

## PERANCANGAN *PROTOTYPE SMART BUILDING* BERBASIS IoT DENGAN ESP8266 DAN RASPBERRY Pi

Eko Kurniawan<sup>1</sup>, Bintang Ardiansyah<sup>2</sup>, Yori Piawan<sup>3</sup>, Arvin Pradipta Mahadika<sup>4</sup>,  
M. Rizki Saputra<sup>5</sup>, Imam Ghani N. A. Prasetio<sup>5</sup>

<sup>12345</sup>Program Studi Mekatronika, Politeknik Takumi, Indonesia  
Email: [eko.kurniawan@takumi.ac.id](mailto:eko.kurniawan@takumi.ac.id)

Diterima: Juni 2025 | Disetujui: Juli 2025 | Dipublikasikan: Agustus 2025

### ABSTRAK

Perkembangan digitalisasi dan otomatisasi yang pesat telah mempercepat adopsi bangunan pintar berbasis *Internet of Things (IoT)*, yang memainkan peran penting dalam membentuk kota cerdas yang berkelanjutan. Penelitian ini mengusulkan sebuah *prototype* sistem bangunan pintar dengan memanfaatkan *mikrokontroler* ESP8266 dan *Raspberry Pi*. ESP8266 berfungsi sebagai pengendali perangkat, sementara *Raspberry Pi* berperan sebagai unit pemroses data dan antarmuka berbasis *web*. Sistem ini menerapkan protokol MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) untuk memungkinkan komunikasi yang ringan dan efisien. Berbagai sensor—termasuk PIR (gerak), MQ-2 (gas), dan DHT11 (suhu dan kelembaban)—diintegrasikan untuk melakukan pemantauan secara *real-time*. Data dari sensor dikirimkan melalui jaringan *Wi-Fi* dan divisualisasikan melalui dasbor berbasis *web*. Sistem ini secara efektif melakukan otomatisasi pencahayaan dan merespons perintah pengguna dengan cepat. Data pemantauan disampaikan secara akurat dan waktu nyata melalui *web dashboard*. *Prototype* ini menunjukkan kelayakan sistem bangunan pintar yang hemat biaya, efisien, dan dapat diskalakan. Sistem ini juga memiliki potensi besar untuk diintegrasikan dengan sistem manajemen energi di masa depan guna mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan.

**Kata kunci:** *Smart Building*, IoT, ESP8266, *Raspberry Pi*, Otomatisasi

### ABSTRACT

*The rapid growth of digitalization and automation has accelerated the adoption of smart buildings based on the Internet of Things (IoT), significantly shaping sustainable smart cities. This study proposes a prototype of a smart building system utilizing the ESP8266 microcontroller and Raspberry Pi. The ESP8266 is the device controller, while the Raspberry Pi is the data processing unit and web-based interface. The system implements the MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) protocol for lightweight and efficient communication. Various sensors—including PIR (motion), MQ-2 (gas), and DHT11 (temperature and humidity)—are integrated for real-time monitoring. Sensor data is transmitted via Wi-Fi and visualized through a web-based dashboard. The system effectively automates lighting control and responds quickly to user commands. Monitoring data is accurately delivered in real time through the web dashboard. This prototype demonstrates the feasibility of a low-cost, efficient, and scalable smart building system. It shows strong potential for future integration with energy management systems to support the Sustainable Development Goals (SDGs).*

**Keywords:** *Smart Building*, IoT, ESP8266, *Raspberry Pi*, Automation

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah mendorong penerapan konsep *smart building* sebagai bagian dari transformasi digital dalam mewujudkan kota cerdas berkelanjutan (*sustainable smart cities*) [1]. *Smart building* merupakan integrasi dari berbagai teknologi otomatisasi dan komunikasi yang tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional bangunan tetapi juga mendukung penghematan energi dan kenyamanan pengguna [2]. Saat ini, sistem IoT menjadi solusi dalam transformasi digital [3], termasuk pada *smart building* dengan arsitektur yang menggabungkan perangkat sensor, mikrokontroler, dan antarmuka pengguna. Oleh karena itu, IoT memiliki peran utama dalam mewujudkan sistem *smart building* melalui konektivitas dan pertukaran data antar perangkat secara *real-time* [4].

ESP8266, sebagai modul *Wi-Fi* berdaya rendah, telah digunakan secara luas untuk mengendalikan perangkat IoT secara efisien [5], [6], sedangkan Raspberry Pi berfungsi sebagai pusat pemroses data dan *web server* [7]. Protokol MQTT dipilih karena kemampuannya dalam mengoptimalkan komunikasi data pada jaringan terbatas sehingga lebih cepat dan efisien [8]. Sensor seperti PIR (gerak), MQ-2 (gas), dan DHT11 (suhu dan kelembaban) menjadi dasar sistem pemantauan lingkungan [9]. Integrasi komponen-komponen ini memungkinkan pembangunan sistem *smart building* yang responsif dan adaptif [10].

Beberapa studi sebelumnya telah menunjukkan keberhasilan penerapan IoT untuk otomatisasi rumah dan gedung. Dimana, kombinasi mikrokontroler dan sistem pemroses data berbasis IoT, seperti ESP8266 dan Raspberry Pi, dapat menjadi solusi hemat biaya untuk otomatisasi bangunan [8], [11], [12], [13]. Namun, implementasinya masih menghadapi tantangan seperti kompleksitas integrasi sistem, biaya tinggi, kemudahan dalam penggunaan, dan kebutuhan akan solusi yang mudah diskalakan [4], [12]. Selain itu, minimnya *visualisasi* data *real-time* dan ketergantungan pada kondisi *infrastruktur* dapat mengurangi fleksibilitas sistem [1]. Oleh karena itu, diperlukan desain *prototype* yang fungsional, ringan, dan dapat diskalakan untuk memastikan keberlanjutan dan kemudahan pengembangan dalam implementasi nyata di gedung.

