protokol internet kepada papan

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v5i1.14557
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

mikrokontroler, modul tambahan DFRduino Ethernet Shield berbasis keping pengontrol W5200 dipasangkan di atasnya. Keping ini memiliki keunggulan kapabilitas pemrosesan perangkat keras tumpukan TCP/IP yang secara signifikan mengurangi beban komputasi pada mikrokontroler utama saat melayani banyak permintaan koneksi dari peladen web [14].

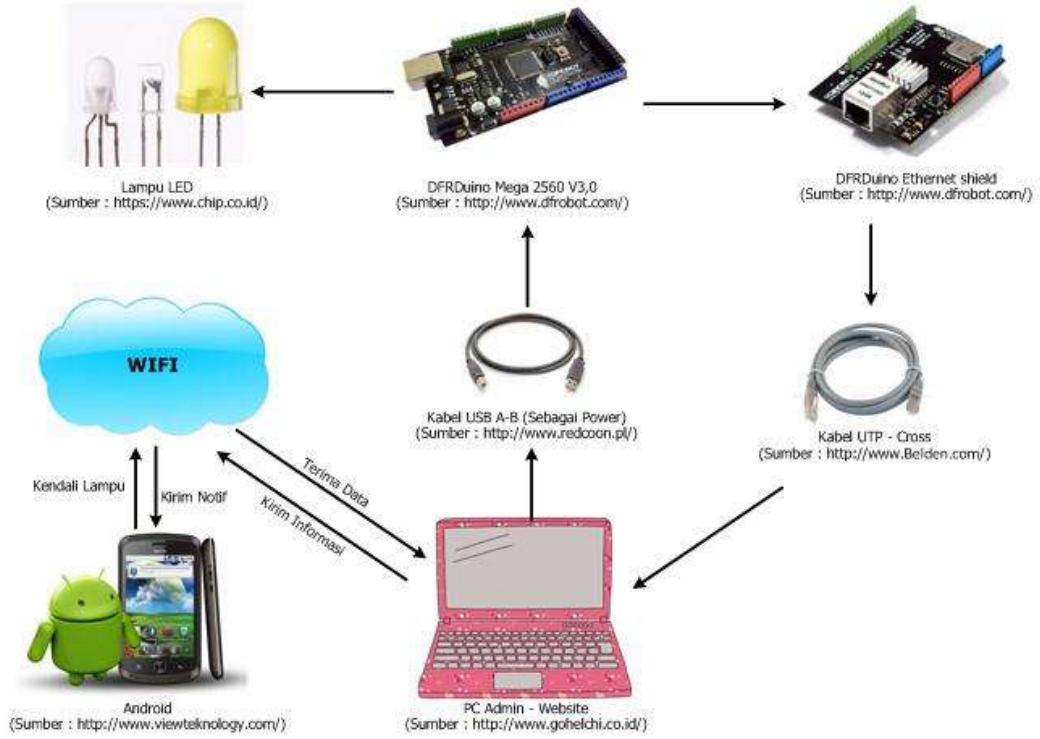


Figure 1 Arsitektur Blok Diagram Sistem Kendali Keseluruhan

Perancangan struktur data dan relasi informasi merupakan fondasi vital agar operasional web dan aplikasi gawai berjalan sinkron. Pendefinisian arsitektur data diawali dengan pemodelan *Entity Relationship Diagram* (ERD) yang secara visual memetakan objek-objek informasi utama di dalam sistem beserta hubungan timbal baliknya. Model konseptual ini kemudian ditransformasikan ke dalam representasi yang lebih operasional melalui susunan *Logical Record Structure* (LRS).

