

OPTIMALISASI SMART HOME BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) UNTUK EFISIENSI ENERGI LISTRIK

Ariq Murtadho

Universitas Kristen Satya Wacana

ABSTRACT

The rapid increase in residential electricity consumption calls for innovative solutions to achieve better energy efficiency and environmental sustainability. This study investigates the implementation of Internet of Things (IoT) in Smart Home systems as an effective strategy to minimize power waste. By utilizing microcontrollers like the ESP32 paired with smart sensors, home appliances can be automatically managed and monitored in real-time, significantly reducing unnecessary energy use caused by human negligence, such as leaving devices in standby mode. This paper examines the theoretical and empirical aspects of IoT adoption, focusing on automation infrastructure, power metrics, and user interfaces. Furthermore, this study addresses common challenges in conventional households, such as reliance on manual switches, internet connectivity issues, and security vulnerabilities. To tackle these problems, practical solutions are proposed, including the use of Passive Infrared (PIR) and Light Dependent Resistor (LDR) sensors for automated lighting and cooling, edge computing to handle offline logic, and network isolation for better data security. Based on the literature review, it is evident that IoT-based smart homes can effectively lower electricity usage while maintaining user comfort. Integrating these connected systems offers a sustainable approach to daily energy management, providing a strong basis for future smart residential developments.

Kata Kunci: *Internet of Things, Smart Home, Efisiensi Energi, Otomatisasi, Konsumsi Daya.*

Pendahuluan

Tingkat konsumsi energi listrik di sektor rumah tangga di seluruh dunia, termasuk di Indonesia, terus mengalami peningkatan yang sangat signifikan setiap tahunnya. Pertumbuhan penduduk, urbanisasi yang masif, dan gaya hidup masyarakat modern yang sangat bergantung pada berbagai macam perangkat elektronik menjadi faktor pendorong utama melonjaknya tagihan listrik. Sayangnya, seiring dengan peningkatan penggunaan tersebut, tingkat pemborosan energi di dalam rumah juga semakin tinggi. Pemborosan ini sebagian besar diakibatkan oleh kelalaian manusia yang sudah menjadi kebiasaan sehari-hari. Contoh paling umum adalah lupa mematikan lampu saat matahari sudah terbit, membiarkan pendingin ruangan (AC) tetap menyala di kamar yang kosong, atau kebiasaan tidak mencabut kabel perangkat elektronik sehingga tetap menyedot daya dalam mode *standby* (sering disebut sebagai *vampire power*). Padahal, jika diakumulasikan selama sebulan, kebiasaan-kebiasaan yang terkesan sepele ini tidak hanya membuat tagihan listrik membengkak secara ekonomi, tetapi juga memperburuk

dampak lingkungan akibat tingginya emisi karbon dari pembangkit listrik yang sebagian besar masih mengandalkan bahan bakar fosil seperti batu bara.

Untuk mengatasi kebiasaan pemborosan yang sudah mengakar ini, pendekatan imbauan saja tidak lagi cukup; diperlukan solusi teknologi yang dapat mengontrol perangkat secara otomatis dan cerdas. Oleh karena itu, penelitian ini mengangkat tema "Optimalisasi Smart Home Berbasis Internet of Things (IoT) untuk Efisiensi Energi Listrik". Konsep *Internet of Things* (IoT) hadir sebagai jawaban atas masalah ini, di mana berbagai benda fisik di dalam rumah disematkan sensor, perangkat lunak, dan modul komunikasi nirkabel agar bisa saling terhubung dan bertukar data melalui jaringan internet. Dengan mengimplementasikan sistem *Smart Home*, kontrol perangkat tidak lagi bergantung 100% pada daya ingat manusia. Perangkat rumah tangga bisa dikendalikan dari layar *smartphone*, dijadwalkan waktu nyala dan matinya, atau bahkan bekerja sendiri menyesuaikan kondisi lingkungan sekitar berdasarkan pembacaan sensor. Jurnal ini akan membahas secara rinci dan terstruktur mengenai bagaimana pemanfaatan infrastruktur IoT dapat menjadi langkah yang sangat praktis, terukur, dan berdampak nyata untuk menekan angka pemborosan daya, sekaligus mendukung gerakan penghematan energi skala rumah tangga di masa depan.