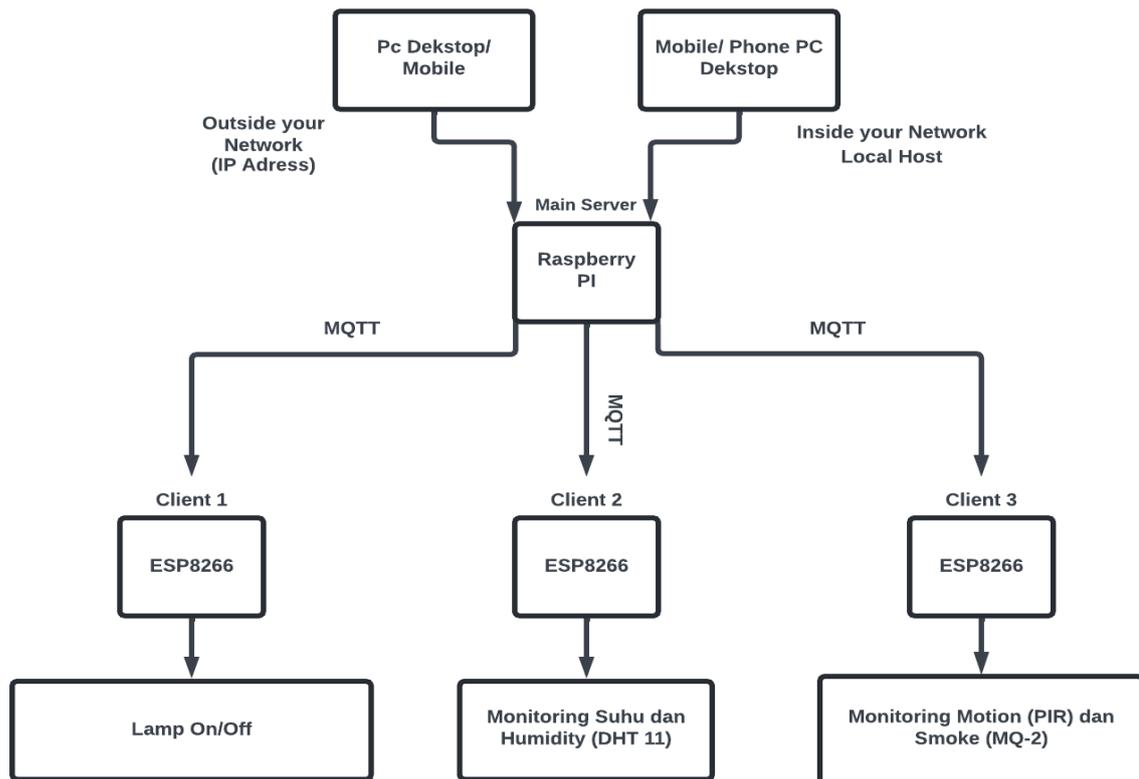
Penelitian ini mengusulkan sebuah rancangan *prototype smart building* berbasis IoT yang mengintegrasikan ESP8266 sebagai pengendali perangkat, Raspberry Pi sebagai server pemroses data, dan protokol MQTT untuk komunikasi data yang efisien. Sensor PIR, MQ-2, dan DHT11 diintegrasikan untuk memantau kondisi lingkungan, sementara *web dashboard* dikembangkan untuk visualisasi dan kontrol pengguna melalui jaringan *Wi-Fi*. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan *prototype smart building* yang hemat biaya, efisien, dan mudah untuk dikembangkan lebih lanjut, termasuk untuk integrasi ke dalam sistem manajemen energi yang mendukung keberlanjutan. Sistem ini dirancang dengan memanfaatkan teknologi *open-source* dan pendekatan modular agar mudah dikembangkan dengan menambahkan sensor atau aktuator baru.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan pendekatan eksperimental melalui perancangan *prototype* sistem *smart building* berbasis IoT. Perancangan *prototype* terdiri dari dua kegiatan utama yaitu pembuatan desain dan model gedung serta perancangan sistem IoT yang terdiri dari instalasi *hardware* dan *software*. Dimana, dalam sistem ini menggunakan ESP8266 sebagai node sensor yang bertugas membaca data dari sensor PIR, DHT11, dan MQ-2. Data dikirim ke Raspberry Pi menggunakan protokol MQTT melalui jaringan *Wi-Fi*. Raspberry Pi bertindak sebagai broker MQTT dan menyediakan *web dashboard* untuk visualisasi data secara *real-time*. Sedangkan *software* yang digunakan adalah Arduino IDE untuk pemrograman *firmware* pada ESP8266, Node-RED untuk membangun antarmuka *web dashboard*, dan MQTT Broker sebagai pengelola komunikasi *publish-subscribe* antar perangkat.

### 2.1 Perancangan Diagram Blok Sistem

Diagram blok rangkaian pada *prototype smart building* merupakan representasi visual yang menggambarkan fungsional antara berbagai komponen dalam sistem, yang dapat dilihat pada Gambar 1. Diagram blok tersebut menunjukkan komponen utama seperti mikrokontroler ESP8266, Raspberry Pi, sensor-sensor, catu daya, dan pengendalian jarak jauh melalui aplikasi (*web/mobile*), yang dihubungkan oleh garis-garis yang menunjukkan aliran informasi, sinyal, atau energi di antara komponen-komponen tersebut.