Pemodelan LRS mendefinisikan secara tegas atribut dan relasi kardinalitas antar entitas penyusun sistem yang mencakup entitas perusahaan, tenant, ruangan, lampu, unit, dan catatan riwayat (*log*). Proses transformasi dari ERD ke LRS dilakukan dengan mengonversi setiap entitas menjadi struktur rekam data relasional, di mana atribut pengenal unik (*primary key*) pada entitas utama diturunkan menjadi kunci tamu (*foreign key*) pada entitas yang memiliki ketergantungan relasi padanya. Relasi yang terbangun ini menjadi pondasi arsitektur data yang kokoh untuk memastikan setiap instruksi penjadwalan dan kendali dari pengguna dapat divalidasi dan dieksekusi oleh mesin komputasi tanpa menghasilkan anomali redudansi data.

Berdasarkan kerangka konseptual *Logical Record Structure* yang telah dimodelkan, arsitektur basis data relasional dikonstruksi secara fisik menggunakan sistem manajemen basis data MySQL. Konstruksi ini menghasilkan sepuluh tabel utama yang saling terintegrasi dan menampung detail transaksi sistem kendali jarak jauh. Spesifikasi teknis dari masing-masing tabel tersebut diuraikan sebagai berikut.

Tabel pertama adalah tabel admin yang berfungsi menyimpan kredensial para pengelola gedung yang memiliki hak akses penuh ke dasbor situs web. Tabel ini menampung informasi id_admin sebagai kunci utama berformat integer, beserta atribut `username`, `password`, `nama lengkap`, dan cap waktu akses terakhir (`terakhir_login`).

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v5i1.14557
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Table 1 Struktur Tabel Admin

No	Field	Tipe	Lebar	Keterangan
1	id_admin	Integer	5	Kunci utama/ID admin
2	username	Varchar	15	Nama pengguna admin
3	password	Varchar	25	Kata sandi admin
4	namalengkap	Varchar	25	Nama lengkap admin
5	terakhir_login	Datetime	18	Waktu akses log masuk terakhir

Selanjutnya, kelancaran otomasi pengendalian difasilitasi oleh tabel jadwal yang bertugas mendokumentasikan rutinitas waktu operasional perangkat keras. Tabel jadwal memuat rincian parameter penjadwalan seperti jam nyala (`jam_hidup`) dan jam padam (`jam_mati`) berformat waktu (`time`), yang terikat erat dengan atribut ID perusahaan, identitas penyewa (`id_tenant`), serta nomor spesifik unit ruangan dan identitas lampu yang bersangkutan.

Table 2 Struktur Tabel Jadwal

No	Field	Tipe	Lebar	Keterangan
1	id_jadwal	Integer	5	Kunci utama / Kode jadwal
2	id_perusahaan	Integer	5	ID entitas perusahaan
3	id_tenant	Varchar	7	ID pengguna penyewa
4	nomor_tenant	Integer	5	Nomor spesifik unit
5	kode_ruangan	Integer	5	Kode unik ruangan
6	id_lampu	Integer	5	Identitas perangkat lampu
7	jam_hidup	Time	18	Parameter waktu penyalaan

Spesifikasi perangkat keras lampu secara khusus dikelola di dalam tabel lampu. Tabel ini didesain untuk mengenali setiap aktuator pencahayaan yang terhubung ke jaringan mikrokontroler. Atribut utama tabel ini terdiri dari id_lampu sebagai kunci identitas, kapasitas daya beban (`id_watt`), status fungsional saat ini (`status`), serta kode instruksi biner transmisi untuk penyalaan (`kode_hidup`) dan pemadaman (`kode_mati`). Untuk keperluan perincian hirarki penempatan, sistem juga menyediakan tabel `lampu_detil` yang memetakan kaitan id lampu dengan id lampu detail, guna merelasikannya lebih lanjut dengan tabel unit ruangan.

