

LAPORAN TUGAS AKHIR 2
Penghemat Energi Ruang Kelas Berdasarkan Okupansi
Ruangan



Penyusun:

Muhammad Nauval Firdaus (20524045)

Ikharochman Tri Utomo (20524186)

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta
2024

HALAMAN PENGESAHAN

Penghemat Energi Ruang Kelas Berdasarkan Okupansi Ruangan

Penyusun:

Muhammad Nauval Firdaus (20524045)

Ikharochman Tri Utomo (20524186)

Yogyakarta, 09 Juli 2024

Dosen Pembimbing 1



Suatmi Murnani, S.T., M.Eng.

NIK. 205241301

Dosen Pembimbing 2



Ir. R.M Sisdarmanto Adinandra, S.T.,

M.Sc., Ph.D.

NIK. 025240101

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

2024

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PENGHEMAT ENERGI RUANG KELAS BERDARSARKAN OKUPANSI RUANGAN



Disusun oleh:

Muhammad Nauval Firdaus 20524045

Ikharochman Tri Utomo 20524186

Telah dipertahankan di depan dewan penguji
pada tanggal: 16 Juli 2024

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji

Anggota Penguji 1

Anggota Penguji 2

: Suatmi Murnani, S.T., M.Eng.

: Tito Yuwono, S.T, M.Sc., Ph.D.

: Rachman Yustian

Tugas akhir ini telah disahkan sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal: 03 Agustus 2024

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Dwi Ana Ratna Wati, S.T., M.Eng.

035240102

PERNYATAAN

Dengan ini kami menyatakan bahwa:

1. Tugas Akhir ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi lainnya, dan sepanjang pengetahuan kami juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Tugas Akhir yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak, yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal ini, penggunaan informasi dan materi Tugas Akhir terkait paten maka akan didiskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut di atas.

Yogyakarta, 03 Agustus 2024



Muhammad Nauval Firdaus (20524045)



Ikharochman Tri Utomo (20524186)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
RINGKASAN	vii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang dan Identifikasi Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Batasan Realistis Aspek Keteknikan	3
BAB 2. IDENTIFIKASI KEBUTUHAN SISTEM	4
2.1 Studi Literatur dan Observasi	4
2.2 Dasar Teori.....	8
2.2.1 Definisi Okupansi	8
2.2.2 Deteksi Okupansi	8
2.2.3 <i>Object Detection</i>	10
2.3 Analisis <i>Stakeholder</i>	12
2.4 Analisis Aspek yang Mempengaruhi Sistem	13
2.5 Spesifikasi Sistem	14
BAB 3. USULAN SOLUSI	15
3.1 Usulan Solusi 1	15
3.1.1 Desain Sistem 1.....	17

3.1.2.	Rencana Anggaran Desain Sistem 1	20
3.1.3	Analisis Risiko Desain 1	20
3.1.4	Pengukuran Performa.....	20
3.2	Usulan Solusi 2	23
3.2.1	Desain Sistem 2.....	25
3.2.2	Rencana Anggaran Desain 2	27
3.2.3	Analisis Risiko Desain.....	27
3.2.4	Pengukuran Performa.....	27
3.3	Analisis dan Penentuan Usulan Solusi/Desain Terbaik	30
3.4	<i>Gantt Chart</i>	31
3.5	Realisasi Pelaksanaan Tugas Akhir 1	32
BAB 4.	HASIL RANCANGAN DAN METODE PENGUKURAN.....	34
4.1	Hasil Rancangan Sistem	34
4.1.1	Rangkaian elektronik	34
4.1.2	Gambar desain tiga dimensi (3D)	35
4.1.3	<i>Software</i> atau <i>interface</i>	36
4.1.4	Foto hasil akhir perancangan	37
4.1.5	Visualisasi <i>installation setup</i>	38
4.2	Metode Pengukuran Kinerja Hasil Perancangan	39
4.2.1	Akurasi Pembacaan Okupansi	39
4.2.2	<i>Confusion Matrix</i>	39
BAB 5.	HASIL PENGUKURAN DAN ANALISIS.....	41
5.1	Analisis Hasil	41
5.1.1	Hasil dan Analisis Pengujian Indikator.....	41
5.1.2	Pemenuhan Spesifikasi Sistem	52

5.1.3	Pengalaman Pengguna	53
5.1.4	Kesesuaian Perencanaan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya.....	54
5.2	Dampak Implementasi Sistem	60
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN.....		61
6.1	Kesimpulan	61
6.2	Saran	62
DAFTAR PUSTAKA.....		63
LAMPIRAN.....		65

RINGKASAN

Permasalahan utama yang dihadapi adalah tingginya konsumsi energi listrik di ruang kelas yang disebabkan oleh penggunaan lampu dan AC yang tidak efisien. Solusi yang diusulkan adalah pengembangan dan implementasi sistem kontrol otomatis berbasis deteksi okupansi dan jadwal kelas. Sistem ini menggunakan kamera dan algoritma YOLOv8 untuk deteksi keberadaan orang serta mengoptimalkan penggunaan lampu melalui fitur ROI dan AC melalui penjadwalan. Parameter evaluasi performa yang digunakan meliputi akurasi pembacaan okupansi dan *confusion matrix*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa di ruang kelas besar (2.18), akurasi pembacaan okupansi berkisar antara 13,64% hingga 90% dengan variasi akurasi yang tidak stabil, sementara di ruang kelas besar (2.12), akurasi pembacaan okupansi mencapai 39,29% hingga 57,52% dengan variasi akurasi yang cukup stabil, dan di ruang kelas kecil (2.05), akurasi pembacaan okupansi mencapai 73,61% hingga 100% dengan variasi akurasi yang cukup stabil dan secara umum lebih baik dibandingkan ruang kelas besar. Hasil percobaan juga menunjukkan bahwa akurasi kontrol lampu sebesar 70,50% di ruang kelas besar (2.18), 99,77% di ruang kelas besar (2.12), dan 98,39% di ruang kelas kecil (2.05). Untuk akurasi kontrol AC, pengujian menunjukkan hasil sempurna 100% di ruang kelas 2.12. Sedangkan untuk jarak maksimal kontrol AC menggunakan remote sistem ini sebesar 7 meter.

Berdasarkan hasil dan analisis mengungkapkan bahwa kondisi pencahayaan mempengaruhi negatif performa sistem. Variabilitas akurasi deteksi juga dipengaruhi oleh ukuran ruangan dan jumlah orang di dalamnya, dengan ruang kecil menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan ruang besar. Hasil keseluruhan menunjukkan bahwa sistem ini cukup menjanjikan dalam mengurangi konsumsi energi listrik di ruang kelas.