Gambar 1. Diagram blok rangkaian pada *prototype smart building*

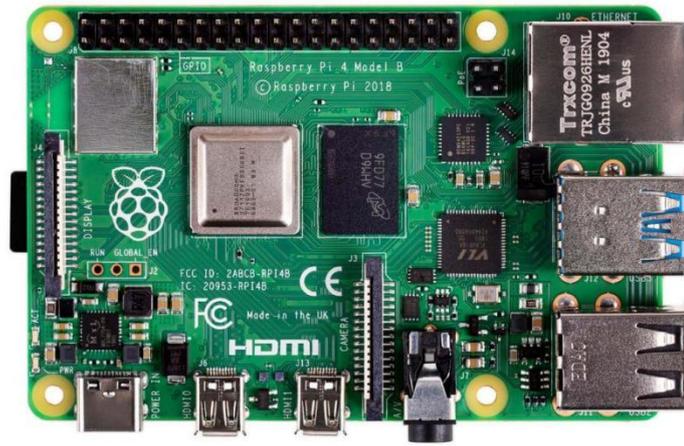
## 2.2 Komponen

Pada penelitian ini digunakan *board* ESP8266 jenis NodeMCU-12E sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 2. ESP8266 merupakan *board* mikrokontroler yang terintegrasi dengan modul *Wi-Fi* dan perangkat lunak TCP/IP serta berbiaya rendah, serta memiliki *chip* yang ideal untuk berbagai proyek IoT, karena dapat melakukan pemrosesan dengan cepat dan terdapat ruang penyimpanan yang memadai. Dengan demikian, ESP8266 memungkinkan untuk diintegrasikan dengan perangkat lain seperti sensor.

Agar mikrokontroler dapat saling berkomunikasi maka digunakan Raspberry Pi yaitu *single-board computer* yang dijadikan sebagai server karena memiliki spesifikasi dan fleksibilitas yang tinggi dengan ukuran yang kecil, dan harga yang terjangkau. Raspberry Pi 4 Model B yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3. Sensor yang digunakan yaitu sensor gas MQ2 untuk deteksi asap dan kebocoran gas, *Passive Infrared Sensor (PIR) motion* untuk deteksi gerakan, serta sensor DHT11 untuk pemantauan suhu dan *humidity*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Adapun daftar komponen yang digunakan dalam perancangan *prototype smart building* dapat dilihat pada Tabel 1.

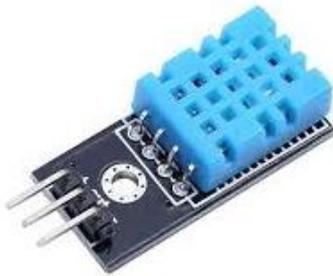


Gambar 2. Mikrokontroler board ESP8266 NodeMCU-12E



Gambar 3. Raspberry Pi 4 model B

(a)



(b)



(c)



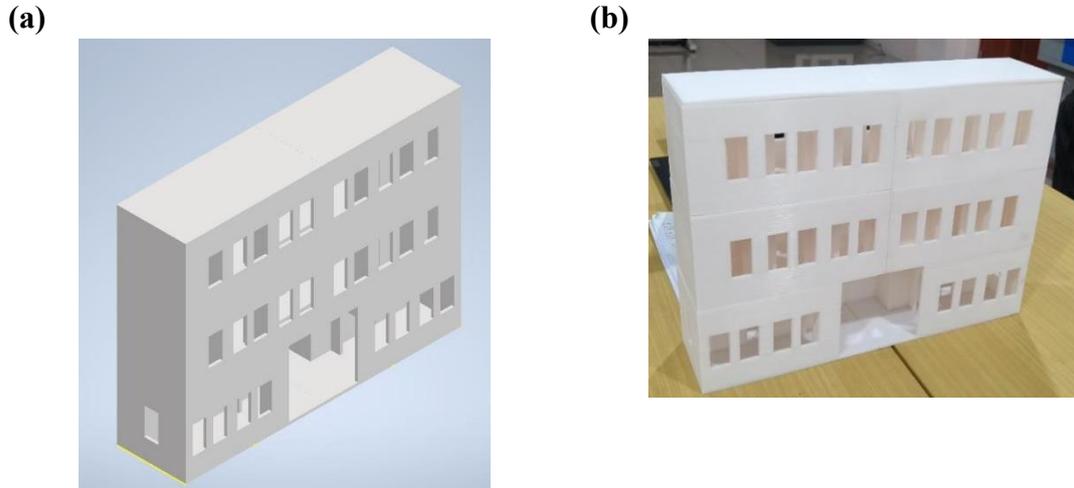
Gambar 4. (a) DHT11 sensor suhu; (b) PIR *motion* sensor; (c) MQ-2 gas sensor

Tabel 1. Komponen untuk desain *prototype smart building*

NO	Nama Alat	Merk/Type
1	Raspberry Pi (RPi)	Raspberry Pi 4 Model B RAM 2GB
2	ESP Board	NodeMCU ESP8266-12E
3	Adaptor Power Supply	5V DC/min. 3A for ESP & Raspberry Pi
4	Breadboard	MB-102; solderless 830P
5	Jumper cables	10,20,30 cm all Socket
6	Temperature & Humidity sensor	DHT11
7	PIR Motion sensor	SR501
8	Gas sensor	MQ-2
9	Micro SD Card	16 GB Class 10
10	LED	LED 5mm (Merah, Kuning, Hijau)
11	LED Holders	5 mm
12	Paket Resistor	100/ 220 / 330 / 1k / 10k Ohm
13	Buzzer	5 v
14	Relay	Single 10A

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan *prototype smart building* diawali dengan perancangan dan pembuatan model 3D gedung yang bertujuan untuk visualisasi dan implementasi secara lebih jelas dan realistis. Hasil pemodelan keseluruhan gedung dalam bentuk 3D dan hasil pencetakan 3D *printing* dalam bentuk *prototype* gedung ditunjukkan pada Gambar 5. Dengan demikian, pengguna dapat melihat bagaimana sistem *smart building* diintegrasikan ke dalam bangunan tersebut, termasuk tata letak perangkat mikrokontroler, sensor, dan *aktuator*. Hal ini mampu meningkatkan pemahaman pengguna serta dapat mendukung proses pengembangan dan implementasi *smart building*.

