
IMPLEMENTATION OF AN IOT-BASED CONGREGANT COUNTING SYSTEM USING INFRARED PROXIMITY SENSOR E18-D80NK AND WEB DASHBOARD (CASE STUDY: BETHANY CITYWALK CHURCH)

Daniel Liuw¹⁾, Wisard W. Kalengkongan²⁾, Benny Pinontoan³⁾ Eliasta Ketaren⁴⁾
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sam Ratulangi

Alamat Kampus UNSRAT 95115

email: danielliuw106@student.unsrat.ac.id¹⁾, wizard.kalengkongan@unsrat.ac.id²⁾, benny_pinontoan@unsrat.ac.id³⁾, eliasketaren@unsrat.ac.id⁴⁾

Abstrak

Penghitungan jumlah jemaat secara manual pada lingkungan gereja berpotensi menimbulkan *human error*, sulit dilakukan secara *real-time*, serta menambah beban operasional *usher* dalam mengelola aktivitas ibadah dan kapasitas ruangan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem penghitung jemaat berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan dual sensor *infrared proximity* E18-D80NK, mikrokontroler ESP32, database MySQL, dan *web dashboard* pada Bethany Citywalk Church. Sistem menggunakan metode *direction-based counting* untuk mendeteksi arah pergerakan jemaat masuk dan keluar berdasarkan urutan aktivasi sensor, kemudian mengirimkan data menuju server melalui komunikasi *Wi-Fi* untuk ditampilkan secara *real-time*. Pengujian dilakukan menggunakan Black Box Testing, evaluasi akurasi, *response time*, dan *communication reliability*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berhasil melakukan deteksi pergerakan, penghitungan jumlah jemaat secara otomatis, serta monitoring kapasitas ruangan melalui dashboard berbasis web. Sistem mampu meningkatkan efisiensi monitoring dibandingkan metode manual, meskipun masih memiliki keterbatasan pada kondisi ketika beberapa jemaat melewati area sensor secara bersamaan. Penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis dual sensor *infrared* berbiaya rendah dapat menjadi solusi praktis untuk monitoring jemaat secara *real-time* pada lingkungan operasional gereja.

Kata kunci: Dashboard web; ESP32; Internet of Things; Penghitung jemaat; Sensor *infrared*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah mendorong munculnya berbagai sistem otomatisasi yang mampu meningkatkan efisiensi, akurasi, serta kemampuan monitoring secara *real-time* pada berbagai bidang, seperti industri, kesehatan, pendidikan, dan layanan publik. Teknologi IoT memungkinkan perangkat elektronik, sensor, dan sistem komputasi saling terhubung melalui jaringan internet untuk melakukan pengumpulan, pemrosesan, dan pertukaran data secara otomatis. Implementasi teknologi ini semakin relevan pada aktivitas operasional yang membutuhkan pemantauan kondisi secara cepat, akurat, dan berkelanjutan.

Dalam lingkungan pelayanan gereja, pengelolaan jumlah jemaat merupakan salah satu aspek penting yang berkaitan dengan kenyamanan, keteraturan, keamanan, serta pengendalian kapasitas ruangan selama kegiatan ibadah berlangsung. Bethany Citywalk Church memiliki kapasitas ruangan sekitar 400 orang, dengan rata-rata kehadiran jemaat mencapai sekitar 300 orang pada setiap sesi ibadah. Pada kondisi tersebut, proses penghitungan jumlah jemaat masih dilakukan secara manual oleh *usher* yang juga bertanggung jawab terhadap penyambutan jemaat, pengaturan tempat duduk, serta menjaga ketertiban jalannya ibadah. Proses penghitungan manual membutuhkan konsentrasi tinggi, rentan terhadap *human error*, serta sulit dilakukan secara *real-time*, terutama ketika arus masuk dan keluar jemaat berlangsung secara padat atau bersamaan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem penghitung manusia berbasis IoT menggunakan berbagai pendekatan dan teknologi sensor. Penelitian Ramadana Putra dkk. mengimplementasikan sensor *infrared* untuk sistem penghitung pengunjung berbasis web, sedangkan penelitian lain menggunakan sensor PIR dan mikrokontroler ESP32 untuk monitoring jumlah jemaat melalui dashboard *real-time*. Selain itu, pendekatan berbasis *computer vision* seperti algoritma YOLOv4 menunjukkan kemampuan deteksi dengan tingkat akurasi yang tinggi. Namun, metode berbasis kamera memerlukan sumber daya komputasi yang lebih besar, biaya implementasi yang lebih tinggi, serta infrastruktur yang lebih kompleks. Sementara itu, beberapa pendekatan berbasis sensor masih memiliki keterbatasan dalam mendeteksi arah pergerakan secara konsisten maupun menjaga performa pada kondisi operasional dengan kepadatan pengguna yang tinggi.