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang dan Identifikasi Masalah

Energi merupakan salah satu aspek penting dalam kehidupan manusia di zaman yang serba modern ini. Keberlanjutan pasokan energi telah menjadi salah satu tantangan utama. Pemanfaatan energi yang efisien menjadi semakin penting seiring dengan peningkatan konsumsi energi global dan perubahan iklim yang terus berlangsung. Kita perlu menyadari bahwa sumber daya energi terbatas. Sebagian besar sumber energi bergantung pada bahan bakar fosil seperti minyak, gas alam, dan batu bara. Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil ini memiliki dampak negatif bagi lingkungan, misalnya emisi gas rumah kaca yang menyebabkan perubahan iklim, polusi udara, dan eksplorasi yang merusak lingkungan alam. Selain itu, penting untuk memahami bahwa penggunaan energi yang tidak efisien juga berdampak pada ekonomi. Ketidakmampuan untuk memanfaatkan energi dengan baik mengakibatkan biaya energi yang tinggi, yang pada akhirnya dapat menghambat pertumbuhan ekonomi nasional. Oleh karena itu, pemanfaatan energi yang efisien merupakan langkah penting untuk mengurangi dampak buruk ini.

Penggunaan energi yang efisien telah menjadi salah satu isu kritis saat ini. Dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan peningkatan biaya energi, upaya untuk mengurangi konsumsi energi telah menjadi perhatian utama. Salah satu langkah konkret untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan menciptakan sistem otomatis yang dapat mematikan energi listrik saat tidak digunakan. Fokus penelitian ini terletak pada penggunaan energi di ruang kelas di lingkungan kampus. Pengelolaan peralatan listrik, seperti lampu, TV, dan AC, sering kali menghadapi hambatan dalam hal efisiensi penggunaannya. Keberadaan peralatan yang ditinggalkan menyala setelah ruangan kosong merupakan kondisi yang sering dijumpai. Hasil tersebut diperoleh dari responden hasil kuesioner singkat kepada dosen dan mahasiswa yang dapat dilihat pada Lampiran 1.1. Dengan menerapkan sistem otomatis ini, kita dapat mengoptimalkan penggunaan energi di ruang kelas dan laboratorium, sehingga mengurangi emisi karbon dan meminimalkan biaya operasional terkait konsumsi listrik. Estimasi dari peluang penghematan energi selama sebulan kurang lebih sebesar 25,74 kWh/bulan dengan biaya sebesar Rp1.561.836,- seperti perhitungan yang tertera pada Lampiran 1.2. Hal ini sejalan dengan komitmen global untuk mengurangi jejak karbon dan mendorong inovasi dalam pengelolaan energi[1]. Selain itu, hal

tersebut juga ikut berkontribusi dalam komitmen Indonesia untuk mencapai *net zero emission* dengan target maksimal pada tahun 2060[2].

Hasil observasi stakeholder meliputi serangkaian kegiatan untuk memperoleh pemahaman tentang masalah yang dihadapi. Kegiatan observasi yang dilakukan menggunakan dua metode, yaitu wawancara dan kuesioner. Wawancara dilakukan dengan pihak *cleaning service*, Pengelola Fasilitas Kampus (PFK), dan perbekalan fakultas. Sedangkan kuesioner ditujukan kepada mahasiswa dan dosen. Hasil wawancara disajikan dalam Tabel 1.1 berikut.

Tabel 1.1 Hasil wawancara dengan *stakeholder*

Pertanyaan	Jawaban/tanggapan	Stakeholder
Apakah anda sering mendapati ruangan kelas tidak dimatikan listriknya setelah kegiatan kelas selesai?	AC dan lampu pada ruang kelas sering ditemui masih menyala ketika jam kelas sudah selesai. Terutama AC yang masih terus menyala meskipun tidak ada mahasiswa/dosen di dalamnya.	<i>Cleaning Service</i>
Apakah anda pernah mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi ada tidaknya orang di dalam kelas?	Saat kami (<i>cleaning service</i>) standby untuk membersihkan/menata ruang kelas setelah jam kelas selesai maka bisa langsung dimatikan. Tetapi, jika kami (<i>cleaning service</i>) sedang tidak standby terkadang AC dan lampu yang masih menyala akan tetap terus menyala sampai jam kelas berikutnya atau sampai <i>cleaning service</i> yang mematikannya. Karena waktu selesai jam kelas juga tidak serentak, terkadang juga jam kelas selesainya lebih awal.	<i>Cleaning Service</i>
Bagaimana menurut anda jika sistem ini terealisasi? Apakah ini akan mengurangi beban pekerjaan anda?	Tentu	<i>Cleaning Service</i>
Berapa besar kapasitas AC yang digunakan di ruang-ruang kelas FTI?	Kapasitasnya 1,5 PK	Kadiv Perbekalan FTI
Berapa jumlah AC yang terpasang di ruang kelas?	2-4 buah	Kadiv Perbekalan FTI
Berapa jumlah total ruang kelas FTI?	28 ruangan	Kadiv Perbekalan FTI

Pertanyaan	Jawaban/tanggapan	Stakeholder
Berapa besar biaya listrik gedung FTI setiap bulannya?	Total biaya listrik selama satu bulan sebesar Rp460.000.000,- untuk satu kampus terpadu dengan daya terpasangnya sebesar 3.465 kVA	Pengelola Fasilitas Kampus

1.2 Rumusan Masalah

Berikut adalah rumusan masalah yang kami gunakan untuk menjadi landasan pengimplementasian proyek ini:

- Bagaimana mengidentifikasi dan mengukur tingkat okupansi atau kehadiran di ruang kelas secara otomatis?
- Bagaimana sistem otomatis tersebut bekerja untuk mematikan peralatan listrik di ruang kelas?

1.3 Tujuan

Tujuan dari proyek ini adalah untuk mengembangkan dan mengimplementasikan sistem otomatis penghematan energi berbasis deteksi okupansi ruangan di ruang kelas pada lingkungan kampus. Sistem ini dirancang untuk meminimalkan pemborosan energi listrik yang terjadi ketika peralatan listrik ditinggalkan menyala setelah ruangan kosong.

1.4 Batasan Masalah

Berikut adalah batasan-batasan yang harus dipertimbangkan dalam proyek ini:

- Sistem terbatas pada satu ruang kelas di lingkungan FTI dengan sampel ruangan menggunakan ruang 2.18, 2.12. dan 2.05.
- Sistem hanya mengontrol lampu dan AC pada ruang kelas.
- Sistem akan membaca okupansi ruangan yang terekam di dalam frame kamera.

