

PEMANFAATAN *INTERNET OF THINGS* (IOT) PADA PERANCANGAN SISTEM BANGUNAN CERDAS

Komang Bagus Dwi Widiatama Putra¹, I Nyoman Satya Kumara², I Wayan Sukerayasa³, I Made Arsa Suyadnya⁴

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

^{2,3,4}Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus UNUD, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali 80361

komang.bagus062@student.unud.ac.id¹, satya.kumara@unud.ac.id²,

sukerayasa@unud.ac.id³, arsa.suyadnya@unud.ac.id⁴

ABSTRAK

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah memberikan kontribusi yang signifikan terhadap perancangan sistem bangunan cerdas (*smart building*). Penelitian ini membahas pemanfaatan IoT pada perancangan sistem bangunan cerdas dari penelitian-penelitian yang sudah dilakukan. Fokus pembahasan meliputi penggunaan kontroler, berbagai jenis sensor & perangkat kontrol, dan ruang lingkup sistem. Dengan memahami penggunaan perangkat-perangkat IoT dan pendekatan yang digunakan pada penelitian sebelumnya, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem bangunan cerdas agar lebih adaptif dan efisien di masa mendatang.

Kata kunci : *Internet of Things*, Bangunan Cerdas, Perangkat IoT, Ruang Lingkup Sistem

ABSTRACT

The development of Internet of Things (IoT) technology has made a significant contribution to the design of smart building systems. This research discusses the utilization of IoT in designing smart building systems based on previous studies. The focus of the discussion includes the use of controllers, various types of sensors and control devices, and system scope. By understanding the use of IoT devices and the approaches used in prior research, this study is expected to serve as a reference in the development of smart building systems to be more adaptive and efficient in the future.

Key Words : *Internet of Things, Smart Buildings, IoT Devices, System Scope*

1. PENDAHULUAN

Sejalan dengan perkembangan zaman bersama dengan kemajuan teknologi, kebutuhan akan konservasi, dan efisiensi penggunaan energi juga akan meningkat. Tantangan lingkungan yang terjadi karena konsumsi energi yang berlebihan merupakan dampak negatif yang tidak hanya berdampak pada lingkungan, tetapi juga pada keberlangsungan hidup planet kita [1]. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 33 Tahun 2023 tentang Konservasi Energi, konservasi energi di sektor bangunan gedung disebut sebagai salah satu sektor prioritas bersama transportasi, industri, dan rumah tangga [2].

Dan juga berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Permen PUPR) Nomor 21 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Bangunan Gedung Hijau, diketahui bahwa sektor bangunan memiliki peran besar dalam konsumsi energi secara global. Hal ini mendorong meningkatnya kebutuhan akan bangunan yang dilengkapi teknologi otomatis guna memberikan kemudahan dalam penggunaannya. [3].

Sesuai dengan buku pedoman bangunan cerdas nusantara (2023) penerapan bangunan cerdas menawarkan banyak manfaat seperti pengoptimalan penggunaan energi, meningkatkan

kesehatan dan kenyamanan penghuni gedung, meningkatkan keamanan, meningkatkan produktivitas, dan mengurangi biaya operasional [4].

Penelitian terkait pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) pada bangunan cerdas telah banyak dilakukan pada penelitian sebelumnya. Misalnya, Habibi (2023) mengembangkan sistem monitoring konsumsi energi berbasis sensor listrik dan kontroler Arduino, dengan fokus pada efisiensi penggunaan daya [5]. Ridwan et al. (2024) memanfaatkan NodeMCU dan sensor lingkungan untuk memantau suhu serta kelembaban ruangan, namun belum dilengkapi fitur pengendalian otomatis [6]. Dan masih banyak lagi penelitian lain yang telah dilakukan dengan fokus perancangan yang berbeda-beda.

Penelitian ini menelaah tentang pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) pada perancangan sistem bangunan cerdas yang meliputi penggunaan kontroler, sensor, perangkat kontrol, dan ruang lingkup sistem perancangan sistem bangunan cerdas dari penelitian-penelitian yang sudah dilakukan. Masing-masing perangkat IoT tersebut tentu akan memiliki keunggulan tersendiri dalam hal akurasi ataupun fungsi. Dalam penelitian ini akan dibahas mengenai penggunaan kontroler, penggunaan sensor & perangkat kontrol, dan juga ruang lingkup sistem penerapan daripada perancangan sistem bangunan cerdas, yang bertujuan untuk mengidentifikasi pola perancangan dari penelitian sebelumnya.

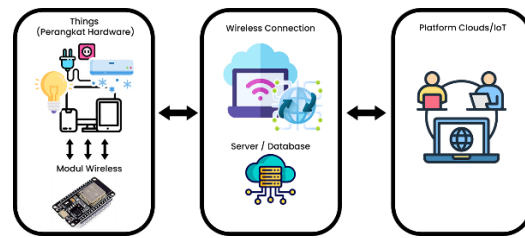
2. Kajian Pustaka

2.1 *Internet of Things*

Internet of Things merupakan konsep yang memungkinkan suatu objek untuk mengirimkan data secara nirkabel melalui jaringan tanpa adanya diperlukan interaksi langsung antar manusia atau antara manusia dengan komputer.

Internet of Things, yang sering disingkat IoT, pada dasarnya adalah sebuah konsep yang bertujuan memperluas pemanfaatan konektivitas internet yang terhubung secara berkesinambungan.

Gambaran kerja *internet of things* disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Cara kerja *Internet of Things*

2.2 Bangunan Cerdas

Bangunan cerdas merupakan sebuah sistem pada bangunan yang diaplikasikan menggunakan bantuan teknologi, dengan tujuan memberikan kenyamanan, keamanan, keselamatan, serta penghematan energi secara terprogram, dengan sistem yang terdapat pada bangunan tersebut. Konsep *smart building*, perlu memperhatikan hal-hal berikut: Efisiensi energi, sistem keamanan, sistem komunikasi, otomatisasi kerja [8].

2.3 NodeMCU

NodeMCU merupakan sebuah *platform open source* berbasis *Internet of Things*. Perangkat keras NodeMCU berupa *System On Chip* yang cocok sebagai kontroler pada perancangan IoT karena sudah terintegrasi dengan konektivitas Wi-Fi. Seri yang paling populer dari NodeMCU adalah NodeMCU ESP32 dan ESP8266 [9].

2.4 Arduino

Arduino adalah papan elektronik yang menggunakan *microcontroller chip* dengan jenis AVR sebagai komponen utamanya, dengan sistem pemrograman yang dirancang agar mudah dipelajari. Arduino biasanya digunakan untuk menyambungkan perangkat kepada pin-pin yang tersedia pada *board*, karena instalasi dan pemrograman yang sederhana. *Board* arduino memiliki beberapa seri seperti Arduino UNO dan Arduino Mega 2560 [10].