Namun, masih terbatas penelitian yang secara khusus mengimplementasikan sistem penghitung jemaat berbasis dual *infrared proximity sensor* berbiaya rendah yang terintegrasi dengan monitoring kapasitas gereja secara *real-time* melalui *web dashboard*. Kondisi ini menunjukkan adanya kebutuhan terhadap solusi monitoring yang tidak hanya memiliki implementasi yang sederhana dan ekonomis, tetapi juga mampu mendukung kebutuhan operasional gereja secara langsung.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengusulkan implementasi sistem penghitung jemaat berbasis Internet of Things menggunakan sensor *infrared proximity* E18-D80NK, mikrokontroler ESP32, dan *web dashboard*. Sistem bekerja menggunakan dua sensor *infrared* yang dipasang secara berurutan pada pintu masuk gereja untuk mendeteksi arah pergerakan jemaat berdasarkan urutan aktivasi sensor (*direction-based counting*). Data hasil deteksi diproses oleh ESP32, dikirim menuju database melalui komunikasi jaringan, kemudian ditampilkan pada dashboard berbasis web untuk mendukung monitoring jumlah jemaat dan kapasitas ruangan secara *real-time*.

Kontribusi utama dan novelty penelitian ini terletak pada implementasi konfigurasi dual sensor *infrared proximity* E18-D80NK dengan pendekatan *direction-based movement detection* yang terintegrasi dengan sistem monitoring berbasis dashboard *real-time* berbiaya rendah pada konteks operasional gereja. Berbeda dengan pendekatan berbasis kamera yang membutuhkan kompleksitas perangkat dan komputasi lebih tinggi, maupun pendekatan sensor tunggal yang memiliki keterbatasan dalam identifikasi arah pergerakan, sistem yang diusulkan menekankan pada solusi yang lebih sederhana, ekonomis, mudah diimplementasikan, dan tetap mendukung kebutuhan monitoring kapasitas jemaat secara langsung.

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan dan mengimplementasikan sistem penghitung jemaat otomatis berbasis IoT yang mampu mendeteksi pergerakan jemaat masuk dan keluar, menghitung jumlah jemaat secara otomatis, serta menyediakan monitoring kapasitas ruangan secara *real-time* pada Bethany Citywalk Church.

2. Landasan Teori

Bagian ini membahas konsep-konsep teoritis dan penelitian terdahulu yang menjadi dasar dalam pengembangan sistem penghitung jemaat berbasis Internet of Things (IoT) pada penelitian ini. Landasan teori mencakup pembahasan mengenai teknologi IoT, mikrokontroler ESP32, sensor *infrared proximity* E18-D80NK, database dan *web dashboard*, metode *Black Box Testing*, serta kajian terhadap beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan sistem penghitung manusia berbasis sensor dan teknologi monitoring *real-time*. Kajian ini digunakan untuk mendukung pemilihan teknologi, perancangan arsitektur sistem, serta memperkuat posisi penelitian terhadap pendekatan yang telah dikembangkan pada penelitian sebelumnya.

ESP32 dan Sensor *Infrared Proximity* E18-D80NK

ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems dan banyak digunakan dalam pengembangan sistem IoT karena memiliki modul *Wi-Fi* dan *Bluetooth* terintegrasi, konsumsi daya yang relatif rendah, serta kemampuan pemrosesan data yang memadai. Pada penelitian ini, ESP32 berfungsi sebagai pusat pengendali sistem yang menerima input dari sensor, memproses logika deteksi pergerakan, serta mengirimkan data menuju server melalui jaringan komunikasi.

Sensor *infrared proximity* E18-D80NK digunakan sebagai perangkat pendeteksi objek berbasis refleksi cahaya inframerah. Sensor ini mampu mendeteksi objek pada jarak tertentu dan menghasilkan keluaran digital yang dapat diproses oleh mikrokontroler. Penelitian ini menggunakan dua sensor E18-D80NK yang dipasang secara berurutan untuk mendeteksi arah pergerakan jemaat berdasarkan urutan aktivasi sensor (*direction-based movement detection*). Pendekatan ini memungkinkan sistem membedakan pergerakan masuk dan keluar secara otomatis.

Database dan *Web Dashboard*

Database berfungsi sebagai media penyimpanan data hasil deteksi yang dikirimkan oleh perangkat IoT. Penelitian ini menggunakan MySQL sebagai sistem manajemen basis data untuk menyimpan informasi jumlah jemaat, aktivitas masuk–keluar, dan waktu deteksi. Penggunaan database memungkinkan data tersimpan secara terstruktur serta mendukung proses monitoring dan evaluasi sistem.