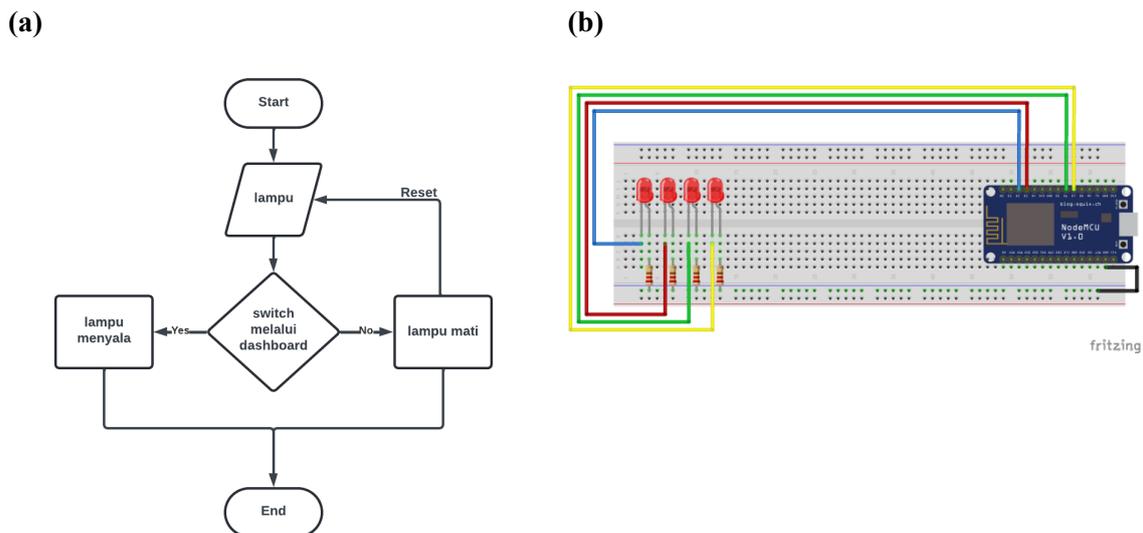


Gambar 5. *Prototype* gedung (a) model 3D; dan (b) visualisasi hasil pencetakan

#### 3.1 Diagram Skema Sirkuit

##### a. Skema pengontrol lampu

Pengontrol lampu berfungsi untuk mengendalikan lampu secara otomatis maupun manual melalui perangkat *mobile/web*. Prinsip kerja rangkaian pengontrol lampu berdasarkan kendali jarak jauh melalui aplikasi *IoT*. Dalam hal ini mikrokontroler ESP8266 terhubung ke jaringan *Wi-Fi* dan aplikasi *IoT* menggunakan protokol MQTT. Pengguna dapat mengontrol lampu melalui aplikasi *web/mobile*. Hal ini memungkinkan pengguna untuk menyalakan atau mematikan lampu dari mana saja, sekaligus memonitor status lampu (*on/off*). *Flowchart* dan skema rangkaian pengontrol lampu ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Rangkaian pengontrol lampu (a) *flowchart*; dan (b) rangkaian elektrikal

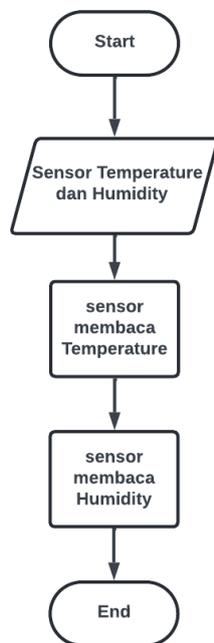
Komponen pada rangkaian pengontrol lampu terdiri dari mikrokontroler ESP8266, LED, resistor 100 / 220 ohm, breadboard, dan jumper cable. Selain itu terdapat adaptor 5V DC untuk memberikan catu daya pada rangkaian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa lampu dapat dikendalikan dari jarak jauh melalui aplikasi IoT serta dapat dieksekusi dalam hitungan detik. Walaupun masih terdapat delay, tetapi pengguna berhasil menyalakan atau mematikan lampu melalui aplikasi mobile/web. Dengan adanya pengendalian lampu pada gedung, maka dapat meningkatkan efisiensi energi.