2.5 Raspberry-Pi

Raspberry-Pi termasuk kedalam *Single Board Computer* atau SBC dengan kemampuan untuk menjalankan sistem

operasi berbasis Linux atau sistem OS ringan lainnya [11]. Modul mikro komputer ini memiliki *digital port input & output* yang sama dengan *board* mikrokontroler pada umumnya [12].

2.6 PZEM004T

Sensor PZEM-004T, modul sensor yang fungsinya berfokus untuk melakukan pengukuran pada parameter kelistrikan seperti daya, tegangan, arus, dan energi. Sensor multi-fungsi ini dilengkapi dengan sensor arus (CT) yang terintegrasi terhadap sensor. Yang dapat di integrasikan melalui NodeMcu atau platform *open source* lainnya [13].

2.7 ACS712

Sensor ACS712 merupakan sensor arus listrik DC dan arus AC yang presisi yang sering digunakan didalam dunia industri, komersil bahkan pada sistem komunikasi [14].

2.8 DHT11 & DHT 22

DHT11 & DHT22, sensor yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembapan pada lingkungan dengan harga yang ekonomis. Kedua sensor tersebut mengukur suhu dan kelembapan pada lingkungan seperti ruangan dengan data dikeluarkan melalui pin data dalam bentuk sinyal digital [15].

2.9 MQ2 & MQ135

MQ-2 & MQ135 merupakan sensor untuk mendeteksi keberadaan asap, gas dan melakukan pengukuran kualitas udara dengan rentang pengukuran 200 ppm hingga 10.000 ppm. Sensor asap MQ-2 sangat berguna dalam sistem keamanan, detektor kebakaran, dan aplikasi pemantauan udara lainnya [16].

2.10 PIR (Passive Infrared Receiver)

Sensor PIR adalah sensor yang berbasis pada *infrared*. Sensor PIR hanya akan merespons energi yang berasal dari pancaran sinar inframerah pasif. Sensor ini biasanya hanya akan mendeteksi pergerakan tubuh manusia [17].

2.11 LDR (Light Dependent Resistor)

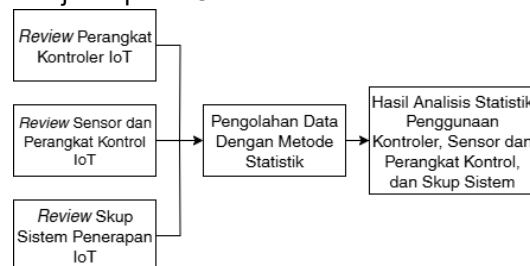
Light Dependent Resistor (LDR) merupakan salah satu bentuk resistor yang memiliki hambatan berdasarkan pengaruh dari cahaya. Dengan resistansi LDR dalam keadaan gelap dan dalam keadaan terang yang berbeda yaitu dengan rentang 10 M Ω sampai 1K Ω [18].

2.12 Relay Module

Relay module merupakan perangkat yang bekerja dengan landasan prinsip elektromagnetik untuk merubah posisi *HIGH* ke *LOW* atau sebaliknya dengan menggunakan energi listrik. Efek induksi magnet merupakan hal yang memungkinkan hal itu terjadi. Efek induksi magnet dihasilkan oleh kumparan induksi listrik pada modul [13].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini meninjau atau melakukan *review* tentang penerapan dan implementasi *Internet of Things* (IoT) pada sistem bangunan cerdas atau *smart building* dari *paper* dalam kurun waktu 6 tahun terakhir di Indonesia. Pada penelitian ini, metode yang digunakan memiliki tujuan untuk memberikan gambaran tentang penerapan sistem *Internet of Things* (IoT) yang meliputi perangkat kontroler, sensor dan perangkat kontrol, dan juga ruang lingkup sistem yang termasuk dalam perancangan pada sistem bangunan cerdas pada *paper*. Kerangka pemikiran studi disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Kerangka Literatur Review

Penelitian ini menelaah data sekunder yang bersumber dari jurnal, prosiding, dan sumber informasi lainnya yang membahas tentang implementasi *Internet of Things* (IoT) pada sistem

bangunan cerdas. Data yang dikumpulkan berupa penggunaan kontroler pada sistem, penggunaan sensor dan perangkat kontrol pada sistem, dan juga ruang lingkup sistem yang diterapkan. Yang selanjutnya dilakukan analisis statistik untuk mendapatkan kesimpulan mengenai jenis kontroler, sensor, perangkat kontrol, dan ruang lingkup sistem yang banyak diterapkan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa topik penerapan *Internet of Things* (IoT) pada perancangan sistem bangunan cerdas telah banyak dibahas dalam literatur. Pembahasan umum dari masing-masing literatur disajikan dalam Tabel 1, meliputi kajian yang telah ditelaah pada masing-masing sub bab dari literatur yang dikaji.

Tabel 1. Rangkuman Penelitian IoT Pada Referensi *Paper* Bangunan Cerdas

Topik & Peneliti	Metode & Lingkungan	Perangkat IoT & Ruang Lingkup Sistem
Kajian pentingnya <i>Internet of Things</i> dalam penerapan bangunan cerdas, dengan studi kasus pada ESP8266 dan prediksi konsumsi energi Albanna et al. (2021) [19]	Rancang bangun sistem IoT prediksi penggunaan energi dengan ESP8266, pada sistem bangunan cerdas. Lingkungan eksperimen berupa dua ruang (dengan dan tanpa kendali IoT)	ESP8266, ACS741 (Sensor Arus), <i>Relay Module</i> <i>Monitoring</i> dan kontrol konsumsi energi secara <i>remote</i>
Sistem pemantauan konsumsi listrik pada bangunan pintar berbasis teknologi IoT. Rahman et al. (2024) [20]	Rancang bangun dan uji sistem pemantauan penggunaan energi listrik pada bangunan pintar Pengujian pada beban rumah tangga (450–1300 VA)	ESP32, sensor PZEM04T, <i>relay</i> , LCD, Komunikasi via MQTT (Wi-Fi) <i>Monitoring real-time</i> , deteksi beban lebih, kontrol & notifikasi jarak jauh
Perancangan sistem IoT yang berfokus pada penggunaan energi di gedung bertingkat dengan pendekatan IoT Wisaksono et al. (2020) [21]	Sistem IoT untuk memantau dan mengendalikan penggunaan energi pada gedung memanfaatkan dua unit NodeMCU. Uji coba di berbagai kondisi beban dan jarak <i>smartphone</i>	NodeMCU ESP8266, sensor PZEM-004T, <i>relay 4 channel</i> , aplikasi Blynk, LCD <i>Monitoring</i> konsumsi listrik & kontrol beban, multi-lantai
Pembuatan prototipe <i>smart office</i> berbasis IoT untuk mendukung sistem otomasi bangunan Sujadi et al. (2019) [22]	Pengembangan IoT dengan metode Waterfall dan RUP pada gedung kantor pintar. Prototipe terdiri dari 3 <i>subsistem</i> : <i>office</i> , taman pintar, dan robot keamanan	Arduino Mega 2560, Arduino Uno R3, Raspberry Pi, sensor RFID, DHT11, LDR, soil moisture, ultrasonic HC-SR04, IR, motor DC, servo, relay, LCD, modul bluetooth HC-05 Otomatisasi dan pemantauan keamanan
Perancangan otomatisasi sistem pada rumah kos bertingkat Darmawan et al. (2023) [23]	Pengembangan sistem IoT suhu, kelembaban, dan pencahayaan bangunan kos.	ESP32, sensor DHT11 & LDR, relay, blower, dan lampu LED.