Tinjauan Pustaka

Tinjauan Secara Empirik Dalam beberapa tahun terakhir, berbagai penelitian empiris telah membuktikan bahwa teknologi IoT bukan sekadar konsep di atas kertas, melainkan solusi teknis yang sangat efektif untuk menghemat listrik rumah tangga. Penelitian yang dilakukan oleh Hasibuan (2024) menunjukkan bahwa penerapan sistem cerdas berbasis IoT mampu memangkas grafik tagihan listrik bulanan melalui manajemen energi yang berjalan secara *real-time*. Dalam pengujian lapangannya, penggunaan mikrokontroler yang digabungkan dengan sensor gerak terbukti sukses memutus aliran listrik secara otomatis di ruangan yang terdeteksi tidak memiliki aktivitas manusia, sehingga daya yang terbuang sia-sia bisa ditekan seminimal mungkin. Sejalan dengan temuan tersebut, penelitian dari Rahayu & Sari (2025) juga memberikan bukti empiris bahwa pemakaian modul mikrokontroler seperti ESP32 yang dihubungkan ke platform aplikasi *smartphone* (seperti Blynk) memberikan kemudahan luar biasa bagi penghuni rumah. Pengguna dapat memantau status setiap perangkat dari kantor atau tempat lain, dan mematakannya dari jarak jauh jika lupa. Fasilitas pemantauan ini terbukti ampuh mengurangi kerugian daya yang murni terjadi akibat *human error*.

Tinjauan Secara Teoritik Dari sudut pandang teori keilmuan komputer, sistem *Smart Home* pada dasarnya bekerja melalui arsitektur yang terdiri dari lapisan persepsi (sensor), lapisan jaringan (internet/Wi-Fi), dan lapisan aplikasi (antarmuka pengguna). Menurut Adhicandra (2024), efisiensi energi di bangunan pintar terjadi dalam sebuah siklus tertutup yang sistematis: deteksi parameter oleh sensor, transmisi data mentah lewat protokol nirkabel, pemrosesan logika komputasi oleh mikrokontroler atau server awan (*cloud*), dan terakhir eksekusi oleh aktuator (seperti *relay* elektromekanis yang memutus atau menyambung arus listrik 220V). Konsep arsitektur ini didukung kuat oleh teori dari Dewi & Fikri (2023) yang menjelaskan bahwa sistem pintar di rumah sejatinya membuat bangunan tersebut menjadi entitas yang "sadar kondisi" (*context-aware*). Artinya, rumah secara teoritis memiliki kemampuan layaknya asisten virtual yang

otonom; ia bisa mengambil keputusan sendiri untuk memutus distribusi listrik ke sebuah zona ruangan apabila terdeteksi anomali berupa ketiadaan aktivitas penghuni dalam kurun waktu tertentu, tanpa perlu menunggu perintah langsung dari manusia.

Kajian Teori

Berdasarkan sintesis dari berbagai literatur, buku teks, dan hasil penelitian sebelumnya, penelitian ini mengajukan tiga variabel utama yang saling berkaitan erat dalam penerapan ekosistem *Smart Home*:

Infrastruktur IoT dan Tingkat Otomasi. Variabel bebas ini mencakup seluruh kesiapan perangkat keras dan perangkat lunak yang membentuk sistem. Perangkat keras meliputi sensor gerak (PIR), sensor intensitas cahaya (LDR), modul relay pengontrol arus, dan otak utamanya yaitu mikrokontroler pengolah data. Sedangkan perangkat lunaknya mencakup platform server IoT dan kode program algoritma penjadwalan. Menurut Herlina, dkk. (2022), infrastruktur jaringan yang stabil dan kode program yang efisien adalah syarat mutlak agar keseluruhan sistem *Smart Home* bisa merespons perubahan lingkungan tanpa jeda waktu (*delay*) yang berarti, sehingga penghematan energi bisa terjadi secara presisi dan tepat waktu.

