



EFISIENSI ENERGI KANTOR BERBASIS ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) DAN INTERNET OF THINGS (IOT) PADA PERGURUAN TINGGI VOKASI

Devita Dini Nur Komalasari, Syifa Salsabila Rachmawati, Harmon Chaniago

Program Studi D4-Administrasi Bisnis Jurusan Administrasi Niaga,

Politeknik Negeri Bandung

Abstrak

Efisiensi energi merupakan aspek penting dalam mengelola fasilitas pendidikan, terutama di lembaga pendidikan tinggi kejuruan yang kantor administrasinya sangat bergantung pada perangkat elektronik untuk operasional harian. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menerapkan sistem otomasi hemat energi berbiaya rendah berbasis Internet of Things (IoT). Sistem ini menggunakan berbagai sensor untuk memantau kondisi lingkungan secara real-time, seperti hunian, intensitas cahaya, dan suhu ruangan, untuk mengendalikan peralatan listrik secara otomatis.

Penerapannya difokuskan pada kantor administrasi kampus, yang pemborosan energinya sering kali disebabkan oleh penggunaan perangkat secara manual dan tidak efisien. Temuan penelitian mengungkapkan bahwa sistem ini secara signifikan meningkatkan efisiensi energi sekaligus meningkatkan kenyamanan ruang kerja secara keseluruhan. Selain itu, sistem ini menawarkan kesempatan belajar langsung bagi mahasiswa kejuruan di bidang teknologi, manajemen energi, dan pengembangan sistem cerdas.

Penelitian ini menunjukkan bahwa solusi berbasis IoT yang sederhana dan terjangkau dapat menjadi titik awal yang efektif menuju transformasi kampus hijau. Sistem ini dapat dengan mudah direplikasi di seluruh unit kampus lain tanpa memerlukan investasi besar dan mendukung integrasi pembelajaran, penelitian, dan pengabdian masyarakat dalam lingkungan pendidikan kejuruan.

Kata Kunci: Efisiensi Energi, Otomatisasi Kantor, Internet of Things, Kampus Kejuruan..

PENDAHULUAN

Efisiensi energi menjadi salah satu fokus penting dalam pengelolaan fasilitas pendidikan di era modern, khususnya di perguruan tinggi vokasi yang menekankan pada penguasaan teknologi terapan dan pengelolaan sumber daya yang efisien. Sebagai institusi yang terus berkembang, politeknik dan sekolah vokasi menghadapi tantangan besar dalam pengelolaan energi, khususnya pada unit administrasi atau kantor Tata Usaha (TU). Aktivitas perkantoran yang padat dan berlangsung hampir sepanjang hari menuntut penggunaan perangkat elektronik seperti lampu, AC, komputer, dan printer secara terus menerus. Namun, penggunaan perangkat ini seringkali dilakukan secara tidak efisien, seperti dibiarkan menyala meskipun ruangan kosong atau saat tidak dibutuhkan. Praktik ini tidak hanya memboroskan energi tetapi juga meningkatkan biaya operasional kampus.

Menurut *International Energy Agency* (IEA), sektor bangunan bertanggung jawab atas lebih dari 30% konsumsi energi global dan hampir 40% emisi karbon dioksida (CO₂) terkait energi. Hal ini menunjukkan urgensi untuk melakukan efisiensi energi, termasuk di sektor pendidikan. Dalam konteks perguruan tinggi vokasi, efisiensi energi tidak hanya soal penghematan biaya tetapi juga mencerminkan komitmen institusi terhadap keberlanjutan lingkungan dan tanggung jawab sosial.

Teknologi *Internet of Things* (IoT) telah membuka jalan bagi sistem otomatisasi energi yang cerdas dan hemat biaya. Dengan memanfaatkan sensor yang terhubung ke internet, kondisi ruangan dapat dipantau secara *real-time*, dan sistem dapat mengambil keputusan otomatis seperti menyalakan lampu ketika ada pergerakan, atau

mematikan AC saat suhu sudah tercapai atau ruangan kosong. Sensor suhu, gerak, cahaya, dan konsumsi listrik menjadi komponen utama dalam sistem ini. Menurut García Monge et al. (2023), sistem kontrol energi berbasis IoT mampu mengurangi konsumsi energi hingga 25% pada lingkungan kampus melalui deteksi okupansi dan kontrol otomatis perangkat listrik.