	Pengujian dilakukan pada miniatur rumah kos 3 lantai.	<i>Monitoring</i> , serta kontrol otomatis
Optimalisasi penggunaan pendingin ruangan pada konsep kelas cerdas	Pengembangan sistem kontrol pendingin berbasis IoT pada bangunan kelas.	ESP8266, sensor PIR, laser, DHT11, infrared, Firebase, dan aplikasi Android.
Hareva et al. (2020) [24]	Diuji coba pada ruang kelas dengan integrasi jadwal, sensor, dan aplikasi Android.	<i>Monitoring</i> kehadiran & suhu, serta kontrol otomatis pendingin.
Rancang bangun dan penerapan sistem pendingin udara pintar berbasis IoT di gedung kampus untuk efisiensi energi	Pendekatan eksperimen: perancangan, implementasi, dan evaluasi sistem pendingin pada bangunan kampus	Sensor suhu & kelembaban, Raspberry Pi, aktuator AC.
Saputri et al. (2025) [25]	Diuji di Gedung Kampus Dharma Wacana dengan pemantauan suhu dan kelembaban <i>real-time</i> .	<i>Monitoring</i> suhu dan kelembaban, serta kontrol otomatis pendingin berbasis logika fuzzy.
Penerapan konsep <i>smart home</i> untuk pengendalian lampu dengan basis IoT pada studi kasus perumahan	Pengembangan sistem kontrol lampu dengan metode <i>prototyping</i> pada <i>smart home</i> .	Wemos D1 Mini, relay 5V, sistem kontrol berbasis web, akses via <i>smartphone</i> .
Butsianto et al. (2019) [26]	Implementasi pada rumah tinggal, diuji dengan <i>black-box testing</i> .	<i>Monitoring</i> dan kontrol penggunaan lampu secara jarak jauh.
Simulasi sistem kontrol dan <i>monitoring</i> lampu serta AC pada asrama Alpha dengan <i>Building Automation System</i> berbasis IoT	Rancang bangun sistem kontrol dan <i>monitoring</i> otomatis lampu & AC.	Arduino Mega 2560, ESP-01, relay, sensor PZEM-004T, GSM SIM800L, LCD 20×4.
Haniifah et al. (2020) [27]	Uji coba dilakukan di Asrama Alpha Politeknik Penerbangan Surabaya.	<i>Monitoring</i> dan kontrol otomatis perangkat listrik melalui web dan SMS <i>gateway</i> .
Pemanfaatan sistem IoT untuk pemantauan energi listrik pada bangunan pintar.	Observasi, wawancara, dan studi literatur dengan rancang bangun sistem pada rumah.	ESP32, sensor PZEM-004T, CT arus, LCD, MQTT, panel kontrol 40×30 cm.
Rahman et al. (2024) [28]	Implementasi dan uji coba dilakukan langsung di rumah pengguna.	<i>Monitoring</i> konsumsi energi listrik dan kontrol penggunaan daya berlebih secara <i>real-time</i> .
Sistem kendali hemat energi untuk gedung bertingkat menggunakan IoT	Perancangan sistem, implementasi, dan pengujian perangkat kontrol berbasis <i>smartphone</i> pada gedung bertingkat.	Raspberry Pi, <i>relay board</i> , sensor PIR, sensor asap, sensor ultrasonic, webcam, MCB, modem router, <i>smartphone</i> .
Tjandi et al. (2022) [29]		

	Lingkungan uji berupa simulasi gedung bertingkat.	<i>Monitoring</i> dan kontrol otomatis perangkat berbasis IoT.
<i>Pemantauan</i> dan pengendalian sistem bangunan cerdas dengan teknologi IoT. Farid (2017) [30]	Perancangan prototipe <i>smart building</i> meliputi analisis kebutuhan, desain, perakitan Pengujian prototipe gedung skala kecil berbasis Android.	Arduino Mega2560, sensor DHT11, LDR, ESP8266, relay, LCD, <i>push button</i> . <i>Monitoring & kontrol</i> lampu jarak jauh
Rumah pintar dengan sistem kendali jarak jauh berbasis web Muharam et al. (2018) [31]	Perancangan sistem rumah pintar berbasis IoT dan NCS menggunakan Raspberry Pi sebagai server & pengendali. Pengujian pada model rumah pintar skala kecil dengan simulasi gangguan jaringan internet.	Raspberry Pi 3 Model B, relay, motor servo, lampu, kipas, <i>buzzer</i> . <i>Monitoring</i> status perangkat & kontrol jarak jauh lampu, kipas, pintu garasi, dan alarm
Rancang bangun gudang cerdas berbasis IoT untuk memantau kondisi lingkungan gudang Firmansyah et al. (2024) [32]	Perancangan sistem <i>smart warehouse</i> . Analisis kebutuhan, desain, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Uji coba dilakukan pada miniatur gudang untuk memantau dan kontrol sistem	NodeMCU ESP8266, sensor DHT21, BH1750, MQ-135, PIR, KY-026, relay, <i>buzzer</i> . <i>Monitoring real-time</i> , serta kontrol otomatis perangkat gudang melalui web dan Telegram
Sistem lampu pintar pada <i>smart home</i> berbasis Android dengan metode Fuzzy Logic Control Ade Putra et al. (2018) [33]	Perancangan sistem kendali lampu cerdas dengan metode fuzzy Pengujian pada kondisi pencahayaan pagi, siang, sore, dan malam.	Arduino Uno, Wemos D1 Mini Pro, 2 sensor lux, <i>dimmer</i> , <i>smartphone</i> Android. <i>Monitoring</i> intensitas cahaya & kontrol otomatis/manual tingkat kecerahan lampu
<i>Smart home</i> dengan basis ESP8266 menggunakan komunikasi melalui Telegram Messenger. Wahyu Purnawan et al. (2019) [34]	Pengembangan sistem smart home berbasis arsitektur client-server menggunakan NodeMCU ESP8266 V3 dengan antarmuka Telegram Messenger. Pengujian meliputi jarak, RSSI, QoS, dan <i>obstacle</i> pada lingkungan <i>indoor</i> dan <i>outdoor</i> .	NodeMCU ESP8266 V3, sensor DS18B20, sensor MQ-2, relay, LED, kipas, LCD <i>Monitoring</i> suhu & kebocoran gas, kontrol otomatis kipas, kontrol manual lampu jarak jauh via Telegram