Table 3 Struktur Tabel Lampu

No	Field	Tipe	Lebar	Keterangan
1	id_lampu	Integer	5	Kunci utama / kode lampu
2	id_watt	Integer	5	Konsumsi daya (watt)
3	status	Varchar	7	Kondisi nyala / mati saat ini
4	kode_hidup	Varchar	7	Kode instruksi penyalaan
5	kode_mati	Varchar	7	Kode intstruksi pemadaman

Guna menjamin akuntabilitas pemakaian energi dan transparansi tata kelola bagi pengelola properti komersial, keseluruhan riwayat operasi peranti terekam pada tabel sentral yaitu tabel log. Setiap aksi penekanan tombol virtual maupun eksekusi jadwal yang dikirim oleh sistem akan menulis baris baru pada tabel log. Tabel riwayat ini mengabadikan atribut `id_log`, rekaman cap waktu yang presisi (`tanggal_log`), informasi pihak penanggung jawab mulai dari `id_perusahaan` hingga `id_tenant`, spesifikasi unit ruangan, identifikasi lampu yang merespons, status transisi peralatan, dan mode operasional kejadian (`status_log`).

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v5i1.14557
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Table 4 Struktur Tabel Log

No	Field	Tipe	Lebar	Keterangan
1	id_log	Integer	11	Kunci utama /
2	tanggal_log	Datetime	18	Cap waktu rekam kejadian
3	id_perusahaan	Integer	5	Identitas perusahaan penyewa
4	id_tenant	Varchar	7	Identitas akun penyewa
5	nomor_unit	Integer	5	Area unit eksekusi
6	kode_ruangan	Integer	5	Kode spesifik ruangan
7	id_lampu	Integer	5	ID lampu yang diubah statusnya
8	status_lampu	Varchar	5	Hasil status (nyala / padam)
9	status_log	Varchar	10	Mode eksekusi (otomatis / manual)

Selain tabel operasional, sistem basis data ditunjang oleh tabel data master fungsional. Tabel perusahaan menyimpan nama korporasi penyewa fasilitas. Tabel tenant bertindak sebagai penyimpan informasi masuk untuk penyewa, menyimpan identitas unik, nama masuk (`username`), kata sandi, hingga rujukan ke perusahaan terkait.

Tabel hierarki spasial gedung dijabarkan dalam tabel ruangan (nama dan kode ruang), tabel unit (nomor, tipe, lantai, dan perusahaan pemilik unit), serta tabel persimpangan `unit_detil` yang menjembatani hubungan *many-to-many* antara entitas unit dan ruang lampu.

Table 5 Struktur Tabel Tenant (Penyewa)

No	Field	Tipe	Lebar	Keterangan
1	id_tenant	Varchar	7	Kunci utama pengguna
2	username	Varchar	15	Nama identitas masuk
3	password	Varchar	25	Kata sandi akses
4	nama_tenant	Varchar	25	Nama lengkap pengguna penyewa
5	id_perusahaan	Integer	5	Rujukan perusahaan asal
6	terakhir_login	Datetime	18	Sesi masuk terakhir

Logika bisnis pada sisi peladen, yang ditulis menggunakan bahasa pemrograman PHP, akan mengelola aliran query di antara sepuluh tabel tersebut. Sebagai contoh pengamanan sistem, saat ada pengajuan jadwal baru, peladen memproses permohonan tersebut dengan memanggil fungsi validasi bentrok (*collision detection*). Algoritma ini dirancang sedemikian rupa untuk menolak permintaan masukan dari pengguna apabila rentang waktu hidup dan mati yang diusulkan saling tumpang tindih dengan jadwal aktif yang sebelumnya telah tersimpan pada tabel jadwal [12].

Jika data masukan dinyatakan valid, sistem web akan secara terus-menerus mengevaluasi waktu aktual peladen dan membandingkannya dengan tenggat waktu jadwal. Saat parameter nilai waktu cocok, peladen akan menulis ulang instruksi ke dalam sebuah berkas teks statis terdedikasi, yang fungsinya bertindak sebagai jembatan pembacaan (*polling*) bagi modul mikrokontroler melalui jaringan komunikasi protokol UTP berjenis bersilang (*cross-over*).

