

Sistem Monitoring Dan Analisis Keramaian Kampus Berbasis Internet Of Things (Iot)

Adriyan Nugroho^a, Wahyu Joni Kurniawan^b, Gusrio Tendra^c, Hasmil Adiya^d

^a Institut Bisnis dan Teknologi Pelita Indonesia, Jl. Jend. Ahmad Yani No. 78-88 Pekanbaru, adriyan.nugroho@student.pelitaindonesia.ac.id

^b Institut Bisnis dan Teknologi Pelita Indonesia, Jl. Jend. Ahmad Yani No. 78-88 Pekanbaru, wahyu.jonikurniawan@lecturer.pelitaindonesia.ac.id

^c Institut Bisnis dan Teknologi Pelita Indonesia, Jl. Jend. Ahmad Yani No. 78-88 Pekanbaru, gusrio.tendra@lecturer.pelitaindonesia.ac.id

^d Institut Bisnis dan Teknologi Pelita Indonesia, Jl. Jend. Ahmad Yani No. 78-88 Pekanbaru, hasmil.adiya@lecturer.pelitaindonesia.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 21 April 2026

Revisi Akhir: 30 Maret 2026

Diterbitkan Online: 30 April 2026

KATA KUNCI

Internet of Things, monitoring keramaian, pergerakan pengguna, *ESP32*, sensor inframerah

KORESPONDENSI

E-mail:

adriyan.nugroho@student.pelitaindonesia.ac.id

A B S T R A C T

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring keramaian berbasis *Internet of Things (IoT)* guna memperoleh data aktivitas dan pergerakan pengguna gedung secara *real-time* sebagai dasar evaluasi pemanfaatan fasilitas. Penelitian dilakukan di Gedung 1 Institut Bisnis dan Teknologi Pelita Indonesia dengan periode pengamatan selama satu minggu pada awal Januari 2026, sementara proses implementasi sistem telah dimulai sejak tahun 2025. Metode penelitian meliputi observasi lapangan, studi literatur, wawancara untuk menentukan kapasitas bangunan, serta pengujian sistem menggunakan metode akurasi dan *black-box*. Sistem dibangun menggunakan mikrokontroler *ESP32* dan sensor *IR Proximity E18-D80NK* untuk mendeteksi pergerakan pengguna yang melintas pada titik akses. Data yang diperoleh merupakan akumulasi pergerakan, bukan jumlah individu unik, kemudian dikirim ke server dan ditampilkan melalui *dashboard* berbasis web. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mencatat aktivitas secara *real-time* dengan tingkat akurasi $\pm 97\%$ pada kondisi pergerakan normal. Total aktivitas yang tercatat mencapai 755 pergerakan dengan rata-rata 58,1 pergerakan per sesi. Analisis menunjukkan bahwa aktivitas tertinggi terjadi pada jam inti perkuliahan, sedangkan aktivitas terendah terjadi pada akhir waktu operasional. tingkat pemanfaatan ruang rata-rata sebesar 15,4% terhadap kapasitas acuan gedung, yang termasuk dalam kategori rendah. Sistem juga mampu mendukung aspek keamanan melalui deteksi aktivitas di luar jam operasional menggunakan konsep *zero occupancy*. Berdasarkan hasil tersebut, sistem yang dikembangkan dapat digunakan sebagai alat monitoring dan pendukung analisis penggunaan fasilitas gedung secara objektif dan terukur.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi mendorong perubahan dalam pengelolaan organisasi menjadi lebih efisien dan berbasis data [1]. Salah satu teknologi yang berperan penting dalam transformasi tersebut adalah *Internet of Things (IoT)*, yang memungkinkan perangkat fisik terhubung ke internet untuk mengumpulkan dan mengirimkan data secara otomatis [2]. Dalam sektor pendidikan, *Internet of Things (IoT)* dimanfaatkan untuk mendukung pengelolaan fasilitas kampus secara adaptif, khususnya dalam pemantauan ruang, keamanan, dan aktivitas pengguna kampus [3]. Implementasi ini sejalan dengan konsep *smart campus* yang mengintegrasikan teknologi digital untuk memantau kepadatan dan mobilitas pengguna secara *real-time* [4]. Institut Bisnis dan Teknologi Pelita Indonesia (IBTPI), yang

berdiri sejak 1989 [5], memiliki aktivitas akademik dengan mobilitas pengguna yang cukup tinggi pada gedung bertingkat. Namun, pengelolaan fasilitas belum didukung sistem pemantauan otomatis yang mampu mencatat tingkat aktivitas dan distribusi pergerakan pengguna per lantai secara *real-time*. Ketidadaan data aktual menyebabkan pengambilan keputusan masih bergantung pada observasi manual dan estimasi.

Penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring aktivitas atau pergerakan pengguna berbasis *Internet of Things (IoT)* dapat meningkatkan efektivitas pengelolaan fasilitas melalui penyediaan data operasional yang terukur [6]. Beberapa studi telah mengembangkan sistem penghitung pengunjung berbasis mikrokontroler dan *Internet of Things (IoT)* dengan tampilan *real-time* [7]. Sensor inframerah, khususnya tipe *IR Proximity E18-D80NK*, terbukti efektif mendeteksi pergerakan manusia pada satu akses masuk dengan keluaran digital yang stabil [8].

Teknologi ini juga mendukung pengawasan kapasitas ruang berbasis ambang batas aktivitas pengguna [9].

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih terbatas pada satu ruangan atau satu titik akses sehingga belum mengintegrasikan analisis distribusi keramaian antar lantai secara *real-time*. Selain itu, pemanfaatan data *monitoring* sebagai dasar pengelolaan fasilitas kampus belum dibahas secara komprehensif. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sistem monitoring dan analisis keramaian berbasis *Internet of Things (IoT)* menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor *IR Proximity E18-D80NK* untuk memantau aktivitas serta distribusi pergerakan pengguna pada setiap lantai secara *real-time*. Data disimpan dalam basis data dan ditampilkan melalui *dashboard* web sebagai pendukung pengambilan keputusan dan dasar analisis penggunaan fasilitas gedung secara objektif dan berbasis data.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Informasi

Sistem informasi merupakan integrasi perangkat keras, perangkat lunak, dan basis data yang berfungsi mengolah data menjadi informasi yang akurat [10]. Integrasi dengan *Internet of Things (IoT)* memungkinkan data sensor dikirim dan ditampilkan secara *real-time* melalui sistem berbasis web untuk mendukung monitoring kepadatan ruang [2] [11].

2.2. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) menghubungkan sensor dan mikrokontroler ke jaringan internet untuk melakukan pertukaran data secara otomatis [12]. Arsitektur *Internet of Things (IoT)* terdiri dari lapisan perangkat, komunikasi, dan aplikasi sehingga memungkinkan proses *monitoring* berlangsung *real-time* [2]. Pengembangan sistem tertanam umumnya menggunakan bahasa C/C++ karena efisien dan stabil pada mikrokontroler [13].

2.3. Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler berbasis *System on Chip* yang telah dilengkapi modul *Wi-Fi* dan *Bluetooth* sehingga mendukung implementasi *Internet of Things (IoT)* secara langsung [2]. Perangkat ini memiliki prosesor inti ganda, arsitektur Harvard, serta dukungan antarmuka seperti UART, SPI, dan I2C yang memungkinkan akuisisi data sensor dan pengiriman data ke server secara *real-time*. [12].

2.4. Sensor IR Proximity E18-D80NK

Sensor *IR Proximity E18-D80NK* merupakan sensor optik aktif yang mendeteksi objek melalui pantulan sinar inframerah dan menghasilkan sinyal digital sebagai indikator keberadaan objek [14]. Sensor ini banyak digunakan pada sistem penghitung orang berbasis *Internet of Things (IoT)* karena stabil dan relatif tahan terhadap gangguan cahaya lingkungan [8].

2.5. Website

Website digunakan sebagai antarmuka untuk menampilkan dan mengelola informasi secara dinamis melalui integrasi basis data dan pemrograman sisi server [15]. Dalam penelitian ini, PHP digunakan untuk pengolahan data pada server, sedangkan HTML dan CSS digunakan untuk membangun struktur dan tampilan halaman web [16].

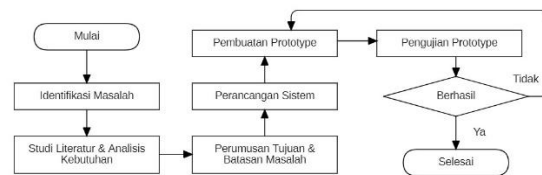
2.6. Unified Modeling Language (UML)

UML merupakan bahasa pemodelan standar yang digunakan untuk merancang dan memvisualisasikan sistem sebelum implementasi [17]. Penerapan UML membantu meningkatkan kejelasan kebutuhan sistem serta efisiensi proses pengembangan [18].