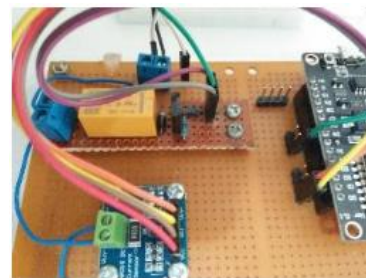
Penerapan sistem BAS menggunakan Raspberry Pi Habibi (2023) [5]	Perancangan BAS meliputi analisis kebutuhan, desain, implementasi, dan uji coba sistem IoT. Sistem diuji pada lingkungan kerja UD Bima Baru.	Raspberry-Pi, SHT11, PIR, sensor MQ-2, PZEM-004T, modul relay <i>Monitoring</i> dan kontrol otomatis dengan notifikasi Telegram
Pengembangan sistem kontrol HVAC pada <i>smart building</i> dengan tujuan efisiensi energi Pratama et al. (2024) [15]	Rancang bangun dan pengujian prototipe kontrol HVAC berbasis IoT pada bangunan cerdas. Pengujian dilakukan pada miniatur bangunan <i>smart building</i> .	ESP32, DHT11, LDR, <i>Flame sensor</i> , sensor arus ACS712, relay, <i>blower</i> , <i>buzzer</i> , lampu, platform Blynk. <i>Monitoring</i> serta kontrol otomatis perangkat dan keamanan.
Sistem kontrol dan integrasi sensor suhu & kelembaban, kualitas udara, dan okupansi berbasis Arduino Ridwan et al. (2024) [6]	Rancang bangun sistem IoT kontrol suhu ruangan, Eksperimen berbasis logika fuzzy Simulasi pada ruangan skenario suhu, kelembaban, CO ₂ , dan okupansi	Arduino Mega 2560, DHT22, MQ-135, PIR HC-SR501, LDR, Relay, Kipas, Motor Servo, ESP8266, Modul Bluetooth HC-05 <i>Monitoring & Kontroling</i>

4.1 Penggunaan Kontroler

Beberapa *paper* dan penelitian menggunakan jenis kontroler IoT yang beragam, masing-masing kontroler mempunyai kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Setelah dilakukan analisis, terdapat kontroler yang paling populer digunakan yaitu diantaranya, *microchip* NodeMCU ESP32, ESP8266, dan Raspberry-Pi. Selain itu juga terdapat penelitian yang menggunakan kontroler arduino seperti, Arduino Mega 2560, dan Arduino UNO.

Albanna et al. (2021) melakukan penelitian yang membahas tentang Rancang bangun sistem IoT prediksi penggunaan energi pada bangunan cerdas yang menggunakan kontroler ESP8266. Pada penelitian ini kontroler ESP8266 berfungsi sebagai unit pengolah data dan komunikasi antar perangkat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem prediksi energi pada bangunan cerdas berbasis IoT yang menggunakan ESP8266 sebagai kontrolernya dapat berjalan dengan baik dan dapat menyediakan fleksibilitas dalam

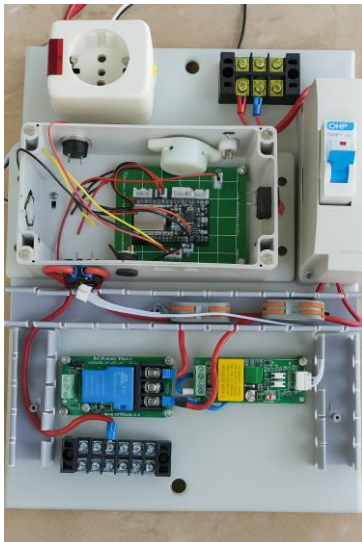
pemantauan dan kontrol konsumsi energi dengan kendali jarak jauh berbasis internet, yang memiliki potensi memberikan penghematan konsumsi energi listrik pada bangunan sekitar 50%. Rangkaian perangkat IoT pada penelitian terlihat pada Gambar 3 [19].



Gambar 3. Prototipe IoT Perekaman Energi Listrik Dengan Kontroler ESP8266 Pada Bangunan Cerdas [19]

Kontroler NodeMCU ESP32, merupakan penerus dari generasi sebelumnya yaitu NodeMCU ESP8266. Walaupun ESP8266 masih banyak digunakan pada perancangan sistem berbasis IoT karena harga yang lebih ekonomis, namun fitur dari NodeMCU ESP32 merupakan sebuah *upgrade*

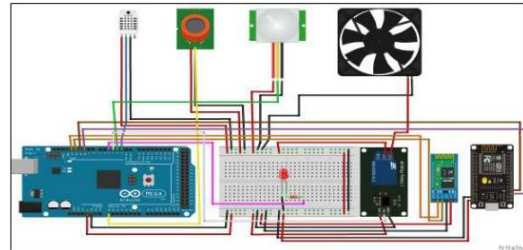
daripada ESP8266 [15]. Penelitian yang dilakukan oleh Rahman et al. (2024) membahas mengenai perancangan sistem bangunan pintar berbasis IoT yang berfokus kepada sistem pemantauan energi penggunaan listrik menggunakan kontroler ESP32. Sistem dirancang untuk memonitor penggunaan energi listrik dan memberikan notifikasi jika terjadi beban berlebih. Pengujian alat menunjukkan bahwa alat ini berhasil mendeteksi beban berlebih dengan akurasi yang tinggi. Hasil ini menandakan bahwa alat ini layak digunakan dalam aplikasi pemantauan dan kontrol energi, serta dapat membantu mencegah terjadinya tegangan berlebih pada sistem listrik. Perancangan elektrikal perangkat IoT pada penelitian menggunakan ESP32, dapat dilihat pada Gambar 4 [20]



Gambar 4. Prototipe Perangkat IoT Menggunakan Board ESP32 Pada Bangunan cerdas [20]