Informasi yang tersimpan kemudian divisualisasikan melalui *web dashboard* berbasis PHP, HTML, dan CSS. Dashboard dirancang untuk menampilkan jumlah jemaat, kapasitas ruangan, serta aktivitas monitoring secara *real-time* sehingga membantu *usher* maupun administrator gereja dalam melakukan pemantauan kondisi operasional secara lebih efektif.

Black Box Testing

Black Box Testing merupakan metode pengujian perangkat lunak yang berfokus pada evaluasi fungsi sistem berdasarkan hubungan antara input dan output tanpa memperhatikan struktur internal program. Metode ini digunakan untuk memastikan bahwa fitur sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional yang telah ditentukan. Dalam penelitian ini, *Black Box Testing* digunakan untuk mengevaluasi fungsi deteksi sensor, komunikasi data antara perangkat dan server, penyimpanan data pada database, serta tampilan informasi pada dashboard monitoring.

Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem penghitung manusia menggunakan berbagai pendekatan sensor dan teknologi monitoring. Ahmad dkk. mengembangkan sistem penghitung pengunjung berbasis NodeMCU ESP8266 menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dengan integrasi notifikasi Telegram. Penelitian tersebut menunjukkan kemampuan penghitungan otomatis, namun masih mengalami keterbatasan ketika terjadi pergerakan cepat pada area deteksi.

Penelitian lain oleh Sinaga dkk. memanfaatkan sensor PIR dan ESP32 untuk monitoring jumlah pengunjung berbasis IoT. Sistem berhasil melakukan penghitungan secara otomatis, namun sensor PIR memiliki keterbatasan karena lebih berfokus pada deteksi gerakan dan perubahan panas sehingga konsistensi arah deteksi dapat menurun pada kondisi kepadatan tinggi.

Pendekatan berbasis *computer vision* juga telah diterapkan menggunakan algoritma YOLOv4 untuk sistem penghitung jemaat gereja. Metode ini menawarkan tingkat akurasi yang tinggi, tetapi membutuhkan sumber daya komputasi, biaya implementasi, dan kompleksitas infrastruktur yang lebih besar. Di sisi lain, penelitian berbasis sensor *infrared* menunjukkan bahwa sensor *infrared proximity* mampu memberikan performa deteksi yang cukup stabil dengan biaya implementasi yang relatif rendah apabila didukung oleh konfigurasi pemasangan dan logika deteksi yang tepat.

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa setiap pendekatan memiliki kelebihan dan keterbatasan masing-masing dalam aspek akurasi, kompleksitas implementasi, biaya perangkat, dan kemampuan monitoring *real-time*. Oleh karena itu, penelitian ini mengadopsi pendekatan berbasis dual sensor *infrared proximity* E18-D80NK yang diintegrasikan dengan ESP32 dan *web dashboard* sebagai alternatif solusi yang lebih sederhana, ekonomis, dan sesuai dengan kebutuhan operasional monitoring jemaat pada lingkungan gereja.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan dan mengevaluasi sistem penghitung jemaat berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu melakukan monitoring jumlah jemaat dan kapasitas ruangan secara *real-time* pada Bethany Citywalk Church. Sistem dibangun menggunakan kombinasi perangkat keras dan perangkat lunak yang terdiri atas sensor *infrared proximity* E18-D80NK, mikrokontroler ESP32, database MySQL, serta *web dashboard*. Metode penelitian mencakup tahapan perancangan sistem, implementasi perangkat, integrasi komunikasi data, serta pengujian performa sistem untuk memastikan fungsi deteksi, stabilitas komunikasi, dan kemampuan monitoring berjalan sesuai dengan kebutuhan operasional.

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian terapan (*applied research*) dengan pendekatan eksperimental untuk mengembangkan dan mengevaluasi sistem penghitung jemaat berbasis Internet of Things (IoT). Penelitian dilaksanakan di Bethany Citywalk Church pada periode Agustus 2025 hingga April 2026. Tahapan penelitian meliputi identifikasi permasalahan, perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian performa sistem.

Proses identifikasi masalah dilakukan melalui observasi langsung terhadap proses penghitungan jemaat selama kegiatan ibadah dan wawancara dengan *usher* serta administrator gereja untuk memperoleh kebutuhan sistem. Hasil identifikasi digunakan sebagai dasar dalam menentukan arsitektur perangkat, mekanisme deteksi, dan kebutuhan monitoring *real-time*.