1.5 Batasan Realistis Aspek Keteknikan

Berikut adalah beberapa batasan realistis aspek keteknikan yang perlu dipertimbangkan:

- Perangkat dapat dibuat dengan mempertimbangkan ketersediaan sumber daya finansial yang terbatas, sehingga biaya produksi harus tetap terjangkau.
- Perangkat dirancang secara otomatis dengan deteksi okupansi ruangan dan mengontrol peralatan listrik secara otomatis.
- Konektivitas sistem dengan perangkat yang dimatikan harus dipastikan berfungsi dengan aman.
- ISO 50001 yang mengatur tentang efisiensi energi dan manajemen energi.

BAB 2. IDENTIFIKASI KEBUTUHAN SISTEM

2.1 Studi Literatur dan Observasi

Tabel 2.1 Hasil Studi Literatur Solusi Sejenis

Judul	Usulan solusi	Hasil/Evaluasi (Kelebihan/Kekurangan)
ENERLITES – MDC-50L [3]	Produk ENERLITES MDC-50L adalah sensor okupansi teknologi ganda yang menggabungkan teknologi inframerah pasif (PIR) dan ultrasonik untuk memberikan deteksi gerakan yang akurat.	Kelebihan: 1. Penggunaan teknologi PIR dan ultrasonik memungkinkan sensor ini untuk mendeteksi gerakan dengan sangat akurat. 2. Efisiensi Energi: Operasi pada tegangan rendah membuat produk ini hemat energi, memberikan solusi yang efisien secara ekonomis tanpa mengorbankan kinerja. Kekurangan: 1. Ketidaknyamanan Suara Relay: Relay yang menggerakkan lampu terdengar cukup keras ketika beraksi. Hal ini dapat dianggap mengganggu, terutama jika digunakan di lingkungan yang membutuhkan kesunyian atau ketenangan. 2. Masalah dengan Lensa PIR: Lensa PIR sulit untuk tetap pada tempatnya dan mudah terjatuh. Hal ini menunjukkan bahwa desain atau mekanisme pemasangan lensa PIR mungkin perlu diperbaiki atau ditingkatkan. Kesimpulan: Dengan mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan tersebut, alat atau sistem yang menggunakan teknologi PIR dan ultrasonik dapat memenuhi kebutuhan pengguna untuk mendeteksi gerakan dengan akurat dan hemat energi. Namun, perlu dilakukan pembaharuan atau perbaikan pada desain atau mekanisme pemasangan lensa PIR untuk meningkatkan stabilitas dan keandalan produk.
TOPGREENER In-Wall PIR Motion Sensor Light Switch[4]	Produk TOPGREENER In-Wall PIR Motion Sensor Light Switch adalah saklar sensor gerak	Kelebihan: 1. Mode ON dan OFF: Sensor ini juga memiliki mode ON dan OFF, yang memungkinkan pengguna untuk

Judul	Usulan solusi	Hasil/Evaluasi (Kelebihan/Kekurangan)
	dinding yang dirancang untuk mengontrol pencahayaan berdasarkan deteksi kehadiran atau ketiadaan orang di ruangan.	mengabaikan sensor dan menggunakan saklar sebagai saklar lampu biasa. 2. Produk ini berhasil memecahkan masalah pengguna terkait lampu kamar mandi yang sering ditinggalkan menyala oleh anak-anak. Proses instalasi relatif mudah, meskipun ada sedikit tantangan terkait struktur kotak saklar saat ini di dinding. Kekurangan: Tidak memiliki area deteksi 180° penuh seperti yang ditentukan dengan jelas. Selain itu, sensor sepertinya hanya merasakan gerakan dari ketinggian yang sama dengan tempat saklar dipasang, jadi jika Anda memiliki anak kecil atau sedang berjongkok, lampu akan mati tanpa pemberitahuan. Kesimpulan: Dengan mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan tersebut, alat atau sistem yang menggunakan sensor deteksi gerakan dengan mode ON dan OFF dapat memenuhi kebutuhan pengguna untuk mengontrol pencahayaan dengan lebih efektif. Namun, yang perlu diperhatikan bahwa sensor mungkin memiliki batasan dalam mendeteksi gerakan dari sudut atau ketinggian tertentu, dan hal ini perlu diperhitungkan dalam pengaturan dan penggunaannya.
Perancangan Alat Pendeteksi Gerak Sebagai Sistem Keamanan Menggunakan ESP32 CAM Berbasis IoT[5]	Sensor berfungsi sebagai pendeteksi gerakan yang mendeteksi adanya pergerakan dalam ruangan. Pada bagian ini sensor pir diletakkan tegak lurus dengan ESP32 CAM. ESP32 CAM sendiri berfungsi sebagai modul wifi dan kamera yang mana modul ini akan mengirimkan gambar secara langsung ke bot telegram.	Kelebihan: Secara keseluruhan menunjukkan bahwa Perencanaan dapat berjalan dengan baik yaitu sensor telah berhasil mendeteksi adanya gerakan, kamera dari ESP32 CAM menangkap gambar dan mengirimkan notifikasi ke bot telegram. Kekurangan: Perancangan komponen ini saling terintegrasi sehingga salah satu yang terganggu atau eror maka perancangan ini tidak akan berfungsi dengan baik. Kesimpulan:

Judul	Usulan solusi	Hasil/Evaluasi (Kelebihan/Kekurangan)
		Penting untuk memastikan bahwa setiap komponen dalam sistem ini berfungsi dengan baik dan terintegrasi secara tepat guna agar sistem dapat beroperasi secara optimal. Diperlukan juga langkah-langkah pemeliharaan dan pemantauan secara berkala untuk memastikan kinerja sistem tetap stabil dan dapat diandalkan.
Pengembangan Sistem Deteksi <i>Occupancy</i> menggunakan <i>Computer Vision</i> Untuk <i>Smart Building</i> dan <i>Automation</i> [6]	Solusi yang ditawarkan penelitian berupa pengembangan sistem deteksi <i>occupancy</i> menggunakan computer vision untuk mendeteksi kehadiran manusia di ruang kelas dan mengontrol peralatan elektronik berdasarkan hasil deteksi okupansi.	Kelebihan: Dari penelitian ini didapatkan hasil akurasi rata-rata dalam mendeteksi orang sebesar 83.45%. Kekurangan: Masih membutuhkan peningkatan akurasi yang lebih tinggi dan perlu adanya fitur tambahan keamanan untuk aplikasi web Kesimpulan: Secara keseluruhan, sistem ini sudah dapat dioperasikan sesuai dengan tujuannya yaitu untuk mendeteksi kehadiran orang dalam ruang kelas dan peralatan listrik di dalamnya. Namun masih terdapat kekurangan dalam segi keamanan web dan dalam segi akurasi pembacaan occupancy
Implementasi Arduino dan ESP32 CAM untuk Smart Home[7]	Penelitian ini mendeskripsikan tentang implementasi smart home dengan memanfaatkan Arduino dan ESP32 CAM dengan teknologi IoT. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat perangkat untuk mengontrol peralatan rumah dan memonitor keamanan rumah.	Kelebihan: Implementasi Arduino dan ESP32 CAM untuk smart home ini sudah berhasil dibuat dan berjalan dengan baik dimana persentase keberhasilan sesuai dengan pengujian untuk pengiriman data sensor, penerimaan perintah untuk mengontrol peralatan seperti lampu, kipas, pengambilan foto secara manual dan pengambilan foto secara otomatis sebesar 100%. Kekurangan: Kamera EPS32 CAM yang digunakan memiliki resolusi yang relatif rendah. Kesimpulan: Secara keseluruhan proyek ini memiliki tingkat keberhasilan 100% dalam uji fungsionalitas dasarnya. Namun, perlu diperhatikan bahwa kamera ESP32 CAM memiliki resolusi rendah. Resolusi rendah