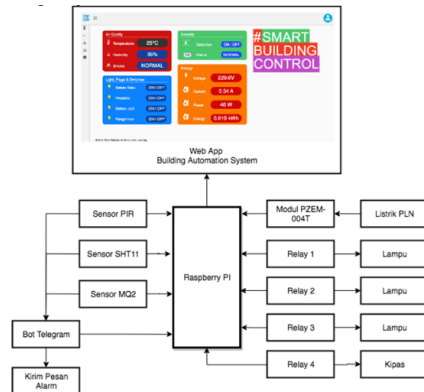
Penelitian dan perancangan sistem IoT pada *smart building* yang menggabungkan board arduino dengan mikrokontroler NodeMCU telah dikaji oleh Ridwan et al. (2024). Penelitiannya berfokus kepada merancang dan pengembangan sistem kontrol suhu ruangan cerdas dengan integrasi sensor suhu & kelembaban, kualitas udara, dan okupansi. Dalam perancangan ini digunakan dua kontroler yang terintegrasi, di mana data dari setiap sensor diproses oleh Arduino Mega 2560 sebagai pusat kontrol sistem. Modul

ESP8266 berfungsi untuk mengirimkan data ke server sehingga pemantauan jarak jauh memungkinkan untuk dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kendali berbasis Arduino dan algoritma logika fuzzy mampu membangun lingkungan yang optimal serta efisien dalam penggunaan energi. Berdasarkan pembacaan sensor, penerapan logika fuzzy, dan pengendalian aktuator, sistem dapat beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang berubah-ubah. Gambar perancangan rangkaian koneksi kontroler Arduino Mega 2560 dan ESP8266 dengan sensor dan aktuator pada perancangan sistem disajikan pada Gambar 5 [6].



Gambar 5. Rancangan Rangkaian Sistem Dengan Kontroler Arduino Mega 2560 dan ESP8266 Pada Bangunan Cerdas [6]

Raspberry-Pi merupakan mini komputer yang berfungsi sebagai kontroler pada perancangan IoT pada sistem *smart building*. Pada penelitian yang dilakukan oleh Habibi (2023), Raspberry-Pi digunakan sebagai pusat kontrol utama serta sistem *monitoring Building Automation System* (BAS) pada bangunan [5]. Raspberry-Pi digunakan dikarenakan performa yang tinggi jika dibandingkan dengan kontroler lain, dan dapat melakukan pemrosesan data yang kompleks karena memiliki sistem komputer mini dan memiliki OS tersendiri [35]. Hasil pengujian dari penelitian, memperlihatkan sistem bekerja dengan baik yang memungkinkan pengguna untuk dapat memantau kondisi kerja dan dapat meningkatkan keselamatan kerja pada UD. Bima Baru. Blok diagram dari perancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 6 [5].

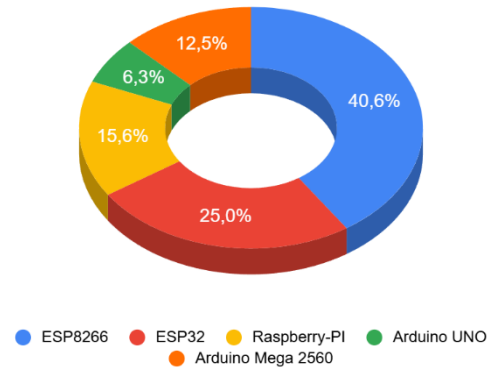


Gambar 6. Blok Diagram Perancangan Sistem IoT Menggunakan Kontroler Raspberry-Pi Pada Bangunan Cerdas [5]

Berdasarkan hasil tinjauan literatur, masing-masing penelitian menggunakan kontroler yang beragam, seperti yang sudah dijabarkan pada Gambar 7. Dalam penggunaan, kontroler NodeMCU ESP32 menjadi kontroler yang paling banyak digunakan pada perancangan bangunan pintar berbasis IoT dibandingkan dengan ESP8266, Raspberry-Pi, maupun Arduino. Yang dimana NodeMCU ESP32 memiliki

presentase penggunaan terbesar yaitu 40,6%. Yang selanjutnya dilakukan analisis terhadap *paper* yang telah ditinjau menunjukkan kelebihan dan kekurangan pada masing-masing kontroler yang digunakan, sebagaimana dirangkum pada Tabel 2.

Penggunaan Perangkat Kontroler



Gambar 7. Diagram Penggunaan Perangkat Kontroler IoT pada Bangunan Cerdas

Tabel 2. Kelebihan dan Kekurangan Kontroler

Kontroler	Kelebihan	Kekurangan	Rekomendasi Penggunaan
ESP8266	Mendukung koneksi Wi-Fi bawaan, harga ekonomis	Kapasitas pin dan memori terbatas	Perancangan sistem IoT sederhana
ESP32	Kinerja tinggi, <i>dual-core</i> , banyak koneksi pin GPIO, dan fitur konektivitas lengkap (Wi-Fi, Bluetooth)	Harga dan konsumsi daya lebih tinggi dibanding ESP8266,	Perancangan sistem IoT yang membutuhkan lebih banyak PIN dan konektivitas
Raspberry-Pi	Komputer mini dengan OS tersendiri, kompatibel dengan banyak bahasa pemrograman, mendukung modul eksternal, GPIO, dan fitur konektivitas lengkap	Harga dan konsumsi daya tinggi jika dibandingkan dengan kontroler lain, <i>boot time</i> tinggi, dan bukan <i>real-time system</i>	Perancangan sistem IoT kompleks atau pengolahan data tingkat lanjut.
Arduino UNO	Mudah digunakan karena sederhana	Tidak mempunyai fitur konektivitas untuk implementasi IoT	Digunakan sebagai sandingan mikrokontroler yang memiliki fitur konektivitas sebagai <i>board</i> tambahan
Arduino Mega 2560	Mempunyai lebih banyak pin dan memori dibandingkan Arduino UNO, cocok untuk proyek berskala besar	Tidak mempunyai fitur konektivitas untuk implementasi IoT	Digunakan sebagai sandingan mikrokontroler yang memiliki fitur konektivitas sebagai <i>board</i> tambahan

4.2 Penggunaan Sensor Dan Perangkat Kontrol

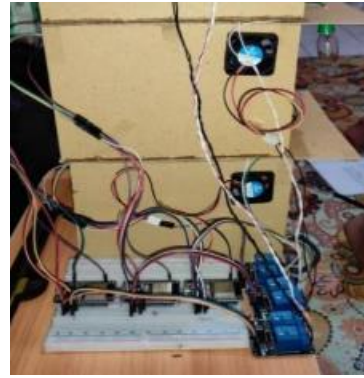
Penggunaan sensor dan perangkat kontrol pada *paper* yang telah ditinjau memiliki keragaman yang tinggi. Sensor dipilih dan digunakan disesuaikan dengan fokus apa yang ingin dicapai pada perancangan sistem bangunan cerdas berbasis *Internet of Things* yang dilakukan.