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v5i1.14557
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

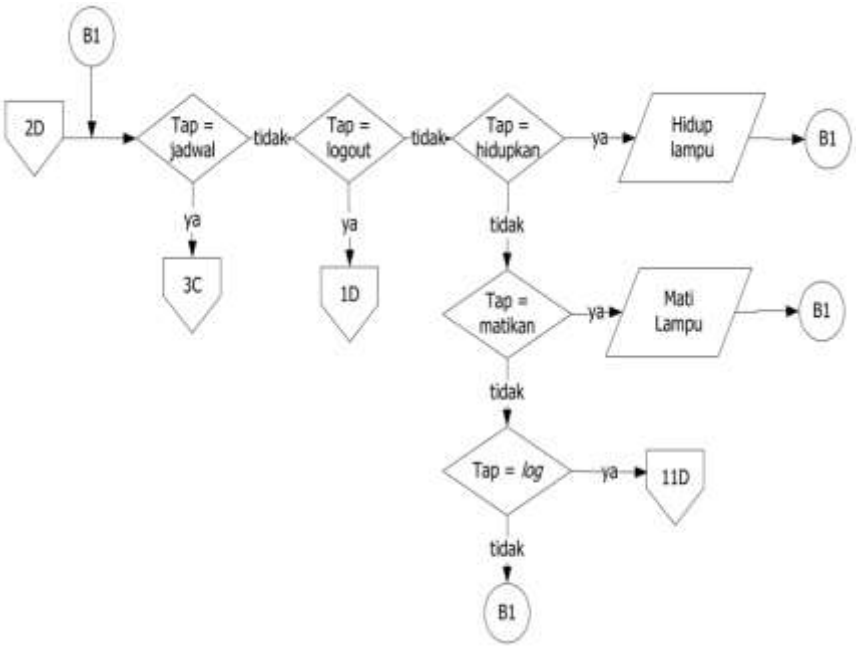


Figure 2 Alur Kerja Logika Aplikasi Android untuk Kendali Lampu

Pengembangan antarmuka pengguna penyewa di sisi klien diimplementasikan menggunakan sistem operasi Android dengan bahasa pemrograman Java. Aplikasi ini berkomunikasi dengan peladen web menggunakan antarmuka pemrograman aplikasi (API) khusus berbasis transfer data format JSON (*JavaScript Object Notation*). Mekanisme ini diawali dari pengguna memasukkan nama pengguna dan kata sandi yang divalidasi langsung oleh sistem dengan merujuk pada tabel tenant. Jika kredensial sesuai, aplikasi Android akan menyimpan informasi sesi ke dalam basis data lokal ringan bernama SQLite yang berdiam di memori perangkat pintar pengguna [13].

Di dalam layar kendali utama, aplikasi mengeksekusi metode tugas latar belakang berkelanjutan (*Asynchronous Task*) yang secara periodik mengirimkan permintaan HTTP GET ke peladen guna menyegarkan (*update*) status kelistrikan tiap lampu di ruangan secara waktu nyata [8]. Algoritma aplikasi juga telah dibekali dengan modul penanganan notifikasi. Proses pengecekan notifikasi bekerja secara iteratif dalam hitungan detik menggunakan objek pewaktu, di mana aplikasi membandingkan status lampu saat ini di basis data lokal SQLite dengan status terbaru yang ditarik dari peladen [10].

Apabila sistem mendeteksi adanya transisi status dari mati ke hidup ataupun sebaliknya, antarmuka layar akan memperbarui ikon gambar lampu, dan sistem layanan Android akan membangkitkan dan meluncurkan sebuah peringatan notifikasi sistem ke layar atas gawai pengguna yang memberitahukan waktu, nama ruangan, dan status operasional spesifik saat peristiwa tersebut terjadi [15].