3. METODOLOGI

3.1. Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian menggambarkan tahapan pengembangan sistem monitoring keramaian berbasis *Internet of Things (IoT)* secara sistematis, mulai dari identifikasi masalah hingga evaluasi kinerja sistem. Alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Penelitian

Tahapan penelitian meliputi:

1. Identifikasi Masalah
Observasi lapangan dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi pengelolaan fasilitas gedung serta kebutuhan sistem *monitoring* aktivitas pengguna secara *real-time*.
2. Studi Literatur dan Analisis Kebutuhan
Kajian pustaka dilakukan terhadap penelitian terkait *Internet of Things (IoT)*, mikrokontroler ESP32, dan sensor inframerah. Tahap ini bertujuan untuk menentukan kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem.
3. Perumusan Tujuan dan Batasan
Penelitian difokuskan pada pengembangan prototype sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things (IoT)* untuk mendeteksi aktivitas pergerakan pengguna (*event-based*), bukan jumlah individu unik.
4. Perancangan Sistem
Meliputi perancangan arsitektur sistem, model UML, basis data, serta antarmuka *dashboard*.
5. Pembuatan Prototype
Implementasi dilakukan melalui perakitan perangkat keras, pemrograman ESP32, dan pengembangan sistem web.
6. Pengujian Sistem
Pengujian dilakukan menggunakan metode akurasi dan black-box.
7. Evaluasi Sistem
Jika hasil pengujian belum sesuai, sistem diperbaiki dan diuji kembali hingga memenuhi kriteria yang ditentukan.

3.2. Metode Prototype

Metode penelitian digunakan sebagai kerangka kerja sistematis dalam merancang dan mengevaluasi sistem. Tahapan metode *prototype* yang diterapkan meliputi:

- 1) Identifikasi kebutuhan melalui observasi dan studi literatur untuk menentukan komponen sistem seperti ESP32, sensor *IR Proximity*, dan *dashboard* web.

- 2) Perancangan sistem yang mencakup arsitektur *Internet of Things (IoT)*, alur pengolahan data, serta rancangan basis data dan antarmuka.
- 3) Pengembangan *prototype* melalui perakitan perangkat keras, pemrograman ESP32, dan integrasi sistem web..
- 4) Pengujian dan evaluasi untuk menilai akurasi deteksi, stabilitas pengiriman data, dan fungsi sistem.
- 5) penyempurnaan sistem berdasarkan hasil evaluasi hingga *prototype* berfungsi dengan baik.

3.3. Teknik Pengujian

Pengujian dilakukan untuk memastikan sistem monitoring keramaian berbasis *Internet of Things (IoT)* bekerja sesuai dengan rancangan. Evaluasi difokuskan pada dua aspek utama, yaitu akurasi perhitungan jumlah orang dan fungsionalitas sistem web, yaitu pengujian akurasi dan pengujian *black-box*.

1. Pengujian Akurasi
Pengujian akurasi bertujuan menilai ketepatan sistem dalam mendeteksi dan menghitung pergerakan orang. Hasil pembacaan sensor dibandingkan dengan perhitungan manual sebagai data pembanding.
2. Pengujian *Black-Box* Sistem Web
Pengujian *black-box* digunakan untuk mengevaluasi fungsi sistem web tanpa meninjau kode program. Hasil pengujian digunakan untuk menilai kinerja sistem secara keseluruhan.

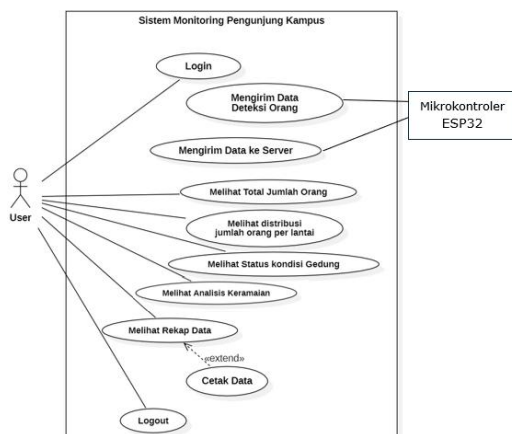
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan untuk menerjemahkan kebutuhan sistem ke dalam rancangan terstruktur sebelum tahap implementasi.