Arsitektur Sistem

Sistem yang dikembangkan menggunakan arsitektur berbasis Internet of Things (IoT) yang terdiri dari komponen perangkat input, pemrosesan data, penyimpanan data, dan antarmuka monitoring. Komponen utama sistem meliputi dua sensor *infrared proximity* E18-D80NK, mikrokontroler ESP32, database MySQL, serta *web dashboard* berbasis PHP. Arsitektur sistem dirancang untuk mendukung proses deteksi, pengolahan, pengiriman, dan visualisasi data secara *real-time*.

Dua sensor *infrared proximity* E18-D80NK, yaitu Sensor A dan Sensor B, dipasang secara berurutan pada area pintu masuk gereja untuk mendeteksi arah pergerakan jemaat. Sistem menggunakan metode *direction-based counting*, yaitu mekanisme penghitungan berdasarkan urutan aktivasi sensor. Ketika Sensor A aktif terlebih dahulu kemudian diikuti oleh Sensor B, sistem mengidentifikasi kondisi tersebut sebagai pergerakan masuk dan menambahkan jumlah jemaat. Sebaliknya, ketika Sensor B aktif terlebih dahulu kemudian diikuti oleh Sensor A, sistem mengidentifikasi kondisi tersebut sebagai pergerakan keluar dan mengurangi jumlah jemaat.

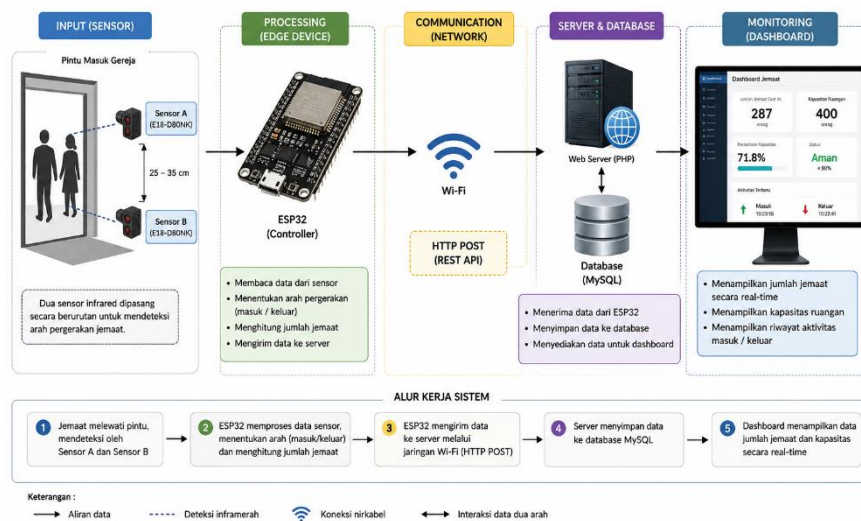
Untuk meningkatkan konsistensi deteksi, sistem menerapkan mekanisme validasi urutan sensor. Penghitungan hanya dilakukan apabila kedua sensor aktif dalam urutan yang benar dan dalam interval waktu yang telah ditentukan. Aktivasi simultan, urutan deteksi yang tidak lengkap, atau keterlambatan aktivasi sensor dianggap sebagai kondisi tidak valid dan

tidak diproses oleh sistem. Mekanisme ini digunakan untuk mengurangi potensi kesalahan penghitungan akibat gangguan lingkungan, pergerakan tidak sempurna, maupun aktivitas deteksi yang ambigu.

Data hasil deteksi diproses oleh ESP32 sebagai pusat pengendali sistem. Mikrokontroler bertugas membaca sinyal digital dari sensor, menjalankan logika penentuan arah pergerakan, menghitung jumlah jemaat, dan mengelola komunikasi data melalui jaringan *Wi-Fi*. Data yang telah diproses kemudian dikirimkan menuju server menggunakan protokol komunikasi HTTP POST.

Pada sisi server, data diterima oleh skrip berbasis PHP dan disimpan ke dalam database MySQL untuk mendukung penyimpanan serta sinkronisasi data monitoring. Informasi yang tersimpan selanjutnya ditampilkan melalui *web dashboard* yang menyediakan informasi jumlah jemaat, aktivitas masuk–keluar, serta kapasitas ruangan secara *real-time*. Dashboard dirancang menggunakan mekanisme *asynchronous update* sehingga data dapat diperbarui secara otomatis tanpa memerlukan *refresh* manual halaman.

Arsitektur sistem yang diusulkan memungkinkan integrasi antara perangkat sensor, mikrokontroler, basis data, dan antarmuka monitoring dalam satu alur komunikasi yang mendukung kebutuhan operasional gereja secara otomatis dan *real-time*.