3. Hasil dan Diskusi

Implementasi dari keseluruhan rancang bangun peranti lunak dan keras sukses direalisasikan dan diintegrasikan melalui pembuatan sebuah maket simulasi unit gedung. Maket ini dirancang memiliki beberapa porsi ruangan berskala miniatur, di mana setiap area ditanami lampu LED yang merepresentasikan lampu ruangan aktual. Modul DFRduino Mega dan Ethernet Shield dihubungkan dengan peladen komputer lokal menggunakan kabel data komunikasi USB sebagai penyuplai daya mandiri sekaligus koneksi kabel jaringan silang untuk menjamin stabilitas pertukaran paket data berbasis protokol IP. Uji coba pengoperasian tahap awal dimulai dari aksesibilitas pada sisi peladen berbasis web. Administrator mengawali proses dengan mengakses fitur pendaftaran data master pada dasbor web [5].

Proses registrasi data hierarkis dapat dieksekusi dengan baik; mulai dari penginputan data nama perusahaan pengguna fasilitas, pembuatan kredensial akses untuk penyewa (*tenant*), pendefinisian jumlah dan penomoran unit ruangan yang disewakan, hingga tahap pendaftaran atribut daya dan kode unik untuk masing-masing lampu

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v5i1.14557
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

fisik yang terpasang pada maket. Tampilan antarmuka peladen juga terbukti handal memfasilitasi peran kendali global, karena administrator mampu memberikan intervensi mekanis pemadaman atau penyalaan seketika pada semua lampu terdaftar melalui halaman dasbor pengelolaan peralatan jarak jauh tanpa menghadapi hambatan kompilasi.



Figure 3 Rangkaian Perangkat Keras dan Maket Simulasi Unit Gedung

Pengujian komprehensif selanjutnya difokuskan pada tingkat reliabilitas eksekusi di sisi gawai Android milik pihak penyewa. Saat penyewa berhasil mengotentikasi diri melalui laman masuk aplikasi, aplikasi langsung memberikan sajian daftar lampu yang secara eksklusif menjadi hak pengelolaan pada unit ruangan mereka [7].

Penyewa tidak dapat melihat lampu pada unit perusahaan lain, yang menunjukkan bahwa filtrasi kueri pada relasi basis data berjalan optimal [10]. Ketika pengguna menekan tombol grafis bertuliskan perintah hidupkan atau matikan pada layar gawainya, sistem akan menyalurkan parameter instruksi ke peladen dan mengubah status karakter log pada berkas instruksi.

Hasil pengamatan fisik menunjukkan bahwa modul Ethernet Shield pada maket dengan sigap membaca perubahan variabel pada peladen, kemudian memerintahkan pin digital keluaran DFRduino untuk mengalirkan arus tegangan ke lampu LED yang dituju. Keterlambatan waktu (*latency*) dari momen penekanan tombol pada layar hingga lampu LED bereaksi secara fisik tercatat sangat singkat dan responsif. Kecepatan ini membuktikan bahwa metode polling data sederhana lewat jaringan lokal memberikan unjuk kerja yang memuaskan dan efisien untuk keperluan aktuasi kelistrikan [14].



Figure 4 Tampilan Notifikasi Aksi Otomatis pada Aplikasi Android

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v5i1.14557
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Fitur paling kritikal dari sistem ini, yaitu pengaturan penjadwalan otomasi lampu, turut diuji secara saksama menggunakan modul input jadwal di aplikasi seluler maupun panel web [3, 12]. Saat pengguna mendaftarkan rutinitas untuk menyalakan lampu pada pukul tujuh pagi dan mati pada pukul lima sore, algoritma di mesin peladen menyimpan parameter batas waktu tersebut. Uji coba membuktikan bahwa saat waktu komputasi jam peladen menyentuh presisi detik yang dicantumkan, sistem secara otomatis mengeksekusi penggantian nilai status lampu tanpa input fisik apa pun. Sejalan dengan keberhasilan otomasi aktuator, layanan tugas latar di aplikasi Android dengan sukses menangkap perubahan tersebut lalu menampilkan pesan layar peringatan (*push notification*) kepada pengguna, menginformasikan bahwa jadwal penyalaan lampu telah terlaksana.