b. Skema monitoring suhu dan kelembaban

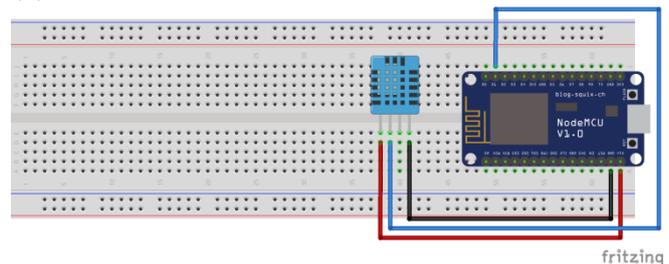
Fitur ini memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi lingkungan, seperti suhu dan kelembaban, secara real-time dan mengendalikan perangkat terkait untuk menjaga kenyamanan dan efisiensi energi di dalam bangunan. Flowchart dan skema rangkaian monitoring suhu dan kelembaban ditunjukkan pada Gambar 7. Komponen pada rangkaian monitoring suhu dan kelembaban terdiri dari mikrokontroler ESP8266, sensor suhu dan kelembaban (DHT11), breadboard, dan jumper cable. Selain itu terdapat adaptor 5V DC untuk memberikan catu daya pada rangkaian.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil memantau suhu dan kelembaban di lingkungan dalam interval waktu tertentu (dalam hitungan detik) dan mengirimkan data tersebut ke platform IoT. Sensor DHT11 juga bekerja dengan baik untuk aplikasi dasar, dalam memberikan respons yang cepat terhadap perubahan suhu dan kelembaban, dengan tingkat akurasi yang baik meskipun akurasinya sedikit lebih rendah. Selain itu, Pengguna dapat melihat data suhu dan kelembaban secara langsung melalui web dashboard berbasis IoT dengan pengaturan ambang batas pada sistem monitoring suhu dan kelembaban. Dengan demikian, pengguna dapat memantau kondisi lingkungan secara real-time dan mengotomatiskan perangkat terkait untuk menciptakan lingkungan yang lebih nyaman dan hemat energi.

(a)



(b)



Gambar 7. Rangkaian monitoring suhu dan kelembaban (a) flowchart; dan (b) rangkaian elektrik

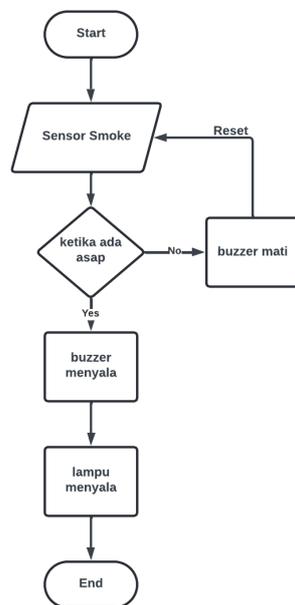
c. Skema monitoring gas dan gerak (motion)

Keamanan dalam gedung merupakan faktor utama yang harus diperhatikan karena hal ini berhubungan dengan keselamatan penghuni atau pengguna gedung. Oleh karena itu, pada

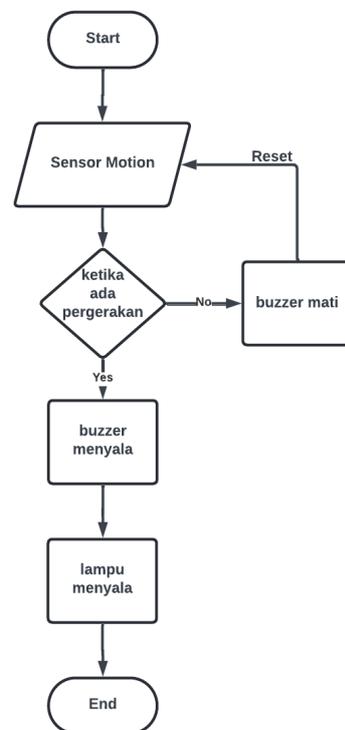
*prototype smart building* dirancang sistem pendeteksian gas berbahaya dan aktivitas gerakan secara *real-time*, serta mampu memberikan peringatan dini untuk memastikan keamanan di gedung. Adapun *flowchart* dan skema rangkaian *monitoring* gas detector dan PIR *motion* masing-masing ditunjukkan pada Gambar 8 dan 9. Komponen pada rangkaian *monitoring* gas dan gerak terdiri dari mikrokontroler ESP8266, sensor gas (MQ-2), sensor gerak (PIR - *Passive Infrared*), *buzzer/alarm/LED*, *breadboard*, dan *jumper cable*. Selain itu terdapat adaptor *power supply* 5V DC untuk memberikan catu daya pada rangkaian.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor MQ-2 berhasil mendeteksi adanya gas berbahaya seperti LPG atau CO. Ketika konsentrasi gas melewati ambang batas yang telah ditentukan, *mikrokontroler* mengirimkan peringatan ke sistem *IoT* dan mengaktifkan *buzzer* sebagai peringatan atau LED sebagai visualisasi. Begitu juga dengan deteksi gerak, ketika sensor PIR berhasil mendeteksi gerakan manusia di ruangan, dan *mikrokontroler* mengirimkan notifikasi secara *real-time* ke *web dashboard*. PIR juga dapat memicu lampu atau *alarm* saat mendeteksi gerakan. Selain itu, data dari sensor gas dan PIR dikirim ke *platform IoT* tanpa keterlambatan signifikan, sehingga pengguna dapat memantau konsentrasi gas dan pergerakan dari jarak jauh.

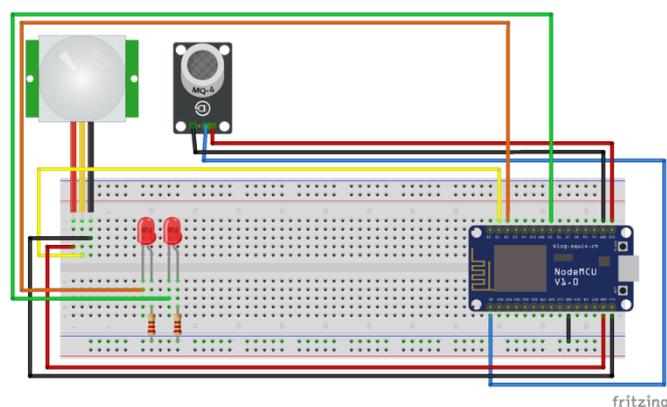
(a)



(b)



Gambar 8. *Flow chart* (a) monitoring gas detector; dan (b) monitoring PIR motion