4.1.1. Use case Diagram

Use case diagram menunjukkan interaksi antara pengguna dan sistem monitoring. Aktor utama adalah pengelola fasilitas kampus yang dapat memantau jumlah pengunjung secara *real-time*, distribusi per lantai, grafik keramaian, dan riwayat data.

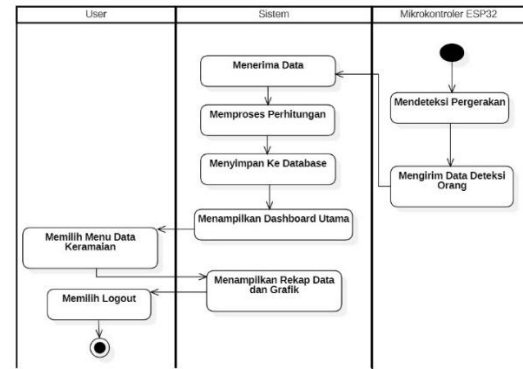


Gambar 2. Use Case Diagram

4.1.2. Activity Diagram

Activity diagram menggambarkan alur kerja sistem dari deteksi sensor hingga penampilan data pada *dashboard*. Sensor mendeteksi pergerakan, ESP32 memproses arah pergerakan,

kemudian data dikirim ke server melalui API, disimpan dalam basis data, dan ditampilkan secara *real-time* pada *dashboard* web.



Gambar 3. Activity Diagram Menu Monitoring

4.2. Analisis Kebutuhan Prototype

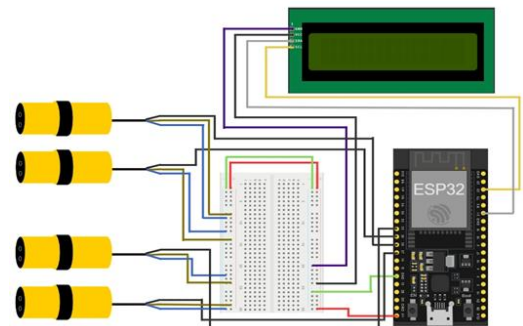
Analisis kebutuhan dilakukan untuk menentukan komponen perangkat keras yang digunakan dalam pembangunan *prototype* sistem *monitoring* keramaian berbasis *Internet of Things (IoT)*. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama, sensor *IR Proximity* sebagai pendeteksi pergerakan, serta beberapa komponen pendukung untuk proses perakitan dan pengujian *prototype*. Daftar komponen yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1:

Tabel 1 : Kebutuhan Prototype

No	Nama Komponen	Kuantitas
1	Mikrokontroler ESP32	1
2	Sensor IR Proximity E18-D80NK	4
3	Breadboard 800 pin	1
4	Expansion Board Esp32	1
5	LCD I2C 16x2	1
6	Kabel Adaptor 5V	1
7	Kabel USB	1
8	Kabel Jumper	Secukupnya

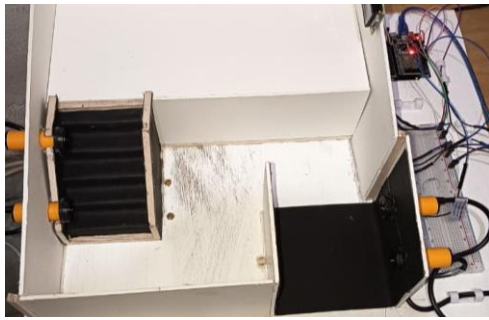
4.3. Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras dilakukan untuk merealisasikan sistem monitoring keramaian berbasis *Internet of Things (IoT)*. Sistem ini berfungsi mendeteksi pergerakan pengguna, memproses data menggunakan mikrokontroler, dan mengirimkan hasil perhitungan ke server melalui koneksi *Wi-Fi*.



Gambar 4. Perancangan alat monitoring keramaian

Sistem terdiri dari mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama, sensor *IR Proximity E18-D80NK* sebagai pendeteksi pergerakan, serta LCD I2C 16x2 sebagai tampilan lokal. Seluruh komponen dirangkai pada *breadboard* sebagai tahap pengembangan *prototype*.