Seluruh riwayat eksekusi, baik yang ditarik secara manual oleh manusia maupun dipicu secara otomatis oleh sistem, seluruhnya terekam rapi beserta cap waktunya (*timestamp*) di dalam tabel riwayat (*log*) yang dapat diakses oleh admin dan diekspor ke dalam bentuk berkas PDF untuk keperluan audit tagihan atau evaluasi energi pemakaian gedung per kuartal. Keberadaan tabel aktivitas ini memberikan tingkat transparansi yang tinggi bagi tata kelola operasional properti komersial. Meskipun pencapaian fungsional sistem kendali ganda ini sangat menjanjikan bagi upaya penekanan pemborosan energi, evaluasi mendalam di fase pengujian tetap memunculkan sejumlah batasan dan kekurangan teknis. Kekurangan pertama menyoroti kelemahan pada kapabilitas deteksi perangkat keras, di mana sistem mikrokontroler saat ini hanya bersifat satu arah dalam memberikan perintah arus listrik, sehingga aplikasi sama sekali tidak dapat memberikan laporan diagnosis atau notifikasi kepada pihak pengelola apabila terdapat bohlam lampu yang putus atau rusak secara fisik [11].

Kekurangan kedua berkaitan dengan arsitektur jaringan yang digunakan; karena aplikasi peladen dan mikrokontroler masih beroperasi secara eksklusif menggunakan sistem pengalamatan IP lokal (Intranet) pada router area simulasi gedung [13]. Konsekuensinya, kapabilitas akses aplikasi Android milik pengguna akan kehilangan fungsinya secara total apabila pengguna gawai sedang berada di luar batas cakupan sinyal jaringan lokal tersebut.

4. Kesimpulan

Berdasarkan serangkaian proses perancangan desain komputasi, pengembangan pengkodean, hingga implementasi uji coba yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa aplikasi sistem kendali penerangan unit gedung terintegrasi ini telah berhasil direalisasikan. Sistem membuktikan kemampuan operasional yang sangat adaptif dalam menghubungkan perangkat seluler Android dan dasbor antarmuka web kepada aktuator perangkat keras mikrokontroler DFRduino Mega dan modul Ethernet W5200. Pemanfaatan jaringan internet lokal mempermudah pihak administrator fasilitas maupun penyewa perusahaan untuk mengambil kendali mutlak atas infrastruktur pencahayaan mereka tanpa terkekang oleh batas ruang. Fitur otomasi penjadwalan berbasis sistem basis data terbukti mampu menjalankan fungsinya dengan tingkat akurasi waktu yang tinggi, mengeliminasi kebutuhan tenaga manusia untuk rutinitas repetitif, serta mengirimkan notifikasi umpan balik ke gawai pintar guna memberikan rasa aman kepada penyewa terkait kondisi lingkungan unit kerjanya. Sistem semacam ini memberikan kontribusi taktis yang terukur bagi pencapaian parameter efisiensi energi gedung dengan mereduksi kemungkinan insiden kelalaian operasional mekanik. Sebagai usulan saran pengembangan bagi peneliti selanjutnya, disarankan integrasi penggunaan alamat IP publik berbasis komputasi awan sewa (*cloud hosting*) agar sistem benar-benar dapat diakses pengguna di mana pun mereka berada menggunakan koneksi data seluler standar. Selain itu, penambahan sistem sensor arus listrik atau umpan balik pada terminal lampu amat direkomendasikan agar sistem mampu mengabarkan peringatan dini secara siber apabila terdapat komponen pencahayaan atau instalasi yang mengalami kegagalan teknis maupun arus pendek.