Gambar 1. Arsitektur Sistem IoT Penghitung Jemaat

Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan melalui integrasi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) untuk membangun sistem penghitung jemaat berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu melakukan monitoring secara *real-time*. Implementasi meliputi pemasangan sensor, konfigurasi mikrokontroler, pengembangan basis data, serta pembangunan *web dashboard* sebagai antarmuka monitoring.

Implementasi perangkat keras menggunakan NodeMCU ESP32 Devkit v1 sebagai pusat pengendali sistem dan dua sensor *infrared proximity* E18-D80NK sebagai perangkat deteksi pergerakan jemaat. Kedua sensor dipasang secara berurutan pada pintu masuk gereja dengan ketinggian sekitar 90–110 cm dari permukaan lantai dan jarak antar sensor sekitar 25–35 cm untuk mendukung mekanisme deteksi arah pergerakan. Sensor dihubungkan ke pin GPIO pada ESP32 sebagai input digital untuk membaca kondisi aktivasi sensor secara berkelanjutan.

ESP32 diprogram menggunakan Arduino IDE untuk menjalankan logika penghitungan berbasis *direction-based counting*. Program melakukan pembacaan sinyal sensor secara kontinu, menentukan arah pergerakan berdasarkan urutan aktivasi sensor, melakukan validasi deteksi, serta menghitung jumlah jemaat masuk dan keluar. Setelah proses pengolahan selesai, data dikirimkan menuju server menggunakan komunikasi jaringan *Wi-Fi* melalui metode HTTP POST.

Pada sisi server, implementasi dilakukan menggunakan PHP untuk menangani proses penerimaan data dari ESP32 dan melakukan interaksi dengan database MySQL. Data yang diterima disimpan dalam basis data yang memuat informasi aktivitas masuk–keluar, waktu deteksi, serta identitas perangkat. Database berfungsi sebagai media penyimpanan utama yang mendukung sinkronisasi data monitoring secara berkelanjutan.

Informasi yang tersimpan kemudian divisualisasikan melalui *web dashboard* yang dikembangkan menggunakan PHP, HTML, dan CSS. Dashboard dirancang untuk menampilkan informasi jumlah jemaat saat ini, kapasitas ruangan, aktivitas

masuk–keluar, serta status monitoring secara *real-time*. Sistem menggunakan mekanisme *asynchronous update* sehingga informasi pada dashboard dapat diperbarui secara otomatis tanpa memerlukan *refresh* manual halaman.

Untuk mendukung konsistensi operasional sistem, beberapa parameter implementasi ditetapkan selama proses pengembangan dan pengujian. Parameter tersebut meliputi tinggi pemasangan sensor, jarak antar sensor, interval validasi deteksi, serta interval komunikasi data antara ESP32 dan server. Penetapan parameter ini bertujuan untuk meningkatkan stabilitas deteksi, mengurangi *false counting*, dan menjaga performa monitoring secara *real-time*.

Tabel 1. Parameter Implementasi Sistem

Parameter	Nilai
Tinggi pemasangan sensor	90-110 cm
Jarak antar sensor	25-35 cm
Debounce Time	30-50 ms
Reset timeout	1.2 s
Sampling rate ESP32	≥ 1 kHz
Interval HTTP POST	100 ms
Dashboard refresh interval	300-500 ms

Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja, fungsi operasional, serta stabilitas komunikasi pada sistem penghitung jemaat berbasis IoT yang telah dikembangkan. Pengujian difokuskan pada kemampuan sistem dalam mendeteksi pergerakan jemaat, melakukan penghitungan otomatis, mengirimkan data menuju server, serta menampilkan informasi monitoring secara *real-time* melalui *web dashboard*.

Pengujian fungsional dilakukan menggunakan metode Black Box Testing untuk memastikan seluruh komponen sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan. Evaluasi dilakukan tanpa menganalisis struktur internal program, melainkan dengan mengamati kesesuaian antara input dan output sistem. Pengujian mencakup fungsi deteksi sensor, logika penghitungan arah pergerakan, komunikasi data antara ESP32 dan server, penyimpanan data pada database, serta visualisasi informasi pada dashboard monitoring. Selain pengujian fungsional, penelitian ini juga melakukan evaluasi performa sistem melalui pengujian akurasi, response time, dan communication reliability.

Pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil penghitungan sistem terhadap hasil penghitungan manual yang dilakukan selama beberapa skenario operasional. Pengujian dilakukan pada berbagai kondisi pergerakan jemaat untuk mengukur kemampuan sistem dalam mendeteksi aktivitas masuk dan keluar secara benar. Pengujian response time dilakukan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan sistem sejak terjadinya deteksi sensor hingga informasi berhasil ditampilkan pada *web dashboard*. Evaluasi ini digunakan untuk menilai kemampuan sistem dalam menyediakan monitoring secara *real-time* selama kegiatan operasional berlangsung.