Terdapat beberapa penelitian mengenai pemanfaatan sensor IoT dalam pemantauan dan penghematan penggunaan energi listrik khususnya pada bangunan pintar, penggunaan sensor PZEM004T dikaji oleh Rahman et al. (2024) dan penggunaan sensor ACS712 yang dikaji oleh Pratama et al. (2024). Penelitian ini berfokus pada meningkatkan efisiensi energi khususnya pada bangunan pintar. Pengembangan infrastruktur IoT dilakukan dengan implementasi platform *monitoring*, analisis data, notifikasi, dan kontrol beban. Pada penelitian penggunaan sensor PZEM004T Didapatkan hasil bahwa alat terbukti efektif dan memungkinkan deteksi dini terhadap beban listrik yang melebihi batas 880watt. Perancangan keseluruhan pada penelitian disajikan pada Gambar 8 [28].



Gambar 8. Perancangan Keseluruhan Penggunaan Sensor PZEM004T Pada Bangunan Cerdas [28]

Pada penelitian penggunaan sensor ACS712 didapatkan bahwa dengan penerapan sistem IoT penghematan energi telah menjadi lebih efisien dengan hasil uji penggunaan energi sebelum penerapan 444.78 kWh/hari menjadi 222,39 kWh/hari. Prototipe penerapan sistem dapat dilihat pada Gambar 9 [15].



Gambar 9. Prototipe Perancangan Keseluruhan Penggunaan Sensor ACS712 Pada Bangunan Cerdas [15]

Penggunaan sensor IoT pada sistem deteksi kondisi lingkungan seperti suhu & kelembapan (DHT22/DHT11), asap/kualitas udara (MQ2/MQ135), okupansi (PIR), dan kondisi pencahayaan (LDR) juga menjadi penerapan yang sangat banyak dilakukan pada sistem bangunan cerdas. Faktor kenyamanan dan keamanan menjadi manfaat yang dapat didapat dari penerapan sistem tersebut. Penelitian oleh Ridwan et al. (2024) meliputi semuanya yaitu, menerapkan sistem *monitoring* suhu & kelembapan menggunakan sensor DHT22, deteksi konsentrasi CO₂ (kualitas udara menggunakan sensor MQ135, dan deteksi tingkat hunian ruangan (okupansi) menggunakan sensor (PIR). Pada pengujian dilakukan dengan menyimulasikan berbagai kondisi lingkungan, dengan hasil yang menunjukkan sistem dapat beradaptasi terhadap perubahan kondisi lingkungan dengan akurat dan cepat [6]

Perangkat kontrol adalah komponen hardware dalam sistem IoT yang berfungsi memungkinkan pengguna mengatur status perangkat elektronik. Dalam perancangan, jenis perangkat kontrol yang paling sering digunakan adalah modul relay. Penelitian yang dilakukan oleh Firmansyah et al. (2024) berfokus pada pengembangan sistem bangunan cerdas berbasis IoT pada gudang. Para perancangan yang dilakukan meliputi perangkat kontrol yaitu *relay module* yang terintegrasi pula kepada sensor yang membuat pengguna memiliki kemampuan untuk mengontrol perangkat

seperti kipas dan lampu serta terdapat fitur otomatisasi berdasarkan *input* dari sensor [32]. Prototipe dari penerapan perancangan *smart warehouse* pada penelitian terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Miniatur Sistem Gudang Pintar Menggunakan *Relay Module* [32]

Berdasarkan tinjauan literatur, penggunaan sensor pada perancangan sistem bangunan cerdas sangat beragam dikarenakan perbedaan daripada fokus dan kebutuhan dari perancangan sistem bangunan cerdas tersebut. Dilakukan *mapping* penggunaan sensor dan perangkat kontrol dari tinjauan literatur yang dibagi menjadi 3 kelompok sistem yaitu, sistem pemantauan penggunaan energi listrik dengan sensor yang digunakan yaitu PZEM004T & ACS712, sistem deteksi kondisi lingkungan dengan sensor yang digunakan yaitu DHT22/DHT11, MQ2/MQ135, PIR, dan LDR, dan terakhir sistem dengan penggunaan perangkat kontrol yaitu *relay module*. Hasil *mapping* dari penggunaan sensor dan perangkat kontrol dapat diperhatikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Penerapan Sensor dan Perangkat Kontrol IoT Pada Bangunan Cerdas

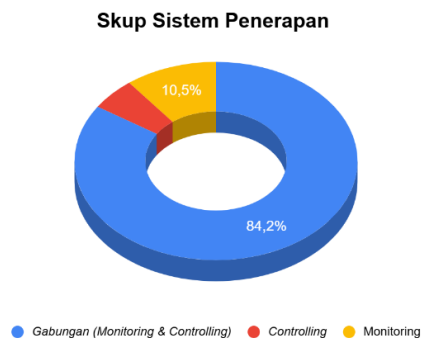
Sensor & Kontrol	Penelitian
Sistem Pemantauan Penggunaan Energi Listrik (PZEM004T & ACS712)	[5], [20], [28], [27], [21], [15], [19]
Sistem Deteksi Kondisi Lingkungan (DHT22/DHT11, MQ2/MQ135, PIR, dan LDR)	[22], [23], [24], [25], [6], [15], [5], [34], [32], [30], [29]
Sistem Perangkat Kontrol (<i>Relay Module</i>)	[19], [20], [21], [22], [15], [5], [34], [32], [31], [30], [27], [26]

4.3 Ruang Lingkup Sistem Penerapan

Ruang lingkup sistem merupakan ruang lingkup dari perancangan sistem bangunan cerdas pada tinjauan literatur, yang meliputi fungsi atau area yang menjadi fokus utama dari sistem tersebut. Variasi dari ruang lingkup sistem pada perancangan bangunan cerdas dapat divariasikan menjadi 3, yaitu diantaranya *monitoring*, *controlling*, dan gabungan (*monitoring & controlling*). Hasil *mapping* variasi penerapan ruang lingkup sistem pada tinjauan literatur dapat diperhatikan pada Tabel 4 dan Gambar 11.

Tabel 4. Penerapan ruang lingkup Sistem IoT pada Bangunan Cerdas

Ruang Lingkup Sistem	Penelitian
<i>Controlling</i>	[26]
<i>Monitoring</i>	[6], [28]
Gabungan	[24], [15], [5], [34], [30], [29], [27], [31], [32], [33], [25], [23], [22], [21], [19], [20]



Gambar 11. Penerapan Ruang Lingkup Sistem IoT pada Bangunan Cerdas

Berdasarkan hasil *mapping* pada tinjauan literatur, ruang lingkup sistem pada perancangan sistem bangunan cerdas berbasis IoT mayoritas dilakukan dengan ruang lingkup sistem gabungan (*monitoring & controlling*) dengan nilai persentase yaitu 84,2% penerapan. Dengan melakukan perancangan ruang lingkup sistem gabungan tentu akan berarti bahwa sistem yang dirancang lengkap dan dapat meningkatkan fungsi dari sistem bangunan cerdas itu sendiri. Sebaliknya ketika hanya merancang ruang lingkup sistem *monitoring* atau *controlling* saja, akan ada banyak ruang untuk dilakukannya pengembangan pada perancangan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil tinjauan literatur terhadap masing-masing penelitian yang membahas penerapan *Internet of Things* (IoT) pada sistem bangunan cerdas, dapat disimpulkan:

1. Penggunaan kontroler, sensor, perangkat kontrol, dan penerapan ruang lingkup sistem memiliki berbeda-beda berdasarkan fokus dan tujuan dari dilakukannya perancangan sistem bangunan cerdas pada penelitian
2. Penggunaan kontroler dipilih berdasarkan fungsi dan keperluan dari sistem bangunan cerdas yang dirancang, sebagaimana bahwa setiap kontroler mempunyai kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Kontroler yang paling banyak digunakan adalah NodeMCU ESP32 dengan

persentase penggunaan yaitu 40,6%. Ini dikarenakan ESP32 memiliki kinerja tinggi dengan fitur dan konektivitas yang dapat diandalkan sehingga cocok dalam penerapan *Internet of Things*.

3. Sensor dan perangkat kontrol memiliki peran yang sangat penting, yang berfungsi sebagai *input* dan *output* dari sebuah sistem IoT. Penggunaan sensor juga sangatlah beragam. Berdasarkan tinjauan literatur, sensor PZEM004T dan ACS712 menjadi sensor yang cukup populer dalam penerapan sistem pemantauan penggunaan energi listrik. Untuk sistem deteksi lingkungan sensor DHT22/DH11 menjadi pilihan untuk sensor deteksi suhu & kelembapan, sensor MQ2/MQ135 untuk deteksi asap dan kualitas udara, sensor PIR untuk deteksi gerak atau okupansi, dan sensor LDR sebagai sensor deteksi pencahayaan. Selain itu penggunaan perangkat kontrol yaitu *relay module* juga banyak dilakukan yang memungkinkan pengguna untuk mengontrol perangkat elektronik yang terintegrasi sistem.
4. Ruang lingkup sistem gabungan merupakan ruang lingkup sistem yang paling banyak diterapkan dalam perancangan sistem bangunan cerdas berbasis IoT. ruang lingkup sistem gabungan memungkinkan untuk memanfaatkan potensi sistem IoT secara lebih maksimal, dengan fitur *monitoring* dan *controlling* sekaligus.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Handri, Z. Taqiuddin, and K. Huda, "Bangunan Pintar dan Penerapannya di Indonesia," *RAUT: Jurnal Arsitektur dan Perencanaan*, vol. 10, no. 2, pp. 40–51, Dec. 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.29080/alard.v3i2.334>.
- [2] Republik Indonesia and Pemerintah Pusat, *Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 33 Tahun 2023 tentang Konservasi Energi*. 2023.

- [3] Republik Indonesia and Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, "Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 21 Tahun 2021 tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau," 2021.
- [4] M. A. Berawi, Y. A. Yatmo, M. Sari, S. P. Larasati, and E. Roberts, *Pedoman Bangunan Cerdas Nusantara Transformasi Hijau dan Digital*. Daerah Khusus Ibukota Jakarta: Otorita Ibu Kota Nusantara 2023, 2023.
- [5] A. R. Habibi, "Implementasi Building Automation System (BAS) Menggunakan Raspberry PI Pada UD.Bima Baru," *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, vol. 17, no. 2, pp. 139–146, 2023.
- [6] A. Ridwan, A. Prabowo, V. Theonardo, and W. Angelo, "Pengembangan Sistem Kontrol Suhu Ruangan Cerdas Berbasis Arduino dengan Integrasi Sensor Kelembaban, CO₂, dan Occupancy," in *UNPRI PRESS 2024*, 2024, pp. 1–15.
- [7] T. Rachmadi, *Mengenal Apa itu Internet Of Things : Cara Menghadapi Industry 4.0 Dimana Kita Diharuskan Serba Digital Terus Mempelajari Teknologi Baru Atau Anda Akan Tertinggal Oleh Zaman*, 1st ed. Tiga Ebook, 2020.
- [8] A. T. Susanto and H. Purwoko, "PERANCANGAN PROYEK KANTOR MITRA SURYA DENGAN PENDALAMAN SMART BUILDING SYSTEM," *kreasi*, vol. 8, no. 2, pp. 16–29, Apr. 2023, doi: <https://doi.org/10.37715/kreasi.v8i2.4490>.
- [9] M. Artiyasa, A. N. Rostini, Edwinanto, and A. P. Junfithrana, "APLIKASI SMART HOME NODE MCU IOT UNTUK BLYNK," *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*, vol. 7, no. 1, pp. 1–7, Sep. 2020.
- [10] E. Budhy Prasetya, "Pemantau Kebocoran Ac Menggunakan Sensor Yl83 Dan Lm35dz Berbasis Mikrokontroler Arduino Melalui Webserver," *Jurnal Elektum*, vol. 14, no. 2, doi: 10.24853/elektum.14.2.49-56.
- [11] B. A. Pramono, A. Hendrawan, and A. F. Daru, "RASPERRY PI DENGAN MODUL KAMERA DAN MOTION SENSOR SEBAGAI SOLUSI CCTV LAB FTIK UNIV. SEMARANG," *Jurnal Pengembangan Rekayasa dan Teknologi*, vol. 14, no. 1, pp. 5–9, May 2018, doi: 10.26623/jprt.v14i1.1213.
- [12] Z. Muslimin, M. A. Wicaksono, M. F. Fadlurachman, and I. Ramli, "Rancang Bangun Sistem Keamanan dan Pemantau Tamu pada Pintu Rumah Pintar Berbasis Raspberry Pi dan Chat Bot Telegram," *Jurnal Penelitian Enjiniring*, vol. 23, no. 2, pp. 121–128, Nov. 2019, doi: 10.25042/jpe.112019.05.
- [13] A. P. W. Hendrawan and N. P. Agustini, "Simulasi Kendali Dan Monitoring Daya Listrik Peralatan Rumah Tangga Berbasis ESP32," *ALINIER JURNAL*, vol. 3, no. 1, pp. 55–68, May 2022, doi: 10.36040/aliner.v3i1.4855.
- [14] T. Ratnasari and ; Adri Senen, "PERANCANGAN PROTOTYPE ALAT UKUR ARUS LISTRIK AC DAN DC BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO DENGAN SENSOR ARUS ACS-712 30 AMPERE," *Jurnal Sutet*, vol. 7, no. 2, pp. 28–33, Dec. 2017.
- [15] M. F. Y. Pratama and R. P. Astutik, "OPTIMALISASI SISTEM PENGENDALIAN HVAC DALAM SMART BUILDING UNTUK PENGHEMATAN ENERGI," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3, pp. 2882–