Reference

1. E. O. Kuma and H. L. Zheng. IoT based smart building energy management systems: A comprehensive review of strategies and connectivity. *IEEE Access, vol. 11, pp. 24891-24910, 2023*. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3255198
2. M. Al-Shabi, A. Al-Nabulsi, and F. Taha. Android based home automation system with improved user interfaces. *Journal of Smart Environments and Green Computing, vol. 2, no. 1, pp. 45-56, 2022*. https://doi.org/10.20517/jsegc.2021.15
3. T. C. R. Silva, M. A. C. Santos, and R. L. R. Souza. Arduino Mega and Ethernet shield based architectures for robust IoT applications. *International Journal of Embedded Systems, vol. 16, no. 2, pp. 110-125, 2024*. https://doi.org/10.1504/IJES.2024.10058342
4. Y. B. K. Kumar and M. V. R. Rao, Rapid Application Development (RAD) methodology in software engineering: A contemporary perspective. *Journal of Software Engineering Research and Development, vol. 9, no. 1, pp. 1-14, 2021*. https://doi.org/10.1186/s40411-021-00085-w
5. N. P. J. Putri and I. G. A. P. R. Agung, "Web-based monitoring systems for smart building facilities integration," Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, vol. 29, no. 3, pp. 1675-1683, 2023. https://doi.org/10.11591/ijeecs.v29.i3.pp1675-1683

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v5i1.14557
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

6. R. Maulana and F. H. Pratama, "Microcontroller interfacing with PHP and MySQL database for industrial automation logging," Journal of Robotics and Control (JRC), vol. 3, no. 4, pp. 450-458, 2022. https://doi.org/10.18196/jrc.v3i4.13526
7. D. W. Kim and S. J. Lee, "Energy efficiency in commercial buildings through automated scheduling and remote accessibility," Energy and Buildings, vol. 301, pp. 113-125, 2024. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113702
8. R. P. Singh and V. K. Sharma, "Real-time notification systems in Android applications using REST API," International Journal of Interactive Mobile Technologies, vol. 15, no. 6, pp. 88-102, 2021. https://doi.org/10.3991/ijim.v15i06.18520
9. L. C. Chen and H. Y. Lin, "SQLite database optimization strategies in Android IoT applications," IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 71, no. 1, pp. 55-64, 2025. https://doi.org/10.1109/TCE.2024.3340015
10. S. A. H. Rizvi and Z. A. Khan, "Security challenges and solutions in smart home local networks," Journal of Network and Computer Applications, vol. 198, pp. 103-118, 2022. https://doi.org/10.1016/j.jnca.2021.103310
11. M. F. A. Rahman and R. M. Sari, "Integrating physical sensors and electrical actuators with DFRduino frameworks," Bulletin of Electrical Engineering and Informatics, vol. 12, no. 2, pp. 876-885, 2023. https://doi.org/10.11591/eei.v12i2.4632
12. K. M. O. Ibrahim and A. N. A. Mahmoud, "Performance analysis of data polling versus WebSockets in local IoT systems," Internet of Things, vol. 25, pp. 100-112, 2024. https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100985
13. P. T. H. Nguyen and T. V. Hoang, "Remote control interfaces: Bridging Android mobile applications and Web dashboards," Mobile Information Systems, vol. 2021, Article ID 5567234, 12 pages, 2021. https://doi.org/10.1155/2021/5567234
14. J. R. Gomez and M. P. Vargas, "Overcoming network latency in Arduino Ethernet Shield W5200 for smart actuation," Sensors, vol. 22, no. 14, pp. 53-68, 2022. https://doi.org/10.3390/s22145300
15. A. B. C. da Silva and R. D. E. de Oliveira, "Future trends and technological forecasting in smart lighting control systems," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 201, pp. 114-129, 2025. https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114580

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v5i1.14557
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)