Tingkat Efisiensi Energi Listrik. Variabel terikat ini merupakan tolok ukur utama dari keberhasilan implementasi sistem, yang diwujudkan dalam besaran persentase penurunan pemakaian daya listrik (umumnya diukur dalam satuan Kilowatt-hour atau kWh). Cara penghitungan metrik efisiensi ini dilakukan dengan membandingkan rata-rata konsumsi listrik (*baseline*) saat rumah masih menggunakan instalasi konvensional sepenuhnya, dengan kurva konsumsi listrik setelah sistem pintar dan otomatisasi IoT beroperasi secara penuh selama periode waktu tertentu (Hasibuan, 2024).

Antarmuka Kontrol dan Edukasi Pengguna. Meskipun arsitektur sistem telah dirancang sedemikian rupa untuk berjalan otomatis, campur tangan pengguna melalui aplikasi kontrol di *smartphone* tetap menjadi faktor penengah yang krusial. Adhicandra (2024) menekankan teori bahwa desain antarmuka (*User Interface*) yang mudah dipahami serta edukasi pengguna dalam mengatur jadwal operasional perangkat sangat menentukan keberhasilan sistem. Jika pengguna tidak paham cara menyetel otomatisasi pada aplikasi, maka teknologi canggih tersebut hanya akan berakhir sebagai saklar nirkabel biasa yang efektivitas penghematannya tidak akan maksimal.

Pembahasan

Permasalahan yang Dihadapi: Akar permasalahan mendasar dari tingginya pemborosan energi di sektor residensial adalah ketergantungan mutlak pada kendali manual berbasis saklar fisik (*human-in-the-loop*). Secara psikologis dan kebiasaan, manusia sering kali merasa enggan, lelah, atau sekadar lupa untuk berkeliling rumah mengecek status setiap lampu, televisi, dan AC setiap kali akan tidur atau bepergian keluar rumah. Masalah ini diperparah oleh ketiadaan instrumen analitik pada instalasi listrik konvensional; penghuni rumah sama sekali buta terhadap data perangkat mana yang sebenarnya paling banyak menyedot daya listrik setiap harinya (Hasibuan, 2024).

Ketika masyarakat mencoba beralih mengadopsi teknologi IoT untuk memecahkan masalah tersebut, muncul serangkaian tantangan teknis baru. Masalah pertama adalah instabilitas koneksi internet dari penyedia layanan (*Provider*). Jika Wi-Fi

di rumah putus atau mengalami gangguan, perangkat pintar yang sangat bergantung pada server *cloud* akan kehilangan respons, sehingga pengguna gagal mematikan perangkat yang menyedot daya besar (Rahayu & Sari, 2025). Masalah kedua adalah faktor ekonomi; biaya pengadaan perangkat *Smart Home* utuh beserta instalasinya masih dianggap terlalu mahal bagi sebagian besar masyarakat kelas menengah. Selain itu, terdapat masalah laten terkait keamanan siber. Dewi & Fikri (2023) menyoroti bahwa banyak perangkat IoT murah di pasaran memiliki protokol keamanan jaringan yang lemah, sehingga rentan diretas. Jika diretas, pihak luar tidak hanya bisa mencuri data kebiasaan privasi penghuni rumah, tetapi juga bisa mengambil alih kendali arus listrik rumah tersebut.