Sementara itu, pengujian communication reliability dilakukan untuk mengevaluasi kestabilan komunikasi data antara ESP32 dan server selama proses monitoring. Pengujian dilakukan dengan mengamati keberhasilan pengiriman data, kontinuitas koneksi jaringan, serta kemampuan sistem dalam mempertahankan sinkronisasi data selama periode operasional.

Seluruh pengujian dilakukan menggunakan beberapa skenario operasional yang merepresentasikan kondisi penggunaan sistem pada lingkungan Bethany Citywalk Church, termasuk kondisi arus jemaat normal, aktivitas masuk–keluar berurutan, serta kondisi yang berpotensi menimbulkan ambigu deteksi.

Tabel 2. Skenario Pengujian Sistem

No	Skenario	Expected Result
1	Sensor A → Sensor B	Sistem mencatat jemaat masuk
2	Sensor B → Sensor A	Sistem mencatat jemaat keluar
3	Aktivasi simultan	Sistem mengabaikan deteksi
4	Aktivasi tidak lengkap	Sistem tidak melakukan perhitungan
5	Pengiriman data server	Data berhasil tersimpan pada database

6	Dashboard monitoring	Informasi tampil secara realtime
---	----------------------	----------------------------------

4. Hasil Penelitian

Bagian ini menyajikan hasil implementasi dan evaluasi sistem penghitung jemaat berbasis Internet of Things (IoT) yang telah dikembangkan. Pembahasan difokuskan pada hasil implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian performa sistem, serta analisis terhadap kemampuan sistem dalam mendukung monitoring jumlah jemaat dan kapasitas ruangan secara *real-time*. Evaluasi dilakukan untuk menilai aspek fungsionalitas, akurasi penghitungan, waktu respons, dan reliabilitas komunikasi data guna memastikan sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan operasional pada Bethany Citywalk Church.

Implementasi Sistem

Sistem penghitung jemaat berbasis Internet of Things (IoT) berhasil diimplementasikan menggunakan kombinasi perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dirancang sebelumnya. Implementasi perangkat keras terdiri dari NodeMCU ESP32 Devkit v1 sebagai pusat pengendali sistem dan dua sensor *infrared proximity* E18-D80NK sebagai perangkat deteksi arah pergerakan jemaat. Sensor dipasang secara berurutan pada pintu masuk gereja untuk mendukung mekanisme *direction-based counting*.

ESP32 berhasil melakukan pembacaan sinyal sensor secara kontinu, memproses logika penentuan arah pergerakan, serta menghitung aktivitas masuk dan keluar jemaat. Data hasil pengolahan kemudian dikirimkan menuju server menggunakan komunikasi jaringan *Wi-Fi* melalui metode HTTP POST.

Pada sisi server, sistem berhasil menerima data dari ESP32 dan menyimpannya ke dalam database MySQL untuk mendukung sinkronisasi data monitoring. Informasi yang tersimpan kemudian divisualisasikan melalui *web dashboard* berbasis PHP yang menampilkan jumlah jemaat saat ini, kapasitas ruangan, aktivitas masuk–keluar, serta status monitoring secara *real-time*.

Dashboard yang dikembangkan mampu memperbarui informasi secara otomatis menggunakan mekanisme *asynchronous update*, sehingga pengguna dapat melakukan pemantauan tanpa memerlukan *refresh* manual halaman. Implementasi ini mendukung kebutuhan monitoring operasional pada Bethany Citywalk Church secara lebih efektif dibandingkan proses penghitungan manual.

Hasil Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi fungsi operasional, akurasi penghitungan, waktu respons, serta stabilitas komunikasi data pada sistem yang dikembangkan.

Pengujian Fungsional (*Black Box Testing*)

Hasil *Black Box Testing* menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama sistem berhasil berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan. Sistem mampu melakukan deteksi arah pergerakan berdasarkan urutan aktivasi sensor, melakukan penghitungan jumlah jemaat, mengirimkan data menuju server, menyimpan data pada database, serta menampilkan informasi monitoring pada dashboard secara *real-time*.