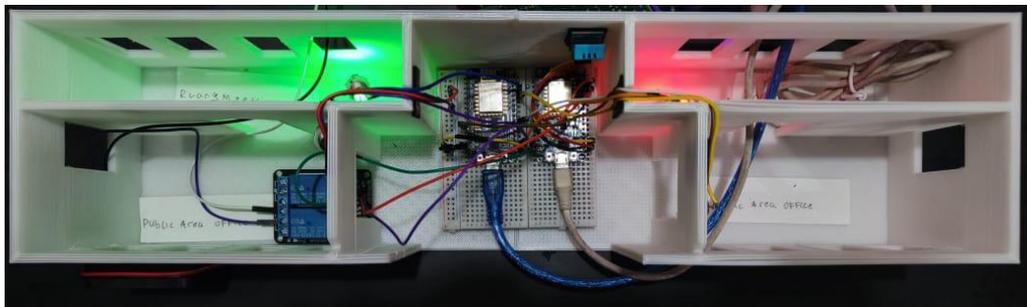


Gambar 9. Skema rangkaian *monitoring gas detector* (MQ-2) dan *PIR motion*

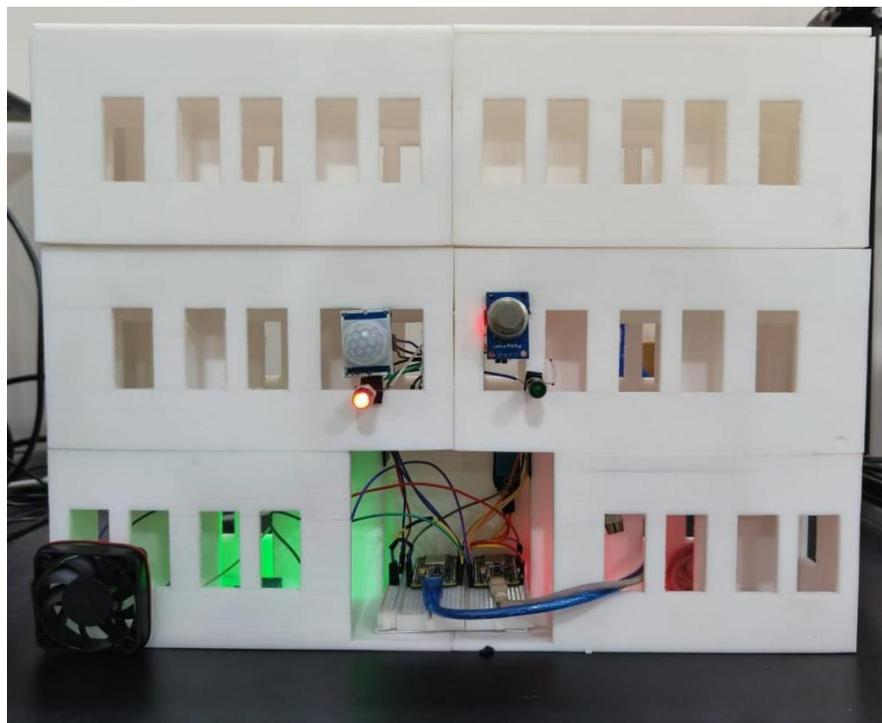
### 3.2 Implementasi *Prototype Smart Building*

Perancangan *prototype* menggabungkan berbagai sensor untuk mengontrol dan memantau sistem dalam gedung, seperti pencahayaan, suhu, kelembaban, dan keamanan (*gas detector* & *PIR motion*) yang mampu meningkatkan efisiensi konsumsi energi dan berkelanjutan. Melalui implementasi pengontrol lampu dapat memberikan fleksibilitas bagi pengguna dalam mengontrol pencahayaan pada gedung. Selain itu, implementasi *monitoring* suhu dan kelembaban dapat mendeteksi perubahan kondisi suhu dan kelembaban yang hasilnya dapat diakses melalui *platform IoT* untuk pemantauan jarak jauh.

Dengan adanya implementasi deteksi gas dan gerak pada *prototype smart building* berbasis mikrokontroler dan *IoT* mampu memberikan tingkat keamanan yang lebih tinggi. Dengan kemampuan untuk memantau gas berbahaya dan mendeteksi gerakan secara *real-time*, sistem ini dapat mengurangi risiko kecelakaan akibat kebocoran gas dan meningkatkan keamanan bangunan dengan mendeteksi intrusi. Hasil implementasi rangkaian lampu serta *monitoring* suhu dan kelembaban pada *prototype* dapat dilihat pada Gambar 10. Rangkaian implementasi deteksi gas dan gerak serta tampilan keseluruhan *prototype* gedung ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 10. Implementasi rangkaian pengontrol lampu, *monitoring* suhu dan kelembaban