Judul	Usulan solusi	Hasil/Evaluasi (Kelebihan/Kekurangan)
		ini dapat mempengaruhi kualitas gambar dan video yang dihasilkan. Oleh karena itu, untuk aplikasi yang memerlukan resolusi tinggi, disarankan untuk mempertimbangkan penggunaan kamera dengan spesifikasi yang lebih baik.

Berdasarkan hasil studi literatur dan observasi pada Tabel 2.1, dapat disimpulkan bahwa kelima produk dan perancangan tersebut menerapkan pengembangan teknologi sensor dan sistem deteksi gerakan untuk berbagai aplikasi. Produk ENERLITES menggabungkan teknologi PIR dan ultrasonik untuk deteksi gerakan yang akurat, dengan penggunaan yang meliputi pengontrolan pencahayaan dan peralatan elektronik berdasarkan kehadiran orang di ruangan. TOPGREENER In-Wall PIR Motion Sensor Light Switch adalah saklar sensor gerak yang terpasang di dinding dan mengendalikan pencahayaan berdasarkan deteksi kehadiran atau ketiadaan orang. Sementara itu, sebuah perancangan berbasis ESP32 CAM menggunakan sensor PIR untuk mendeteksi gerakan dan mengintegrasikan modul Wi-Fi serta kamera untuk mengirimkan gambar ke bot Telegram, menjadikannya sebagai sistem keamanan berbasis IoT. Selain itu, penelitian lain menggunakan teknologi computer vision untuk mendeteksi kehadiran manusia di ruang kelas dan mengontrol peralatan elektronik berdasarkan hasil deteksi okupansi, bertujuan untuk menciptakan gedung pintar yang efisien. Terakhir, implementasi Arduino dan ESP32 CAM digunakan dalam konteks rumah pintar untuk mengendalikan peralatan rumah dan memantau keamanan rumah melalui IoT. Keseluruhan, inovasi ini bertujuan untuk mengoptimalkan pengendalian dan pemantauan dalam berbagai konteks, mulai dari rumah hingga ruang kelas dan gedung pintar.

Adapun produk yang dibuat akan menggabungkan teknologi *computer vision* dengan penggunaan kamera untuk deteksi objek, membawa inovasi yang signifikan dalam mengoptimalkan penghematan energi di ruang kelas. Keunikan dari alat ini terletak pada kemampuannya untuk secara otomatis mengontrol peralatan listrik di ruang kelas berdasarkan hasil deteksi okupansi dengan kamera. Hal ini memungkinkan penghematan energi yang signifikan. Dengan mengandalkan teknologi *computer vision*, alat ini menjanjikan tingkat akurasi yang tinggi dalam mendeteksi objek dan kehadiran manusia di ruangan, meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya. Dengan demikian, produk ini tidak hanya mengintegrasikan teknologi

terbaru, tetapi juga memberikan solusi praktis untuk meningkatkan efisiensi energi ruang kelas modern.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Definisi Okupansi

Okupansi secara umum merujuk pada tingkat penggunaan atau pemanfaatan suatu ruang atau fasilitas, diukur sebagai persentase dari kapasitas atau ruang yang tersedia. Ini mencerminkan sejauh mana suatu tempat dimanfaatkan atau ditempati dalam hubungannya dengan kapasitas maksimal atau total yang dimilikinya. Pada proyek ini berfokus pada okupansi di lingkungan kampus khususnya pada ruang kelas. Ruang kelas adalah suatu ruangan dalam bangunan lembaga pendidikan untuk kegiatan tatap muka dalam belajar dan pembelajaran[8]. Okupansi ruang kelas diterapkan untuk mengukur seberapa baik ruang kelas dimanfaatkan oleh siswa. Okupansi rate dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Okupansi\ rate = \frac{Jumlah\ tempat\ duduk\ terpakai}{Jumlah\ tempat\ duduk\ tersedia} \times 100\% \quad 2.1$$

2.2.2 Deteksi Okupansi

Deteksi okupansi adalah suatu sistem untuk mendeteksi apakah dalam suatu ruangan atau area digunakan atau tidak digunakan oleh orang atau objek lain. Deteksi okupansi dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti, menggunakan sensor *Passive Infra Red* (PIR) yang bekerja dengan cara mendeteksi perbedaan temperatur dari objek dengan lingkungan sekitar dalam jangkauan sensor[9], menggunakan Sensor *Ultrasonic* yang bekerja menggunakan prinsip “Efek Doppler”[10], dan menggunakan *computer vision*.

a. *Passive Infra Red* (PIR)

Sensor PIR merupakan sensor yang berfungsi untuk mendeteksi pergerakan manusia, dimana sensor ini dapat mendeteksi pergerakan manusia secara efektif dengan jarak hingga 5 meter[11]. Sensor ini bekerja dengan cara menangkap sinar inframerah pasif yang dimiliki oleh setiap benda dengan suhu benda di atas nol mutlak. Manusia sendiri memiliki suhu tubuh normal kurang lebih sebesar 32 derajat *celcius*. Pancaran sinar inframerah inilah yang ditangkap oleh bagian inti dari sensor PIR yang dinamakan *pyroelectric* sensor. *Pyroelectric* sensor sendiri dilengkapi dengan *galium nitrida*, *caesium nitrat* dan *litium tantalate* yang dapat menghasilkan arus listrik ketika menangkap sinar inframerah.

Pancaran sinar inframerah pasif tersebut membawa energi panas yang kemudian diubah menjadi arus listrik. Arus listrik ini kemudian akan menimbulkan tegangan dan dibaca secara analog oleh sensor. Selanjutnya sinyal ini akan dikuatkan oleh penguat dan dibandingkan dengan komparator dengan tegangan referensi tertentu[12].