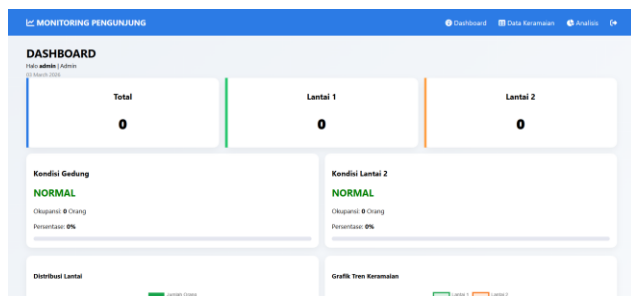
Gambar 5. *Prototype Sistem Monitoring*

Empat sensor IR digunakan untuk mendeteksi pergerakan pada dua titik akses, yaitu pintu utama dan area tangga. Setiap lokasi menggunakan dua sensor yang dipasang berurutan sehingga sistem dapat menentukan arah pergerakan berdasarkan urutan aktivasi sensor. Data dari sensor diproses oleh ESP32, kemudian dikirimkan ke server dan ditampilkan pada dashboard web secara *real-time*.

4.4. Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi perangkat lunak mengelola data *monitoring* dari ESP32 dan menampilkannya pada sistem web. Data jumlah pengguna dikirim melalui *Wi-Fi* menggunakan *HTTP POST*, diterima oleh API, kemudian disimpan dalam basis data dengan pencatatan waktu otomatis untuk analisis *historis*.

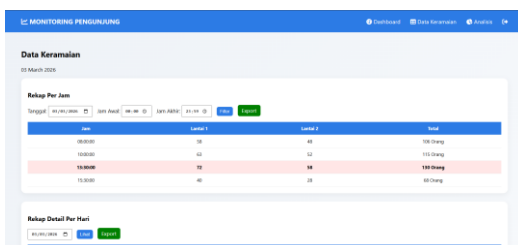
4.4.1. Implementasi Tampilan Dashboard



Gambar 1. Tampilan Dashboard

Dashboard berfungsi sebagai antarmuka utama untuk menampilkan kondisi gedung secara *real-time*. Informasi yang ditampilkan meliputi jumlah pengguna per lantai, total pengunjung, persentase kepadatan, serta status kapasitas gedung.

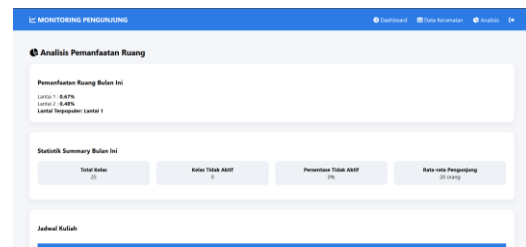
4.4.2. Implementasi Tampilan Data Keramaian



Gambar 2. Tampilan Menu Data Keramaian

Halaman data keramaian menampilkan riwayat kepadatan dalam bentuk rekap per jam, harian, dan bulanan. Sistem menyediakan fitur penyaringan waktu serta ekspor data ke format Excel untuk keperluan dokumentasi dan analisis lanjutan.

4.4.3. Implementasi Tampilan Halaman Analisa



Gambar 3. Tampilan Halaman Analisa

Halaman analisis menyajikan ringkasan statistik analisis. Informasi ini membantu evaluasi pemanfaatan fasilitas berbasis data.

4.5. Pengujian Prototype

Pengujian dilakukan untuk memastikan *prototype* bekerja sesuai rancangan dan menghasilkan data yang valid. Evaluasi mencakup kinerja perangkat keras, stabilitas perangkat lunak, serta kesesuaian data dengan kondisi aktual. Pengujian terdiri dari uji akurasi untuk menilai ketepatan perhitungan jumlah pengguna dan uji *black-box* untuk memverifikasi fungsi sistem web.

4.5.1. Pengujian Akurasi Alat

Tabel 2 : Hasil dari Skenario Pengujian Akurasi

Skenario	Data manual	Data Sistem	Selisih	Error (%)
Masuk bergantian	10	10	0	0%
Keluar satu per satu	4	4	0	0%
Perpindahan lantai naik	3	3	0	0%
Perpindahan lantai turun	2	2	0	0%
Kombinasi pergerakan	5	5	0	0%
Pengujian stabilitas sistem.	20	20	0	0%
Pergerakan sangat berdekatan	2	1	1	50%

Perhitungan tingkat kesalahan menggunakan rumus:

$$\text{Error} = \frac{| \text{Data Manual} - \text{Data Sistem} |}{\text{Data Manual}} \times 100\%$$

Dari tujuh skenario pengujian diperoleh total 46 pergerakan pada perhitungan manual dan 45 pergerakan pada sistem dengan selisih satu perhitungan. Nilai kesalahan sistem sebesar 2,17%, sehingga tingkat akurasi *prototype* mencapai 97,83%. Hasil ini menunjukkan sistem mampu bekerja dengan baik pada kondisi pergerakan normal, sementara kesalahan terjadi pada kondisi ekstrem ketika dua objek melintas sangat berdekatan.