- 2888, Aug. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4976.
- [16] Z. Zulkifli, M. Muhallim, and H. Hasnahwati, "PENGEMBANGAN SISTEM ALARM DAN PEMADAM KEBAKARAN OTOMATIS MENGGUNAKAN INTERNET OF THINGS," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3, pp. 2444–2460, Aug. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4774.
- [17] J. Lestari and G. Gata, "WEBCAM MONITORING RUANGAN MENGGUNAKAN SENSOR GERAK PIR (PASSIVE INFRA RED)," *BIT*, vol. 8, no. 2, p. 1, Sep. 2011.
- [18] Desmira, D. Aribowo, G. Priyogi, and S. Islam, "APLIKASI SENSOR LDR (LIGHT DEPENDENT RESISTOR) UNTUK EFISIENSI ENERGI PADA LAMPU PENERANGAN JALAN UMUM," *Jurnal PROSISKO*, vol. 9, no. 1, pp. 9–21, Mar. 2022.
- [19] I. Albanna, A. Asgalani, and M. D. Rachmadani, "ESENSIAL INTERNET OF THINGS DALAM KONSEP BANGUNAN CERDAS (Studi Kasus: ESP8266 dan Prediksi Energi)," Surabaya, Feb. 2021.
- [20] M. F. Rahman, T. Ilyas, and R. Armando, "Sistem Pemantauan Energi Penggunaan Listrik Pada Bangunan Pintar Dengan Sistem Iot (Internet Of Things)," *BRAHMANA: Jurnal Penerapan Kecerdasan Buatan*, vol. 6, no. 1, pp. 88–96, Dec. 2024.
- [21] A. Wisaksono, Y. Purwanti, N. Ariyanti, and M. Masruchin, "Rancang Bangun Pemantauan dan Pengendalian Penggunaan Energi Pada Gedung Bertingkat berdasarkan IoT," *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, vol. 4, no. 2, pp. 128–135, Oct. 2020, doi: 10.21070/jeeeu.v4i2.539.
- [22] H. Sujadi, N. Nurdiana, and F. Nurbani, "RANCANG BANGUN PROTOTYPE SMART OFFICE SYSTEM BERBASIS IOT PADA BUILDING AUTOMATION SYSTEM," *Jurnal J-Ensitem*, vol. 05, no. 02, pp. 263–271, May 2019.
- [23] M. D. Darmawan, R. P. Astutik, and H. Ariwianto, "Rancang Bangun Prototipe Sistem Otomatis Bangunan Pintar Pada Rumah Kos Bertingkat," *TELEKONTRAN*, vol. 11, no. 2, pp. 93–104, Oct. 2023, doi: 10.34010/telekontran.v11i2.9943.
- [24] D. H. Hareva, A. Wirawan, and B. Hardjono, "Optimalisasi Penggunaan Pendingin Ruangan Sistem Kelas Cerdas," in *Prosiding Seminar Nasional Sistem Informasi dan Teknologi (SISFOTEK) ke 4*, 2020, pp. 1–6.
- [25] T. A. Saputri, B. Sutomo, A. Hairunnisa, M. A. Syaputra, and Sulistiyanto, "Perancangan dan Implementasi Sistem Smart Air Conditioner Berbasis IoT di Gedung Kampus Dharma Wacana untuk Optimalisasi Energi," *Jurnal JUPITER*, vol. 17, no. 1, pp. 123–133, Jan. 2025.
- [26] S. Butsianto and M. Faisal, "PENERAPAN SMART HOME UNTUK PENGONTROLAN LAMPU BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) STUDI KASUS : PERUMAHAN TAMAN CIKARANG INDAH 2," *SIGMA - Jurnal Teknologi Pelita Bangsa*, vol. 10, no. 2, pp. 34–38, Dec. 2019.
- [27] N. Haniifah, Suhanto, and S. Hariyadi, "SIMULASI KONTROL MONITORING LAMPU DAN AC DENGAN BUILDING AUTOMATION SYSTEM (BAS) BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) DI ASRAMA ALPHA," *Approach : Jurnal Teknologi Penerbangan*, vol. 4, no. 2, pp. 127–136, Oct. 2020.

- [28] M. F. Rahman, M. Azriel, A. Purnama, S. T. Wibowo, and Z. Abidin, "PEMANFAATAN SISTEM IOT (INTERNET OF THINGS) SEBAGAI PEMANTAUAN ENERGI PENGGUNAAN LISTRIK PADA BANGUNAN PINTAR," *Sinar: Sinergi Pengabdian dan Inovasi untuk Masyarakat*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, Oct. 2024.
- [29] Y. Tjandi and Zulhajji, "SISTEM KENALI HEMAT ENERGI PADA GEDUNG BERTINGKAT BERBAS INTERNET OF THINGS (IoT)," *UNM of Journal Technologycal*, vol. 6, no. 3, p. 2022, Oct. 2022, [Online]. Available: <http://www.penelitian->
- [30] A. Farid, "SISTEM MONITORING DAN KONTROLING PADA SMART BUILDING DENGAN PENERAPAN IOT (Internet of Things)," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 1, no. 1, pp. 89–95, Mar. 2017.
- [31] M. Muharam, M. Latif, and M. Saputra, "Sistem Kendali Jarak Jauh Berbasis Web untuk Sistem Rumah Pintar," *JURNAL NASIONAL TEKNIK ELEKTRO*, vol. 7, no. 3, p. 203, Oct. 2018, doi: 10.25077/jnte.v7n3.502.2018.
- [32] A. Firmansyah and S. Syofian, "Perancangan Sistem Gudang Cerdas untuk Pemantauan Lingkungan Gudang Berbasis Internet of Things (IoT)," *Journal TIFDA (Technology Information and Data Analytic)*, vol. 1, no. 2, pp. 20–24, Dec. 2024, doi: 10.70491/tifda.v1i2.34.
- [33] L. Ade Putra and A. Rahman Hakim, "Sistem Kendali Lampu Cerdas Pada Smarthome Berbasis Android Menggunakan Metode Fuzzy Logic Control," *CSRID Journal*, vol. 10, no. 1, pp. 33–43, Feb. 2018, doi: 10.22303/csrid.10.1.2018.33-43.
- [34] P. Wahyu Purnawan and Y. Rosita, "Rancang Bangun Smart Home System Menggunakan NodeMCU Esp8266 Berbasis Komunikasi Telegram Messenger," *Techno.COM*, vol. 18, no. 4, pp. 348–360, Nov. 2019.
- [35] L. Setiyani and K. Suhada, "PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI IoT (INTERNET OF THINGS) PADA SMARTHOME MENGGUNAKAN RASPBERRY PI BERBASIS ANDROID," *Jurnal SIMETRIS*, vol. 10, no. 2, pp. 459–466, Nov. 2019.