Gambar 2.1 Sensor PIR HC–SR501

b. *Ultrasonic*

Sensor *ultrasonic* merupakan sensor yang dapat mendeteksi objek dan mengukur jarak objek dengan sensor berdasarkan pantulan sinyal suara ultrasonic yang dipancarkan dari transmitter ke receiver. Prinsip kerja sensor ini mirip seperti radar ultrasonik yang dipancarkan dan diterima kembali oleh *receiver* ultrasonik. Jarak antara waktu transmisi dan waktu penerimaan mencerminkan jarak dari objek. Proses karakterisasi sensor ini mencakup pengukuran dari beberapa sifat, seperti fungsi transfer, koefisien korelasi, dan sensitivitas. Tujuan dari proses karakterisasi ini adalah untuk memahami sifat atau karakteristik dari sensor ultrasonik hc-sr04, sehingga sensor dapat dioptimalkan sebaik mungkin[13]. Proses karakterisasi ini dapat dijelaskan sebagai berikut: Fungsi transfer sensor hc-sr04 dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Y_i = a + bX_i \quad 2.2$$

Kemudian koefisien korelasi (r) dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right) \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)^2 \right]}} \quad 2.3$$

Keterangan:

X = jarak sensor (cm)

b = sensitivitas (μs/cm)

Y = pulsa echo (μs)

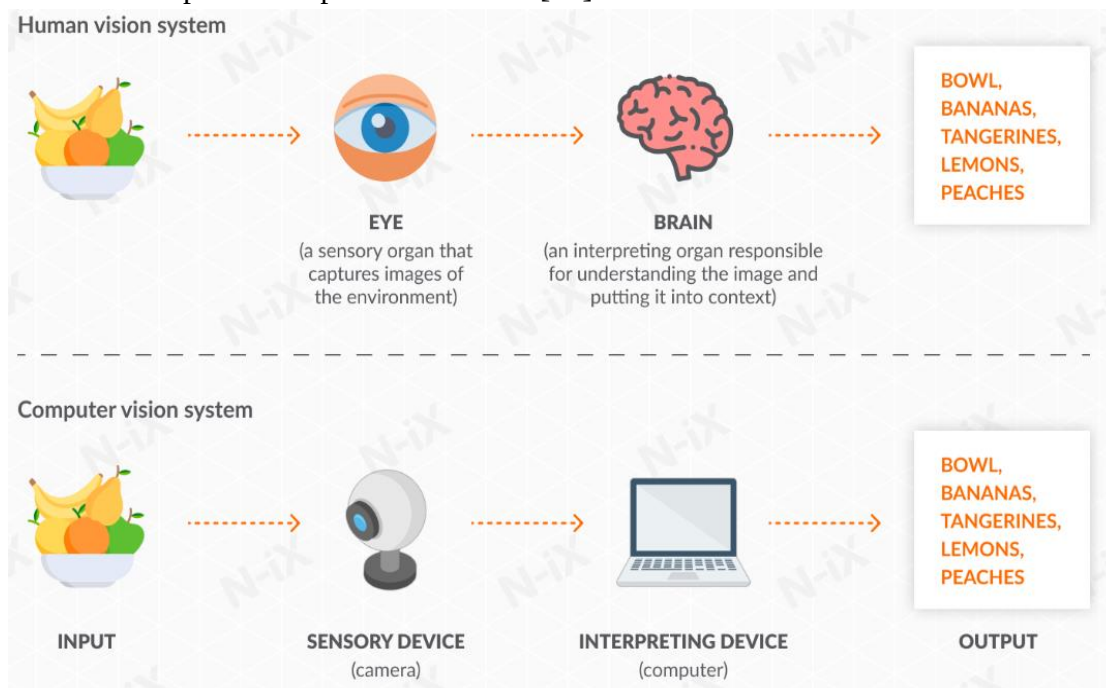
a = slope (koefisien regresi) (μs)



Gambar 2.2 Sensor ultrasonic HC-SR04

c. *Computer vision*

Computer Vision adalah cabang dari kecerdasan buatan yang fokus pada pengembangan sistem yang dapat memahami, menganalisis, dan menafsirkan informasi visual dari dunia nyata. Ini mencakup pengolahan gambar, pengenalan pola, dan pemahaman visual yang dapat diterapkan dalam berbagai aplikasi, termasuk pengenalan objek dan deteksi gerakan. Ilustrasi konsep *computer vision* dapat dilihat pada Gambar 2.3[14].



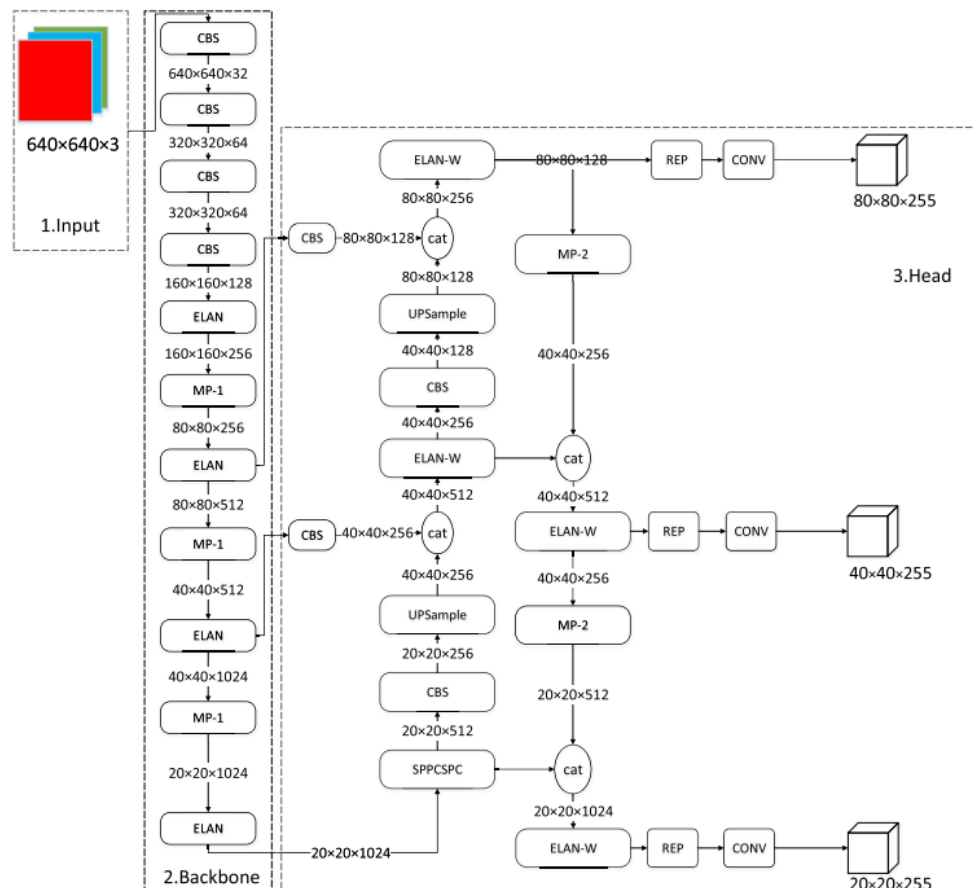
Gambar 2.3 *Computer Vision*

2.2.3 *Object Detection*

Object Detection adalah teknik dalam *computer vision* yang bertujuan untuk mengidentifikasi objek tertentu dalam citra atau video. Ini melibatkan penggunaan algoritma dan model pembelajaran mesin untuk mengenali objek dan menarik *bounding box* yang mengelilinginya. Deteksi objek dapat dibagi lagi menjadi soft detection dan hard detection. Soft detection hanya mendeteksi adanya objek, sedangkan hard detection mendeteksi adanya obyek serta lokasi obyek[15].