Table 3. Hasil Black Box Testing

No	Fitur yang diuji	Hasil
1	Deteksi jemaat masuk	Berhasil
2	Deteksi jemaat keluar	Berhasil
3	Pengiriman data ESP32 → Server	Berhasil
4	Penyimpanan database	Berhasil
5	Tampilan dashboard	Berhasil
6	Update data real-time	Berhasil

Pengujian Akurasi

Pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil penghitungan sistem terhadap penghitungan manual pada beberapa skenario operasional. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan penghitungan otomatis dengan tingkat akurasi yang baik pada kondisi pergerakan normal. Namun demikian, penurunan performa masih ditemukan pada kondisi ketika lebih dari satu orang melewati area sensor secara bersamaan atau ketika terjadi pergerakan

yang terlalu rapat dalam interval waktu yang sangat singkat. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan aktivasi sensor menjadi ambigu sehingga memengaruhi hasil penghitungan.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sistem

No	Testing session	Time Range	Manual count	System count	Difference	Accuracy (%)
1	Session 1	Minute 0-10	22	19	3	86.36%
2	Session 2	Minute 10-20	38	33	5	86.84%
3	Session 3	Minute 20-30	51	48	3	94.12%
4	Session 4	Minute 30-35	72	69	3	95.83%
5	Session 5	Minute 35-40	80	79	1	98.75%
6	Session 6	Minute 40-45	82	82	0	100%

Pengujian *Response Time*

Pengujian *response time* dilakukan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan sistem sejak terjadinya deteksi sensor hingga informasi berhasil ditampilkan pada *web dashboard*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan sinkronisasi data dengan waktu respons yang mendukung kebutuhan monitoring *real-time*. Penggunaan komunikasi *Wi-Fi*, pemrosesan lokal pada ESP32, serta mekanisme *asynchronous update* pada dashboard berkontribusi terhadap rendahnya latensi sistem selama proses monitoring berlangsung.

Table 5. Hasil Pengujian Respon Sistem

No	Testing Session	Operational condition	Detection Time	Display Time	Delay (ms)
1	Session 1	Moderate congregation movement without crowd accumulation	10.03.47.084	10.03.47.956	872
2	Session 2	Increased congregation density with overlapping movement conditions	10.18.12.583	10.18.13.508	925
3	Session 3	Moderate congregation traffic with continuous movement activity	10.30.45.954	10.30.47.093	1139
4	Session 4	Low congregation traffic with sequential movement conditions	10.32.52.176	10.32.53.259	1083
5	Session 5	Very Low congregation traffic with individual movement detection	10.37.37.648	10.37.38.532	884
Average Delay					980

Pengujian *Communication Reliability*

Pengujian *communication reliability* dilakukan untuk mengevaluasi kestabilan komunikasi data antara ESP32 dan server selama proses operasional. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan proses pengiriman data secara konsisten selama koneksi jaringan tersedia. Pada beberapa kondisi tertentu, sistem melakukan proses *reconnecting* ketika terjadi gangguan konektivitas jaringan. Setelah koneksi kembali tersedia, ESP32 mampu melanjutkan proses komunikasi dan sinkronisasi data dengan server.

Table 6. Hasil Pengujian communication Reliability

No	Testing Scenario	Expected result	Actual result	Status
1	Normal wifi communication	Stable data Transmission	Data was transmitted and displayed normally on the dashboard without interruption	Successful

2	Temporary Wifi disconnection	System reconnects automatically	ESP32 successfully reconnected to the WiFi network after several seconds and resumed data transmission	Successful
3	Dashboard update during communication	Dashboard updates continuously	Dashboard continued updating congregation data in near real-time during active communication	Successful
4	Continuous Data Transmission	No major data loss occurs	System maintained stable communication with minor delay fluctuations during continuous monitoring	Successful
5	Multiple Monitoring Updates	System maintains synchronization	Dashboard and database remained synchronized during repeated data updates	Successful
6	Repeated Connection Interruption	Communication restored after reconnection	Communication recovered successfully after repeated network interruptions, although slight delay increases were observed	Successful
7	Long-Duration Communication Test	Stable communication maintained	System operated continuously for an extended period without critical communication failure	Successful

Pembahasan

Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan berhasil memenuhi tujuan penelitian, yaitu menyediakan mekanisme penghitung jemaat otomatis berbasis IoT yang mampu melakukan monitoring jumlah jemaat dan kapasitas ruangan secara *real-time*. Integrasi antara dual sensor *infrared proximity* E18-D80NK, ESP32, database MySQL, dan *web dashboard* memungkinkan proses deteksi, pengolahan, penyimpanan, dan visualisasi data berlangsung dalam satu alur sistem yang terintegrasi.

Dibandingkan metode manual yang sebelumnya digunakan di Bethany Citywalk Church, sistem yang dikembangkan memberikan peningkatan pada aspek efisiensi monitoring, pengurangan beban kerja *usher*, serta kemampuan pemantauan kapasitas ruangan secara langsung. Selain itu, pendekatan berbasis dual sensor *infrared* menawarkan implementasi yang relatif sederhana dan lebih ekonomis dibandingkan metode berbasis *computer vision* yang membutuhkan perangkat dan komputasi lebih kompleks.

Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada kondisi operasional tertentu, terutama ketika beberapa jemaat melewati sensor secara bersamaan atau terlalu berdekatan. Kondisi tersebut dapat menyebabkan ambigu deteksi yang memengaruhi hasil penghitungan. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan melalui optimasi algoritma validasi sensor, penerapan teknik *sensor fusion*, atau integrasi dengan metode deteksi berbasis visi komputer untuk meningkatkan akurasi sistem pada kondisi kepadatan tinggi.

5. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan dan mengimplementasikan sistem penghitung jemaat berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan dual sensor *infrared proximity* E18-D80NK, mikrokontroler ESP32, database MySQL, dan *web dashboard* pada lingkungan operasional Bethany Citywalk Church. Sistem mampu mendeteksi arah pergerakan jemaat masuk dan keluar menggunakan metode *direction-based counting*, melakukan penghitungan jumlah jemaat secara otomatis, serta menyediakan monitoring kapasitas ruangan secara *real-time* melalui dashboard berbasis web.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat menjalankan fungsi deteksi, pengolahan data, komunikasi jaringan, dan visualisasi informasi sesuai dengan kebutuhan operasional. Implementasi sistem memberikan peningkatan efisiensi monitoring dibandingkan metode manual serta membantu *usher* dalam melakukan pemantauan jumlah jemaat dan kapasitas ruangan selama kegiatan ibadah berlangsung.

Meskipun demikian, sistem masih memiliki keterbatasan pada kondisi ketika beberapa jemaat melewati area sensor secara bersamaan atau dalam interval waktu yang sangat berdekatan, yang berpotensi menyebabkan ambigu deteksi dan memengaruhi akurasi penghitungan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat diarahkan pada pengembangan algoritma validasi sensor yang lebih adaptif, penerapan *sensor fusion*, atau integrasi dengan metode berbasis *computer vision* untuk meningkatkan performa sistem pada kondisi kepadatan tinggi.

Daftar Pustaka

- [1] I. Ramadana Putra, A. Amir, and T. S. Suryani, "Sistem Penghitung Orang Berbasis Internet of Things Menggunakan Sensor Infrared dan Platform Web," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, 2022.

- [2] E. Alfonsius, “Development of a Prototype Room Security Monitoring System for Early Fire Detection Using a Prototyping Method Based on Sensors and IoT,” *MATICS: Journal of Computer Science and Information Technology*, vol. 17, no. 1, pp. 42–51, 2025, doi: 10.18860/mat.v17i1.29521.
- [3] J. Sektaram, A. Bhavya, C. Tarun, and V. Sameera, “Internet of Things (IoT) Based Greenhouse Monitoring and Controlling System Using ESP-32,” *IJARCCE*, vol. 13, no. 6, 2024, doi: 10.17148/IJARCCE.2024.13605.
- [4] M. E. Sulisty, S. Hanurjaya, and M. Danang Prastowo, “Monitoring Print Engine Output Using Arduino and Raspberry Pi,” *Journal of Electrical, Electronic, Information, and Communication Technology (JEEICT)*, vol. 3, no. 1, 2021.
- [5] J. Letkowski, “Doing Database Design with MySQL,” ResearchGate Publication, 2015. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/271910489>
- [6] S. Aravind, “The Role of HTML5 and CSS3 in Creating Optimized Graphic Prototype Websites and Application Interfaces,” *NeuroQuantology*, vol. 20, no. 12, 2022, doi: 10.48047/NQ.2022.20.12.NQ77775.
- [7] O. E. Melo, H. Kapoh, A. A. Kimbal, O. Lintong, I. Putong, and P. Wenas, “Software Testing Using the Black Box Method: Case Study – Pioneer Tourism Web in Southeast Minahasa,” *International Journal of Computer Applications*, vol. 174, no. 13, 2021.
- [8] A. Fauzan and S. Sukardi, “Rancang Bangun Alat Visitor Counter Berbasis NodeMCU ESP8266 dan Bot Aplikasi Telegram,” *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 3, no. 2, pp. 334–344, 2022, doi: 10.24036/jtein.v3i2.260.
- [9] A. Setia Pramuda, A. W. Widhi Nugraha, and A. Fadli, “Perancangan Sistem Deteksi Manusia Menggunakan Sensor PIR, RCWL, dan Infrared Pada Sistem Manajemen Lampu Gedung Berbasis Internet of Things,” *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, vol. 3, no. 1, pp. 1–11, 2023, doi: 10.52436/1.jpti.224.
- [10] R. Tampubolon, “Rancang Bangun Perhitungan Jemaat di HKBP Tanjung Perak Menggunakan Sensor Passive Infrared Berbasis Internet of Things,” Tugas Akhir, Universitas Dinamika, Surabaya, Indonesia, 2022.