4.5.2. Pengujian Blackbox.

Tabel 1 : Hasil Pengujian Blackbox

Fitur	Input	Hasil yang Diharapkan	Keterangan
Login (data benar)	Username dan	Sistem menampilkan dashboard	Sesuai

	password valid		
Dashboard realtime	Perubahan jumlah pengunjung	Data total dan per lantai diperbarui otomatis	Sesuai
Status kapasitas	Total > 80% kapasitas	Status berubah menjadi overload	Sesuai
Rekap Data	Pilih periode waktu	Sistem menampilkan data sesuai periode	Pilih periode waktu
Export data	Klik tombol export	File Excel terunduh sesuai data	Sesuai
Halaman Analisis	Pilih periode data	Sistem menampilkan statistik	Sesuai

4.6. Analisis Keramaian

Analisis keramaian dilakukan untuk mengevaluasi tingkat aktivitas dalam gedung berdasarkan data pergerakan yang direkam oleh sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT). Data diperoleh dari hasil pembacaan sensor pada titik akses utama dan antar lantai selama periode pengamatan. Nilai yang dianalisis merepresentasikan jumlah pergerakan, sehingga mencerminkan intensitas mobilitas pengguna, bukan jumlah individu unik.

Sebagai dasar pembandingan, digunakan kapasitas acuan gedung yang diperoleh dari hasil wawancara dengan ahli teknik sipil. Pada kategori sedang, kapasitas maksimum lantai 2 sebesar 378 orang digunakan karena area tersebut memiliki jumlah ruang aktif dan aktivitas dominan yang lebih tinggi.

4.6.1. Analisis Statistik Deskriptif Kepadatan

Data yang dianalisis terdiri dari 13 sesi pengamatan dengan total akumulasi pergerakan sebesar:
 $115 + 90 + 85 + 85 + 60 + 60 + 58 + 35 + 35 + 33 + 33 + 33 + 33 = 755$ pergerakan

Rata-rata aktivitas dihitung sebagai:

Rata-rata = $755 / 13 = 58,08$ pergerakan per sesi

Nilai maksimum tercatat sebesar 115 pergerakan, sedangkan nilai minimum sebesar 33 pergerakan, sehingga selisih aktivitas mencapai:

$115 - 33 = 82$ pergerakan

Hasil ini menunjukkan bahwa tingkat aktivitas dalam gedung bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh jadwal operasional. Aktivitas meningkat pada periode perkuliahan yang berlangsung bersamaan dan menurun pada sesi dengan intensitas penggunaan ruang yang lebih rendah. Karena data berbasis pergerakan, hasil analisis ini merepresentasikan intensitas mobilitas, sehingga digunakan sebagai indikator relatif dalam menentukan tingkat keramaian gedung.

4.6.2. Analisis Perbandingan Jadwal dan Data Monitoring

Berdasarkan jadwal perkuliahan, terdapat: 25 kelas aktif selama periode pengamatan.

Total aktivitas yang tercatat oleh sistem:
755 pergerakan

Rata-rata aktivitas per kelas:

$755 \div 25 = 30,2$ pergerakan per kelas

Hasil menunjukkan bahwa semakin banyak kelas yang berlangsung, aktivitas cenderung meningkat. Namun, hubungan ini tidak sepenuhnya linier karena dipengaruhi oleh mobilitas pengguna, seperti perpindahan antar lantai dan aktivitas di luar kelas.

4.6.3. Analisis Identifikasi Jam Puncak

Nilai aktivitas tertinggi yang terdeteksi adalah: 115, 90, dan 85 pergerakan

Dengan kapasitas acuan: 378 orang

Persentase aktivitas dihitung sebagai:

- $115 \div 378 \times 100\% = 30,4\%$
- $90 \div 378 \times 100\% = 23,8\%$
- $85 \div 378 \times 100\% = 22,5\%$

Nilai terendah:

$33 \div 378 \times 100\% = 8,7\%$

Berdasarkan klasifikasi:

- $<20\%$ = rendah
- $20-50\%$ = sedang
- $50\%-100\%$ = tinggi

Seluruh aktivitas berada pada kategori rendah hingga sedang. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun terjadi peningkatan aktivitas pada jam tertentu, kondisi gedung masih dalam batas aman.