a. *You Only Look Once (YOLO) Versi 7*

YOLO-V7 mengacu pada konsep seri YOLO dan kecepatan serta akurasi melebihi semua detektor objek yang diketahui antara 5 FPS hingga 160 FPS. YOLO-V7 menyeimbangkan kecepatan dan akurasi dengan sempurna sehingga disukai oleh industri. Pada umumnya, proses deteksi terdiri dari tiga bagian: *backbone*, *encoder*, dan *decoder*. Struktur YOLO-V7 terutama terdiri dari tiga bagian: bagian masukan, bagian jaringan ekstraksi fitur tulang punggung, bagian penguatan jaringan ekstraksi fitur, dan bagian prediksi. Struktur YOLO-V7 ditunjukkan pada Gambar 2.4. Secara keseluruhan, YOLO-V7 pertama-tama mengubah ukuran gambar masukan menjadi 640*640, kemudian memasukkannya ke *backbone network*, dan kemudian mengeluarkan tiga lapisan peta fitur dengan ukuran berbeda melalui *head network*, lalu mengeluarkan hasil prediksinya melalui RepConv[16].

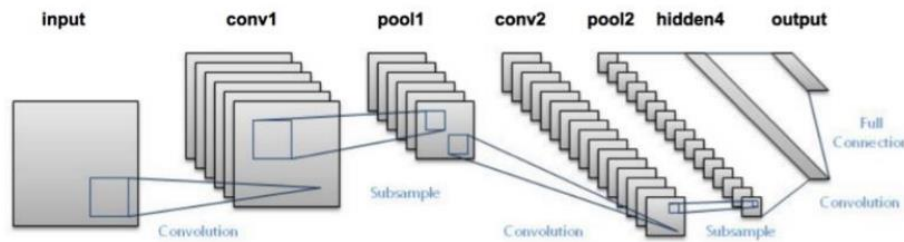


Gambar 2.4 Arsitektur algoritma Yolo v7

b. Convolutional Neural Network (CNN)

Convolutional Neural Network (CNN) adalah jenis arsitektur jaringan saraf tiruan yang dirancang khusus untuk memproses data berstruktur, terutama data gambar dan citra. CNN memiliki kemampuan untuk memahami dan mengekstraksi pola dari data gambar, membuatnya sangat efektif dalam tugas-tugas pengenalan gambar, deteksi objek, pengenalan wajah, dan berbagai aplikasi pemrosesan gambar lainnya. Algoritma CNN menyerupai proses biologis konektivitas antar neuron seperti pada organ korteks visual hewan. Arsitektur dari algoritma CNN

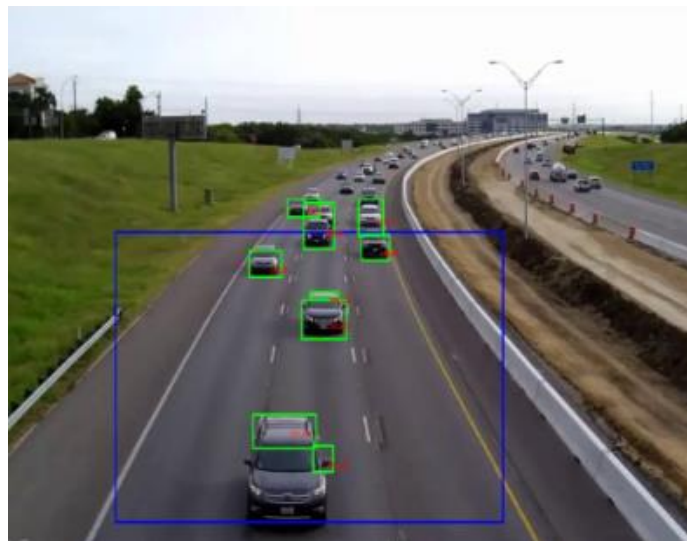
seperti yang terlihat pada Gambar 2.5. Terdapat 5 komponen antara lain: *Input layer*, *Convolution Layer*, *Activation Function*, *Pooling Layer*, *Fully Connected Layer*[17].



Gambar 2. 5 Arsitektur algoritma CNN

2.2.4 *Region of Interest (ROI)*

ROI adalah metode yang efektif untuk mengurangi masalah waktu pemrosesan yang tinggi. Dengan menandai area tertentu, ROI memungkinkan optimalisasi kinerja sistem. Tanpa ROI, pemrosesan gambar dilakukan pada semua piksel tanpa pengecualian[18]. Gambar 2.6 berikut merupakan contoh penerapan ROI untuk menghitung kendaraan.



Gambar 2.6 Penerapan ROI untuk menghitung jumlah mobil

2.3 *Analisis Stakeholder*

a. *Cleaning Service*

Mereka memiliki peran sebagai sumber data dalam proyek ini. Mereka juga yang akan menggunakan alat ini untuk memonitoring peralatan listrik berdasarkan keberadaan orang di ruang kelas sehingga dapat membantu pekerjaan mereka.

b. Perbekalan FTI

Mereka memiliki peran sebagai sumber data dalam proyek ini. Produk ini akan membantu mereka dalam mengelola penggunaan peralatan listrik di ruang kelas dengan lebih efisien.

c. Pengelola Fasilitas Kampus

Mereka memiliki peran sebagai sumber data dalam proyek ini. Sistem ini dapat membantu mereka dalam mengoptimalkan penggunaan listrik dan mengurangi biaya operasional terkait konsumsi listrik.

d. Mahasiswa dan Dosen

Produk ini akan membantu mahasiswa dan dosen dalam memastikan peralatan elektronik mati saat ruangan tidak digunakan, serta mengurangi pemborosan energi yang umum terjadi di ruang kelas.