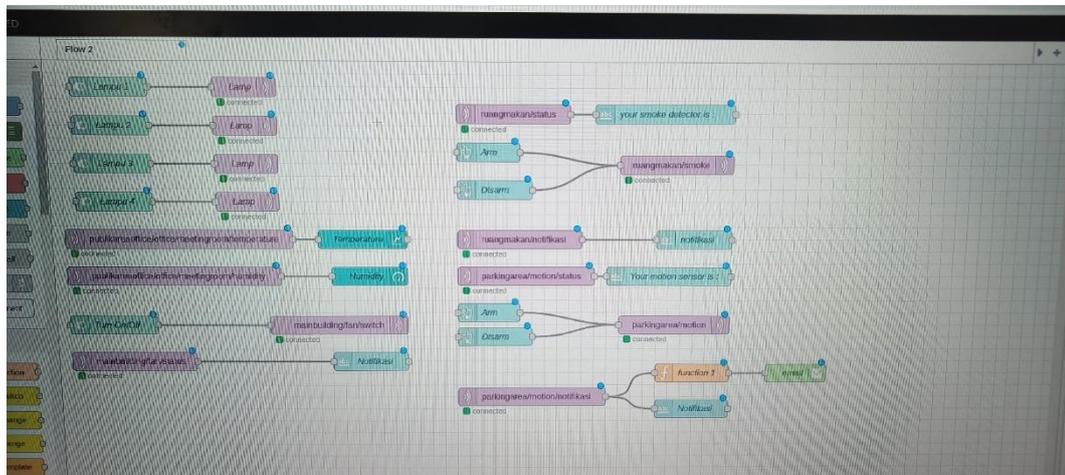


Gambar 11. Hasil *prototype smart building* berbasis mikrokontroler dan IoT

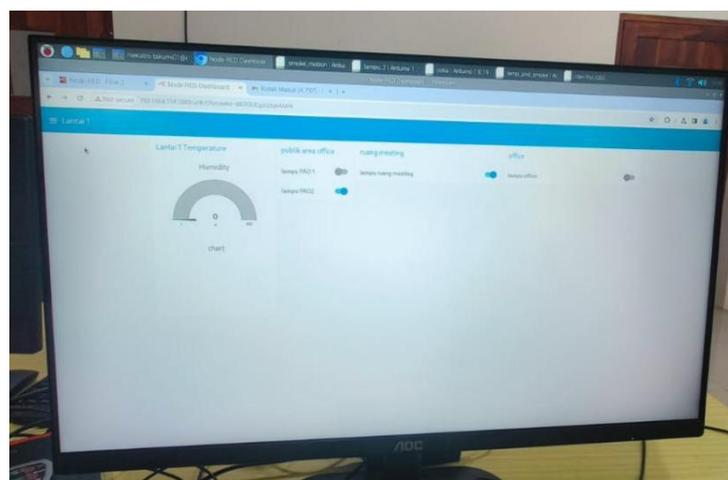
### 3.3 Web Dashboard

Raspberry Pi dapat memudahkan proses otomatisasi dan *monitoring* melalui tampilan *dashboard* yang dirancang dan diintegrasikan menggunakan Node-RED. Dimana, aplikasi otomatisasi *smart building* akan bekerja pada broker MQTT Raspberry Pi yang mengontrol berbagai perangkat secara *real-time*. Arsitektur ini menawarkan keunggulan diantaranya biaya yang rendah, terjangkau, menggunakan sumber daya minimal, dan bersifat *open source*. Dalam perancangan ini, ESP8266 akan mempublikasikan pembacaan kelembaban dan suhu setiap 5 detik pada topik *room/humidity* dan *room/temperature*, serta pembacaan *room/smoke detector* dan *room/motion*. Dashboard ini juga memiliki opsi kontrol yang dapat menyalakan dan mematikan peralatan melalui topik *room/lamp*.

Diagram alur Node-RED yang berfungsi untuk menampilkan visualisasi data pada *dashboard*, mengendalikan *output*, serta mempublikasikan data sensor ke dalam *web dashboard* dapat dilihat pada Gambar 12. Dimana, *dashboard* Node-RED yang mendukung MQTT dapat digunakan untuk menerima data sensor melalui proses berlangganan (*subscribe*) ke topik-topik yang telah ditentukan sebelumnya. Sementara itu, Gambar 11 menunjukkan tampilan *web dashboard* untuk mengontrol lampu pada ruangan secara langsung melalui input pengguna.



Gambar 12. Tampilan desain *flow* Node-RED pada *prototype smart building*

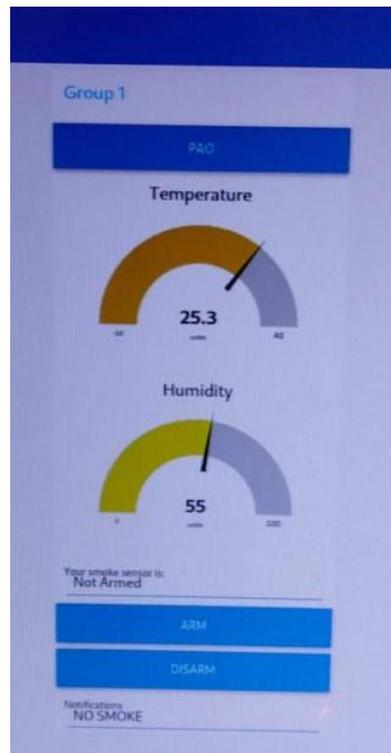


Gambar 13. Tampilan *web dashboard* pada *prototype smart building* untuk mengontrol lampu

Gambar 14 menunjukkan *web dashboard* Node-RED yang menampilkan data sensor dan *input* kontrol. *Dashboard* tersebut berfungsi untuk memantau kondisi suhu dan kelembaban lingkungan, serta mengendalikan dan memantau status sensor asap secara *real-time*. *Dashboard* ini menunjukkan pembacaan suhu sebesar 25,3°C dan kelembaban 55% RH yang diperoleh dari sensor DHT22 terhubung ke ESP8266, serta dikirimkan melalui protokol MQTT. Selain itu, *dashboard* menyajikan status sensor asap dalam kondisi "Not Armed" dan *notifikasi* "NO SMOKE", dengan

tombol *ARM/DISARM* untuk pengendalian manual sensor asap. Hal ini membuktikan keberhasilan sistem dalam mengirimkan, menerima, dan menampilkan data sensor secara efisien.