Namun, di banyak perguruan tinggi vokasi, sistem pengelolaan energi masih dilakukan secara manual atau dengan pendekatan konvensional. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor seperti keterbatasan anggaran, kurangnya infrastruktur pendukung, dan minimnya pelatihan teknologi untuk staf operasional. Pendekatan berbasis AI dan IoT sering dianggap mahal dan kompleks, padahal terdapat banyak solusi *open-source* dan perangkat keras murah yang bisa digunakan untuk membangun sistem monitoring energi sederhana namun efektif.

Selain manfaat efisiensi energi, implementasi sistem ini juga memiliki nilai edukatif. Mahasiswa program studi teknik, elektro, atau manajemen informatika dapat dilibatkan dalam perancangan dan pengembangan sistem sebagai bagian dari praktik industri atau tugas akhir. Hal ini memperkuat integrasi antara pembelajaran, penelitian, dan pengabdian masyarakat dalam konsep kampus vokasi.

Meskipun terdapat banyak studi mengenai penerapan IoT untuk efisiensi energi pada bangunan publik dan institusi pendidikan tinggi, sebagian besar fokus pada sistem gedung berskala besar atau hanya sebagai bagian dari infrastruktur kampus secara keseluruhan. Belum banyak studi yang secara spesifik membahas efisiensi energi di ruang administrasi (kantor TU) di lingkungan pendidikan vokasi, yang memiliki karakteristik aktivitas dan kebutuhan energi yang unik. Selain itu,

pendekatan berbasis sensor IoT saja tanpa kecerdasan buatan (AI) justru kurang mendapatkan sorotan, padahal dapat menjadi solusi efektif dan terjangkau bagi institusi pendidikan vokasional yang memiliki keterbatasan anggaran.

Penelitian ini mengusulkan dan mengimplementasikan sistem monitoring energi berbasis sensor IoT mandiri tanpa integrasi AI, dengan fokus pada ruang kerja administratif perguruan tinggi vokasi. Integrasi teknologi AI dan IoT dalam efisiensi energi tidak hanya relevan, tetapi juga mendesak untuk diterapkan di sektor pendidikan vokasi sebagai bagian dari strategi jangka panjang menuju institusi yang lebih hijau, efisien, dan berdaya saing tinggi di era digital. Pendekatan ini tidak hanya menawarkan efisiensi energi, tetapi juga model biaya rendah dan mudah direplikasi yang sangat sesuai untuk lembaga vokasional.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan melalui observasi langsung dan wawancara informal di salah satu perguruan tinggi vokasi di Indonesia. Fokus observasi dilakukan pada dua titik utama: ruang Tata Usaha Jurusan dan ruang Tata Usaha Pusat. Berikut ringkasan hasilnya:

1. Ruang Tata Usaha Jurusan
 - a. Absensi menggunakan fingerprint scanner
 - b. Sistem operasional listrik masih manual:
 - 1) Lampu dinyalakan dan dimatikan secara manual
 - 2) AC dinyalakan manual tanpa kontrol suhu otomatis
 - c. Komputer aktif sepanjang hari meski kadang ruangan kosong
 - d. Belum ada sistem pemantauan energi atau sensor otomatisasi

2. Ruang Tata Usaha Pusat
 - a. Absensi juga menggunakan *fingerprint scanner*
 - b. Beberapa sistem otomisasi sudah diterapkan:
 - 1) Pintu masuk otomatis dengan sensor gerak
 - 2) Lampu toilet otomatis berbasis sensor kehadiran
 - c. Namun, lampu ruang kerja, AC, dan komputer masih manual

Dapat disimpulkan bahwa teknologi otomasi di ruang TU jurusan masih sangat terbatas. Hal ini membuka peluang besar untuk penerapan sistem berbasis sensor IoT sederhana yang mampu mengendalikan AC, lampu, dan perangkat lainnya secara otomatis dan efisien.

Berdasarkan hasil wawancara dan observasi, kebutuhan sistem yang diusulkan mencakup:

1. Sensor gerak (PIR) untuk deteksi kehadiran dan mengatur lampu atau AC.
2. Sensor cahaya (LDR/BH1750) untuk mengatur lampu dan mengoptimalkan pencahayaan alami.
3. Sensor suhu (DHT22) untuk mengontrol AC secara otomatis.
4. *Smart Relay (Sonoff/Shelly)* untuk mematikan perangkat saat ruangan tidak digunakan.
5. *ESP32/Raspberry Pi* untuk mengatur dan menghubungkan semua sensor melalui Wi-Fi.
6. *Dashboard monitoring* sederhana untuk mencatat penggunaan energi.