4.6.4. Analisis Pemanfaatan Ruangan

Rata-rata pemanfaatan dihitung dengan membandingkan aktivitas terhadap kapasitas:
 $58,08 \div 378 \times 100\% = 15,4\%$

Nilai ini menunjukkan bahwa sebagian besar waktu operasional berada pada tingkat pemanfaatan rendah. Dengan kata lain, kapasitas gedung belum dimanfaatkan secara maksimal, meskipun tetap mampu mengakomodasi peningkatan aktivitas pada jam tertentu.

4.6.5. Analisis Keamanan dan Keselamatan

Sistem juga mendukung pengawasan keamanan melalui konsep *zero occupancy*, yaitu kondisi ketika jumlah pengunjung harus bernilai nol setelah jam operasional berakhir. Mode keamanan aktif pada periode ≥ 21.30 WIB atau < 07.00 WIB. Jika sistem mendeteksi:

$Total Pengunjung > 0$

pada periode tersebut, maka sistem memberikan status peringatan aktivitas di luar jam operasional. Mekanisme ini memungkinkan sistem monitoring tidak hanya berfungsi sebagai penghitung kepadatan, tetapi juga sebagai pendukung pengawasan keamanan gedung berbasis data.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan sistem monitoring keramaian berbasis Internet of Things menggunakan ESP32 dan sensor IR Proximity E18-D80NK. Sistem mampu mendeteksi pergerakan masuk, keluar, serta perpindahan antar lantai, dan mengirimkan data ke server secara *real-time* untuk ditampilkan pada *dashboard* web.

Hasil pengujian menunjukkan akurasi sistem sekitar 97% pada kondisi pergerakan satu per satu, dengan seluruh fungsi sistem berjalan sesuai perancangan. Analisis data menunjukkan rata-rata aktivitas sebesar 58,08 pergerakan per sesi, dengan pemanfaatan maksimum mencapai 30,4% dari kapasitas acuan.

Keterbatasan sistem terletak pada ketidakmampuan sensor dalam mendeteksi pergerakan secara bersamaan serta ketergantungan pada kestabilan koneksi *WiFi*. Selain itu, implementasi masih terbatas pada skala *prototype* dan belum diuji pada kondisi kepadatan tinggi.