2.4 Analisis Aspek yang Mempengaruhi Sistem

Dalam proyek ini, terdapat sejumlah aspek luar yang dapat mempengaruhi perancangan sistem. Beberapa di antaranya adalah:

a. Ekonomi

Sistem ini dirancang dengan mempertimbangkan ketersediaan anggaran untuk memilih komponen dan teknologi yang sesuai dengan tujuannya.

b. Ergonomi

Antarmuka pengguna dari sistem ini didesain untuk memastikan pengalaman pengguna yang intuitif dan mudah digunakan.

c. Standar K3

Penting untuk memprioritaskan K3 dalam perencanaan, implementasi, dan pemeliharaan sistem agar menciptakan lingkungan kerja yang aman, sehat, dan sesuai dengan standar dan regulasi yang berlaku.

d. Manufacturability

Pendekatan strategis yang fokus utamanya adalah memastikan bahwa produk yang dirancang dapat segera diproduksi tanpa kerumitan, biaya yang tidak perlu, atau pengurangan efisiensi operasional produk.

2.5 Spesifikasi Sistem

- a. Peralatan listrik yang dimatikan adalah AC dan lampu.
- b. Alat ini menggunakan adaptor 220V AC / 5V DC.
- c. Terdapat delay selama 5 menit dalam mematikan lampu.
- d. Terdapat delay selama 5 detik dalam menyalakan lampu.
- e. AC akan mati sesuai dengan jadwal pemakaian ruangan.
- f. Radius jangkauan IR Remote sebesar 8 meter.

BAB 3. USULAN SOLUSI

Sistem yang akan dibangun bertujuan untuk penghematan energi di dalam ruang kelas. Prinsip dasar sistem adalah untuk mengontrol peralatan listrik berdasarkan hasil deteksi okupansi di dalam ruang kelas. Diagram blok berikut merupakan gambaran tentang alur kerja sistem ini:

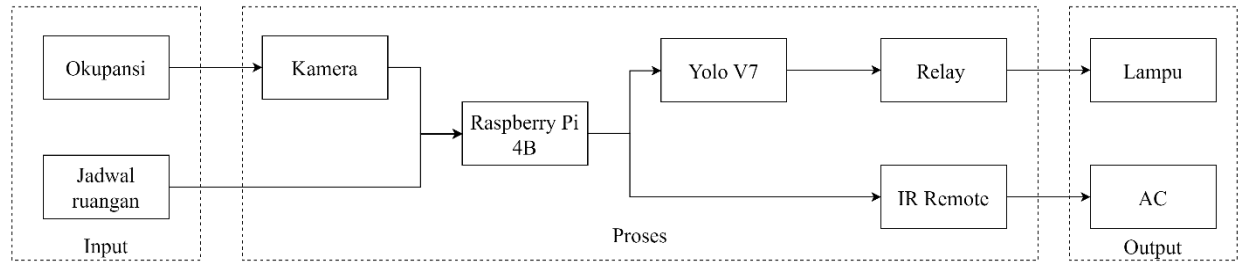


Gambar 3.1 Diagram blok sistem

Berdasarkan diagram blok Gambar 3.1, alur kerja sistem ini dimulai dengan sensor yang berfungsi untuk pembacaan okupansi di ruang kelas. Informasi deteksi dari sensor okupansi tersebut kemudian diteruskan ke unit pemrosesan, di mana data diolah untuk menentukan apakah ruang kelas tersebut kosong atau terisi. Setelah mendapatkan hasil deteksi, sistem kemudian memberikan perintah untuk menyalakan atau mematikan peralatan listrik di dalam ruang kelas berdasarkan hasil deteksi okupansi. Dari sistem yang telah dirancang tersebut, berikut merupakan beberapa solusi yang diusulkan untuk membangun sistem penghematan energi di dalam ruang kelas:

3.1 Usulan Solusi 1

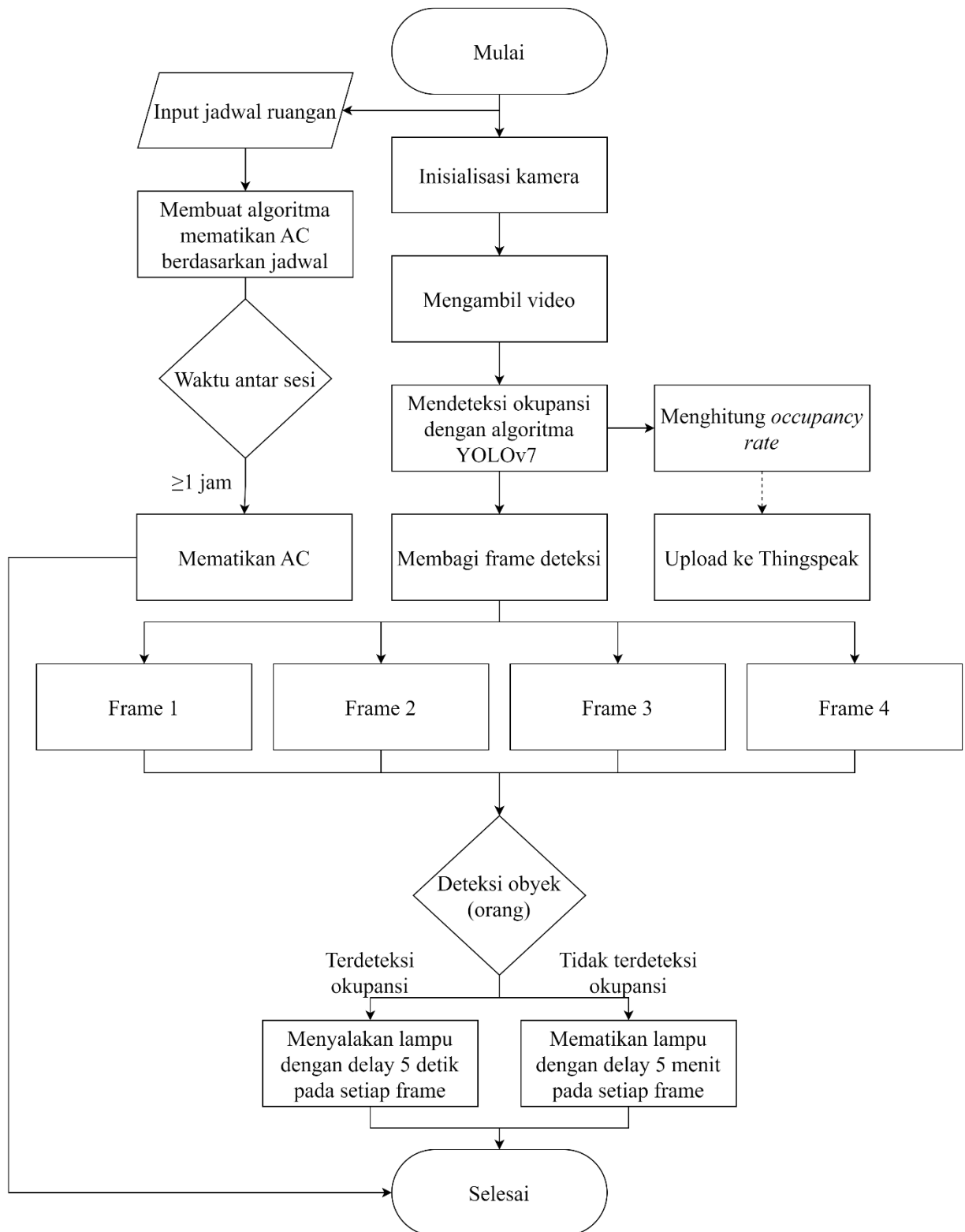
Usulan solusi 1 mengusulkan penggunaan Raspberry Pi 4 B, Modul Kamera Raspberry 8MP, IR Remote module, dan Relay dengan penerapan *computer vision* khususnya menggunakan model *Object Detection* YOLO V7. Pilihan ini didasarkan pada keinginan untuk memperoleh akurasi pembacaan objek yang tinggi. Raspberry Pi 4 B merupakan sebuah mini komputer yang memiliki kinerja yang cukup tinggi, sehingga mampu melakukan pemrosesan data dengan cepat. Modul Kamera raspberry pi 8MP digunakan untuk mengambil gambar atau video secara berkualitas tinggi. Penggunaan IR *remote module* digunakan untuk mematikan AC berdasarkan jadwal penggunaan kelas sedangkan relay digunakan untuk mengontrol lampu di dalam ruang kelas berdasarkan okupansi. Tahapan proses kerja sistem pada usulan desain 1 ini ditunjukkan pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Diagram blok usulan solusi 1