Penggunaan *Node-RED* sebagai *platform* visualisasi terbukti memudahkan dalam pengembangan antarmuka pengguna yang *intuitif*, modular, dan mendukung interaktivitas tinggi, terutama dalam konteks manajemen sistem bangunan pintar. Implementasi ini membuktikan keberhasilan integrasi sistem *IoT smart building*, dengan *dashboard* Node-RED yang intuitif dan mendukung monitoring serta pengambilan keputusan secara efisien dalam pengelolaan kondisi lingkungan dan keamanan ruang.



Gambar 14. Tampilan *web dashboard* untuk monitoring suhu dan kelembaban serta monitoring gas dan gerak secara *real-time*

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan *prototype smart building* berbasis IoT menggunakan ESP8266 dan Raspberry Pi yang mampu menjalankan fungsi otomatisasi dan pemantauan lingkungan secara efisien dan *real-time*. Sistem mencakup pengendalian lampu jarak jauh, pemantauan suhu dan kelembaban, serta deteksi gas dan gerakan di lingkungan gedung melalui protokol MQTT. Visualisasi *web dashboard* dengan menggunakan Node-RED memungkinkan untuk menampilkan data yang interaktif dan responsif. Selain itu, hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa otomatisasi berbasis IoT berkontribusi terhadap peningkatan pemantauan dan keamanan gedung.

Disisi lain, hasil perancangan *prototype* ini mampu menunjukkan potensi sebagai solusi hemat biaya dan *scalable* untuk pengembangan sistem *smart building*. Pengembangan selanjutnya disarankan untuk menambahkan fitur autentikasi, pengelolaan energi, dan integrasi *cloud* untuk mendukung implementasi skala besar. Melakukan penerapan kontrol berbasis data untuk pengaturan perangkat secara efisien menggunakan pendekatan *machine learning*, serta integrasi dengan energi terbarukan seperti panel surya untuk mendukung aspek keberlanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. S. Aliero, M. Asif, I. Ghani, M. F. Pasha, and S. R. Jeong, "Systematic Review Analysis on Smart Building: Challenges and Opportunities," Mar. 01, 2022, *MDPI*. doi: 10.3390/su14053009.
- [2] M. A. Berawi, P. Miraj, M. S. Sayuti, and A. R. B. Berawi, "Improving building performance using smart building concept: Benefit cost ratio comparison," in *AIP Conference Proceedings, American Institute of Physics Inc.*, Nov. 2017. doi: 10.1063/1.5011508.
- [3] E. Kurniawan, O. Fahlovi, Z. Avista, Y. Witanto, and R. Ilyasa, "Peran Digital Twin dalam Otomatisasi Manufaktur yang Berkelanjutan," *Prosiding Sains dan Teknologi*, vol. 3, no. 1, pp. 51–61, Feb. 2024, [Online]. Available: <https://jurnal.pelitabangsa.ac.id/index.php/SAINTEK/article/view/3263>
- [4] B. S. Brad and M. M. Murar, "Smart Buildings Using IoT Technologies," *Construction of Unique Buildings and Structures*, vol. 5, no. 20, pp. 15–27, 2014, [Online]. Available: [www.unistroy.spb.ru](http://www.unistroy.spb.ru)
- [5] Z. Avista, E. Kurniawan, S. Fadly, Y. Witanto, and D. S. Ajitomo, "Rancang Bangun Sistem Penyiram Tanaman Otomatis Hemat Biaya Berbasis *Internet of Things*," *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, vol. 11, no. 3, pp. 748–760, Sep. 2024, doi: 10.33795/elkolind.v11i3.5958.
- [6] Z. Wu, K. Qiu, and J. Zhang, "A smart microcontroller architecture for the internet of things," *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 7, Apr. 2020, doi: 10.3390/s20071821.
- [7] R. Muzawi, Y. Efendi, and N. Sahrudin, "Prototype Pengendalian Lampu Jarak Jauh Dengan Jaringan Internet Berbasis *Internet of Things*(IoT) Menggunakan Raspberry Pi 3," *Inform : Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 3, no. 1, pp. 46–50, Jan. 2018, doi: 10.25139/inform.v3i1.642.
- [8] P. Macheso, T. D. Manda, S. Chisale, N. Dzupire, J. Mlatho, and D. Mukanyiligira, "Design of ESP8266 Smart Home Using MQTT and Node-RED," in *2021 International Conference on Artificial Intelligence and Smart Systems (ICAIS)*, IEEE, Mar. 2021, pp. 502–505. doi: 10.1109/ICAIS50930.2021.9396027.
- [9] S. Al-Naemi and A. Al-Otoom, "Smart sustainable greenhouses utilizing microcontroller and IOT in the GCC countries; energy requirements & economical analyses study for a concept model in the state of Qatar," *Results in Engineering*, vol. 17, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.rineng.2023.100889.
- [10] A. Ozadowicz and J. Grela, "Control application for Internet of Things energy meter - A key part of integrated building energy management system," in *IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.*, Oct. 2015. doi: 10.1109/ETFA.2015.7301607.
- [11] P. K. A. Windesi, M. R. Sampebua, and R. M. B. Kmurawak, "IoT-Based Home Automation Using Nodemcu Esp8266," *Jurnal Riset Informatika*, vol. 4, no. 4, pp. 391–396, 2022.
- [12] A. Dinanda Ariyadi, H. Zulfia Zahro', and J. Dedy Irawan, "Prototype Penerapan Smart Building Berbasis *Internet of Thing*," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 7, no. 1, pp. 797–804, Jun. 2023, doi: 10.36040/jati.v7i1.6163.
- [13] A. F. M. Hafidz, M. I. Sani, and L. Meisaroh, "Perancangan Dan implementasi smart home menggunakan raspberry PI dan Esp8266," *eProceedings of Applied Science*, vol. 7, no. 6, 2021.