Berdasarkan literatur dan studi lapangan, penerapan sistem IoT berbasis sensor memberikan manfaat nyata di ruang kerja administratif kampus: Pengurangan konsumsi listrik hingga 15–30% dari baseline (berdasarkan referensi dari García-Monge et al., 2023) pada ruang kantor kampus dengan sistem berbasis sensor okupansi dan suhu.

- 1. Peningkatan kenyamanan kerja karena kontrol otomatis AC dan lampu.
- 2. Pengurangan konsumsi energi listrik melalui sistem otomatis menghindari pemborosan saat ruangan kosong.
- 3. Penghematan biaya operasional karena efisiensi

- listrik langsung berdampak pada penurunan tagihan listrik.
- 4. Meningkatkan kesadaran staf terhadap penggunaan energi yang bertanggung jawab.
 - 5. Dukungan pembelajaran vokasional karena mahasiswa dapat dilibatkan dalam perancangan dan instalasi sistem.

Sistem otomatisasi yang disarankan dirancang dengan pendekatan *low cost* dan *open source* sehingga cocok untuk pendidikan tinggi vokasi. Rekomendasi penerapan meliputi:

Tabel 1. Kebutuhan Fungsional, Solusi Teknologi IoT, dan Fungsi Utama dalam Sistem Otomatisasi Energi Kantor Administrasi

Kebutuhan Fungsional	Solusi Teknologi / Sensor IoT	Fungsi Utama
Otomatisasi lampu saat ruangan kosong atau tidak digunakan	Sensor Gerak (PIR HC-SR501)	Mendeteksi pergerakan manusia untuk menghidupkan/mematikan lampu
Menyesuaikan pencahayaan dengan kondisi cahaya alami	Sensor Cahaya (LDR / BH1750)	Mengukur intensitas cahaya untuk menentukan apakah lampu perlu dinyalakan
Menghidupkan/mematikan AC berdasarkan suhu ruangan	Sensor Suhu (DHT22 / DS18B20)	Mendeteksi suhu ruangan dan mengatur AC sesuai dengan batas suhu ideal
Otomatisasi perangkat listrik (komputer, printer, dispenser)	Relay pintar (<i>Sonoff Basic / Shelly 1 / smart plug</i>)	Mengendalikan aliran listrik secara otomatis berdasarkan status sensor
Memonitor konsumsi energi secara <i>real time</i>	Sensor Arus (<i>Current Transformer / ACS712</i>)	Mengukur konsumsi listrik per perangkat atau ruangan secara langsung
Menyimpan dan menampilkan data penggunaan energi	Mikrokontroler + Platform IoT (ESP32 + <i>ThingsBoard</i>)	Mengumpulkan data dari sensor dan mengirimkan ke <i>dashboard</i>
<i>Monitoring</i> penggunaan toilet atau ruang terbatas	Sensor Gerak (PIR) + <i>Timer</i>	Menyalakan lampu toilet secara otomatis dan mematikan setelah ruangan kosong

Untuk merealisasikan sistem otomatisasi berbasis IoT di lingkungan kantor, diperlukan berbagai komponen sensor dan perangkat pendukung. Estimasi biaya berikut disusun

berdasarkan harga pasaran perangkat di wilayah Bandung (Toko Elektronik Sim Lim, Jaya Plaza, Tokopedia) yang diperbarui pada bulan Maret 2025.

Tabel 2. Komponen Sensor dan Estimasi Biaya Penerapan Sistem Otomatisasi Berbasis IoT di Lingkungan Kampus

Komponen	Jumlah	Harga/unit	Subtotal
Sensor gerak (PIR HC-SR501)	3	Rp25.000	Rp75.000
Sensor cahaya (LDR module)	3	Rp15.000	Rp45.000
Sensor suhu (DHT22)	2	Rp35.000	Rp70.000
Smart Relay (Sonoff Basic)	5	Rp65.000	Rp325.000
Mikrokontroler ESP32	2	Rp90.000	Rp180.000
Sensor arus (ACS712)	2	Rp30.000	Rp60.000
Breadboard dan kabel jumper	2 set	Rp20.000	Rp40.000
Power supply adaptor 5V/9V	2	Rp35.000	Rp70.000
Total Estimasi Biaya			Rp865.000