5.2. Saran

Pengembangan berikutnya dapat diarahkan pada peningkatan ketelitian sistem dengan memanfaatkan teknologi lain seperti kamera berbasis *computer vision*, sensor *Time-of-Flight (ToF)*, atau *LiDAR* yang lebih mampu menangani deteksi beberapa objek secara bersamaan. Selain itu, penggunaan lebih dari satu sensor pada titik akses yang sama serta penerapan konsep *multi-gate* dapat membantu meningkatkan akurasi perhitungan, terutama pada bangunan dengan struktur yang lebih kompleks. Dari sisi keandalan, sistem juga dapat dilengkapi dengan penyimpanan sementara di perangkat lokal agar data tetap aman meskipun terjadi gangguan pada koneksi jaringan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada pihak Fakultas Ilmu Komputer, Institut Bisnis dan Teknologi Pelita Indonesia yang telah mendukung penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Putra Darmawan and M. Taufiqurrohman, "Design and Build a Counter System Number of Library Visitors Hang Tuah University, Surabaya," *JEEE-U (Journal Electr. Electron. Eng.)*, vol. 4, no. 1, pp. 32–41, 2020, doi: 10.21070/jeeeu.v4i1.318.
- [2] Dzulfikar, N. R. Rosyid, and R. Adrian, "Rancang Bangun Prototype Pengenal Sensor Semi Otomatis Pada Perangkat Internet of Things," *J. Internet Softw. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 15–19, 2023, doi: 10.22146/jise.v4i2.9161.
- [3] Hidayat Agung and Sutabri Tata, "Optimalisasi Pengelolaan Fasilitas Kampus Menggunakan IoT untuk Monitoring Ketersediaan Ruang dan Peralatan," *Saturnus J. Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 3, no. 1, pp. 01–10, 2024, doi: 10.61132/saturnus.v3i1.517.
- [4] N. Cavus, S. E. Mrwebi, and I. Ibrahim, "Internet of Things and Its Applications to Smart Campus: A Systematic Literature Review," *ijim*, vol. 16, no. 23, pp. 17–35, 2022.
- [5] Ilyas and S. Norawati, "Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja Dosen Institut Bisnis Dan Teknologi Pelita Indonesia Di Pekanbaru," *Menara Ilmu*, vol. XVI, no. 02, pp. 24–37, 2022.
- [6] F. Maulana sugiartana Nursuwars, R. A. Alauddin, and I. Usrah, "Sistem Penghitung Otomatis Jumlah Orang Dalam Ruang Berbasis Internet of Things," *E-JOINT (Electronica Electr. J. Innov. Technol.)*, vol. 5, no. 1, pp. 1–5, 2024, doi: 10.35970/e-joint.v5i1.2364.
- [7] F. M. Sinaga, Q. A. Ramadhani, I. S. Alifuddin, and M. Eng, "Rancang Bangun Alat Penghitung Jumlah Pengunjung Restoran Berbasis Internet of Things (IoT)," *Konf. Nas. Sos. dan Eng. Politek. Negeri Medan*, pp. 728–735, 2022.
- [8] A. S. Pramuda, A. Wisnu, W. Nugraha, and A. Fadli, "Perancangan Sistem Deteksi Manusia Menggunakan Sensor PIR, RCWL, dan Infrared Pada Sistem Manajemen Lampu Gedung Berbasis Internet of Things Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia Design of a Human Detectio," *J. Pendidik. dan Teknol. Indones.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–10, 2023.
- [9] D. Puspita and A. Astriany Rizky, "Rancang Bangun Alat Pembatas Bagi Jumlah Pengunjung Berbasis Infra Red (Pir) Di Plaza Indihome Telkom Area Sumedang," *INFOKOM (Informatika & Komputer)*, vol. 11, no. 1, pp. 19–33, 2023, doi: 10.56689/infokom.v11i1.1064.
- [10] W. P. Wegift and A. J. Taufiq, "Penerapan IoT (Internet of Things) Pada Alat Penghitung Penumpang Bus Trans Banyumas," *J. Ris. Rekayasa Elektro*, vol. 6, no. 1, p. 69, 2024, doi: 10.30595/jrre.v6i1.20988.
- [11] V. Singh, N. Rath, K. Choudhary, P. Gupta, and N. Mehendale, "Design and Development of Bidirectional Visitor Counter using Arduino Uno Micro-controller and," *SSRN*, pp. 1–6, 2023.
- [12] H. K. Setiawan and R. Susanto, "Consumer Counting System in Stores Based on Internet of Things (IoT) With ESP 32 Microcontroller and Ultrasonic Distance Sensor," *J. Adv. Inf. Ind. Technol.*, vol. 6, no. 2, pp. 93–102, 2024.
- [13] F. Rak and J. Wiora, "Comparison of ESP programming platforms," *Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 77–86, 2021, doi: 10.11591/csit.v2i2.p77-86.
- [14] A. H. Kuspranoto and M. F. Alfatih, "Rancang Bangun Robot Line Follower Pada Examination Lamp Berbasis Mikrokontroler Arduino Design And Development Of Line Follower Robot Using Arduino Microcontroller Based Examination," *J. Tek. Elektromedik Polbitrada*, vol. 4, no. 1, pp. 1–7, 2023.
- [15] N. Cavus, S. E. Mrwebi, I. Ibrahim, T. Modupeola, and A. Y. Reeves, "Internet of Things and Its Applications to Smart Campus: A Systematic Literature Review," *ijim*, vol. 16, no. 23, pp. 17–35, 2022.
- [16] F. Sinlae, I. Maulana, F. Setiyansyah, and M. Ihsan, "Pengenalan Pemrograman Web: Pembuatan Aplikasi Web Sederhana Dengan PHP dan MYSQL," *J. Siber Multi Disiplin(JSMD)*, vol. 2, no. 2, pp. 68–82, 2024.
- [17] A. Oktarino, I. T. Amri, A. Afriansyah, A. F. Shobur, B. Gultom, and R. Dauli, "Implementasi Diagram Unified Modeling Language (UML) Sistem Informasi Berbasis Web SD Negeri 042/XI Seberang Kota Sungai Penuh," *J. Comput. Eng. Syst. Sci.*, vol. 9, no. 2, pp. 631–643, 2024, [Online].
- [18] J. Hendrawan, I. D. Perwitasari, and F. Wibowo, "Pendekatan UML dalam Desain Sistem Informasi Rantai Pasok untuk Optimalisasi Produk Pertanian di Pertumbuhan Wampu," vol. 13, no. November, pp. 1812–1822, 2024.