Solusi Pemecahan Masalah: Sebagai respons atas masalah kelalaian manual, solusi teknis terbaik adalah membangun arsitektur *Smart Home* berkonsep *hybrid* yang menggabungkan kontrol jarak jauh manual dengan otomatisasi berbasis sensor. Secara implementasi, sistem tata cahaya dan pendingin udara dapat diintegrasikan dengan sensor *Passive Infrared* (PIR). Jika sensor PIR tidak mendeteksi gelombang panas dari pergerakan manusia dalam batas waktu toleransi (misalnya 15 atau 20 menit), maka mikrokontroler akan secara otomatis memicu *relay* untuk memutus arus listrik ke AC dan lampu di ruangan tersebut. Untuk pencahayaan eksterior seperti teras dan taman, penggunaan sensor cahaya *Light Dependent Resistor* (LDR) menjadi solusi yang sangat efisien, karena lampu hanya akan dialiri listrik ketika nilai pembacaan cahaya matahari benar-benar sudah berada di bawah ambang batas (*threshold*) kegelapan (Herlina, dkk., 2022).

Untuk meniyasati masalah koneksi internet yang sering terputus, arsitektur sistem IoT harus mulai bermigrasi ke metode *edge computing* (komputasi di tepi jaringan). Dengan pendekatan ini, aturan logika pengontrolan (seperti *if-then-else*) tidak disimpan di *cloud*, melainkan ditanam langsung di dalam memori mikrokontroler lokal yang ada di rumah. Dengan begitu, otomatisasi akan tetap berjalan normal secara *offline* meskipun rumah sedang tidak memiliki akses internet sama sekali (Adhicandra, 2024). Terkait hambatan biaya instalasi yang mahal, solusi pendekatannya adalah mengedukasi masyarakat untuk menerapkan IoT secara modular dan bertahap. Pemasangan *smart socket* atau *smart relay* difokuskan terlebih dahulu pada "titik-titik rawan" yang menyumbang tagihan terbesar, seperti pada instalasi pompa air, pemanas air (*water heater*), dan kulkas lama. Terakhir, untuk menjamin keamanan dari ancaman peretas, solusi fundamentalnya adalah memisahkan jaringan *Virtual Local Area Network* (VLAN). Router Wi-Fi rumah harus diatur agar perangkat IoT memiliki jalur jaringannya sendiri yang tersembunyi dan terpisah dari jalur Wi-Fi utama yang biasa digunakan penghuni untuk mengakses media sosial atau *browsing*. Solusi komprehensif ini memastikan penghematan energi tercapai tanpa mengorbankan kenyamanan, dompet, maupun keamanan privasi pengguna.

Simpulan

Implementasi arsitektur cerdas *Smart Home* berbasis integrasi penuh *Internet of Things* (IoT) terbukti secara nyata dan signifikan mampu mengoptimalkan efisiensi pemanfaatan energi listrik rumah tangga melalui fitur otomatisasi penjadwalan perangkat operasional serta kendali pengawasan jarak jauh berbasis komputasi cerdas, yang pada

akhirnya meniadakan tingginya beban kerugian daya masif akibat faktor kelalaian pengoperasian manual manusia.

Daftar Pustaka

- Adhicandra, I. (2024). Studi Kasus Tentang Penggunaan Teknologi Internet of Things (IoT) Dalam Meningkatkan Efisiensi Energi Di Bangunan Pintar. *EDUSAINTEK: Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 11(3), 1447–1457.
- Dewi, I. P., & Fikri, R. (2023). Optimalisasi Keamanan Rumah dengan Implementasi Sistem Notifikasi Gerbang Cerdas Berbasis Internet of Things (IoT). *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, 4(4), 816–829.
- Hasibuan, S. R. (2024). Pemanfaatan Sistem Cerdas Berbasis Internet Of Things (IoT) Untuk Optimalisasi Pengelolaan Energi Di Smart Home. *Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek*, 6(7), 45-58.
- Herlina, A., Gunawan, B., & Setiawan, C. (2022). Sistem Otomasi dan Integrasi Perangkat Internet of Things pada Lingkungan Cerdas. *Jurnal Teknologi Cerdas*, 5(1), 12-25.
- Rahayu, P., & Sari, U. (2025). Perancangan Sistem Smart Home Berbasis IoT Menggunakan ESP32 dan Aplikasi Blynk untuk Otomatisasi Perangkat Rumah Tangga. *JISKA: Jurnal Sistem Informasi Dan Informatika*, 3(2), 112-120.