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan dan estimasi biaya perangkat, berikut ini disusun rekomendasi penggunaan teknologi IoT pada berbagai area dan peralatan kantor. Setiap

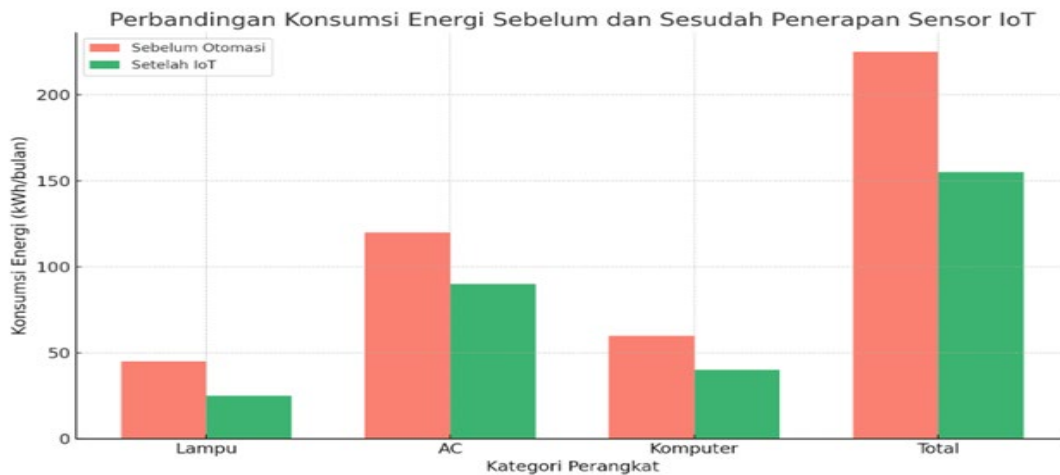
rekomendasi teknologi ditujukan untuk meningkatkan efisiensi energi dengan cara otomatisasi penggunaan listrik sesuai kondisi aktual ruangan dan aktivitas staf.

Tabel 3. Rekomendasi Penggunaan Teknologi IoT untuk Area dan Perangkat di Ruang Kantor Administrasi

Area / Perangkat	Teknologi IoT yang Disarankan	Tujuan Penerapan
Lampu ruang kerja	Sensor gerak dan sensor cahaya	Menghindari lampu menyala saat ruangan kosong atau cukup cahaya alami
AC	Sensor suhu dan <i>timer</i> kontrol	Menyesuaikan suhu ruangan dan mematikan otomatis saat tidak digunakan
Komputer / Printer	Smart relay	Mematikan perangkat saat tidak digunakan
Lampu kamar mandi	Sensor gerak (PIR)	Menghemat energi penggunaan lampu
Monitoring konsumsi energi	Sensor arus dan ESP32 <i>dashboard</i>	Mencatat histori penggunaan energi untuk mengevaluasi langkah selanjutnya

Untuk mengukur efektivitas implementasi teknologi IoT dalam efisiensi energi, dilakukan analisis perbandingan konsumsi energi pada beberapa kategori perangkat di ruang Tata Usaha. Pengukuran dilakukan

sebelum dan sesudah pemasangan sensor otomatisasi berbasis IoT. Berikut ini disajikan grafik yang menunjukkan perubahan konsumsi energi pada masing-masing kategori.



Grafik 1. Perbandingan Konsumsi Energi Listrik pada Lampu, AC, dan Komputer Sebelum dan Sesudah Implementasi Sistem Otomatisasi IoT

Keterangan :

1. Lampu: terjadi penghematan signifikan dari 45 kWh menjadi 25 kWh per bulan, karena otomatisasi berdasarkan keberadaan orang dan cahaya alami.
2. AC: turun dari 120 kWh menjadi 90 kWh per bulan, karena kontrol suhu otomatis dan mati saat ruangan kosong.
3. Komputer: pengurangan dari 60 kWh menjadi 40 kWh per bulan karena perangkat dimatikan otomatis saat tidak digunakan.
4. Total Efisiensi: konsumsi bulanan berkurang dari 225 kWh → 155 kWh, atau sekitar penghematan 31%.

SIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan sistem otomatisasi berbasis *Internet of Things* (IoT) pada ruang administrasi perguruan tinggi vokasi memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan efisiensi energi. Penggunaan sensor gerak, cahaya, dan suhu yang terintegrasi dalam satu sistem mampu mengatur perangkat

elektronik secara otomatis sesuai kebutuhan, sehingga mengurangi pemborosan energi tanpa mengganggu kenyamanan kerja. Selain penghematan operasional, sistem ini juga membuka peluang pembelajaran praktis bagi mahasiswa dalam bidang teknologi terapan.

Berdasarkan temuan tersebut, peneliti merekomendasikan agar institusi pendidikan vokasi mulai mengadopsi pendekatan teknologi rendah biaya ini sebagai bagian dari kebijakan pengelolaan energi kampus. Langkah awal dapat dilakukan pada ruang-ruang yang memiliki aktivitas tinggi dan penggunaan listrik signifikan. Bagi pengelola kampus, penyusunan kebijakan dan alokasi anggaran untuk sistem hemat energi berbasis IoT perlu menjadi prioritas jangka menengah. Selain itu, keterlibatan mahasiswa dalam perancangan dan pengembangan sistem ini dapat diperluas melalui program magang, proyek akhir, maupun kegiatan pengabdian masyarakat

DAFTAR PUSTAKA

Amaxilatis, D., Karvounas, D., Marinakis, V., & Zournazis, G. (2017). An IoT-based solution for monitoring educational buildings. *Sensors*, 17(10), 2296. <https://doi.org/10.3390/s17102296>

Cano-Suñén, E., Pons, M., & Domínguez, J. (2023). Internet of Things (IoT) in Buildings: A Learning Factory. *Sustainability*, 15(16), 12219. <https://doi.org/10.3390/su151612219>

Fotopoulou, E., & Tsagarakis, K. P. (2017). Personalized energy services for smart buildings. *Sensors*, 17(9), 2054. <https://doi.org/10.3390/s17092054>

Franco, A., Crisostomi, E., Leccese, F., Mugnani, A., & Suin, S. (2025). Energy savings in university buildings: The potential role of smart monitoring and IoT technologies. *Sustainability*, 17(1), 111. <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/1/111>

García-Monge, M., Martín-Gómez, C., & Aguayo, F. (2023). Is IoT monitoring key to improve building energy efficiency? *Energy and Buildings*, 113555. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113555>

Gonzalez-Amarillo, C. A., & Cárdenas-García, C. L. (2020). Smart Lumini: A smart lighting system for academic environments using IoT-based open-source hardware. *Revista Facultad de Ingeniería*. <http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-11292020000100022>

Hassan, A. (2022). IoT-based cost-effective smart energy meter with electric theft detection and device-level monitoring [Master's thesis, Swinburne University]. <https://figshare.swinburne.edu.au/articles/thesis/26298349>

Hossain, M., Weng, Z., Schiano-Phan, R., Scott, D., & Lau, B. (2020). Application of IoT and BEMS to visualise the environmental performance of an educational building. *Energies*, 13(15), 4009. <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/15/4009>

Loirenia, R., Pardiñan, E., & Nilo Jr, A. (2020). Energy management practices in state universities and colleges (SUCs): An assessment for an IoT intervention. <https://www.researchgate.net/publication/356880071>

Martínez, I., Rodríguez, J., & Torres, M. (2021). Internet of Things (IoT) as SDG-enabling technology in campus environments. *Sustainability*, 13(14), 7647. <https://doi.org/10.3390/su13147647>

Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (3rd ed.). SAGE Publications.

Palomino Bernal, J. F., & Colmenero Fonseca, F. (2025). Intelligent temperature management in educational spaces. *Buildings*, 15(5), 672. <https://www.mdpi.com/2075-5309/15/5/672>

Pasetti, M., Ferrari, P., Silva, I., & Sisinni, E. (2020). On the use of LoRaWAN for the monitoring and control of distributed energy resources in a smart campus. *Applied Sciences*, 10(1), 320. <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/1/320>

Plageras, A. P., Psannis, K. E., Stergiou, C., Wang, H., & Ishibashi, Y. (2018). Efficient IoT-based sensor data collection-processing for smart buildings. *Future Generation Computer Systems*, 82, 403–412. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.09.082>

Yasuoka, J., Ferreira, V., & Santos, D. (2023). IoT solutions for energy management at a university campus: A case study. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-08-2021-0354>

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). SAGE Publications.

Zaballos, A., Briones, A., Massa, A., & Centelles, P. (2020). A smart campus' digital twin for sustainable comfort monitoring. *Sustainability*, 12(21), 9196. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/21/9196>