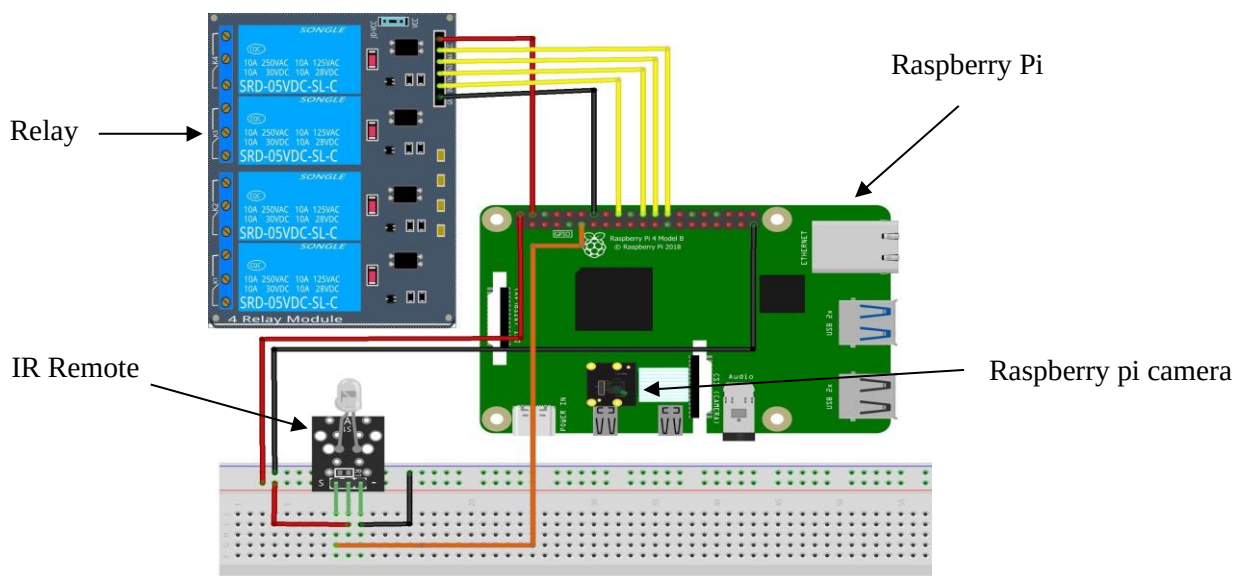
Kerja sistem ini dimulai dengan modul kamera untuk memantau okupansi di ruang kelas. Hasil pantauan tersebut kemudian diteruskan ke Raspberry Pi yang berperan sebagai unit pemrosesan data yang di dalamnya menggunakan algoritma YOLO v7 untuk melakukan deteksi objek (manusia). Hasil deteksi dari YOLO v7 kemudian digunakan untuk memberikan perintah melalui relay untuk mengontrol lampu. Di sisi lain ir remote digunakan untuk mematikan AC berdasarkan jadwal penggunaan ruangan.

3.1.1 Desain Sistem 1



Gambar 3.3 Flowchart desain 1

Berdasarkan Gambar 3.3, alur kerja sistem dimulai dengan inisialisasi kamera dan input jadwal ruang kelas. Kemudian dari inisialisasi kamera dilakukan pengambilan video, lalu dilakukan deteksi okupansi dengan algoritma YOLOv7. Hasil dari deteksi okupansi tersebut kemudian digunakan untuk menghitung *occupancy rate* yang kemudian dikirimkan ke *thingspeak*. Kemudian setelah dilakukan deteksi okupansi dengan algoritma YOLOv7, juga dilakukan pembagian empat frame deteksi, yang mana setiap frame akan mendeteksi objek berupa orang yang kemudian digunakan sebagai pengambil keputusan apakah akan menyalakan lampu atau tidak. Jika terdeteksi okupansi maka lampu akan menyala dengan delay 5 detik sedangkan ketika tidak terdeteksi okupansi maka lampu akan dimatikan dengan delay 5 menit. Kembali ke bagian input jadwal, inputan jadwal ini diterapkan pada algoritma sebagai pengontrol AC. setelah itu dilakukan pengecekan pada jadwal, jika jadwal pada antar sesi > 1 jam maka AC akan dimatikan, jika tidak maka AC akan tetap menyala. Kemudian proses selesai.



Gambar 3.4 Rangkaian elektronis desain 1

Gambar 3.4 merupakan rangkaian elektronis usulan desain 1. Pada gambar tersebut komponen-komponennya terdiri dari raspberry pi 4 sebagai otak utama sistem, kamera sebagai sensor untuk mendeteksi orang, relay digunakan untuk mengontrol arus listrik ke lampu, dan IR Remote digunakan untuk mengontrol AC. Untuk dapat memenuhi usulan sistem tersebut, maka diperlukan inventarisasi kebutuhan sistem perangkat keras. Tabel 3.1 memperlihatkan kebutuhan sistem sesuai usulan dan spesifikasi yang dibutuhkan.

Tabel 3.1 Inventarisasi kebutuhan usulan sistem perangkat keras desain 1

No	Nama Alat	Keterangan
1	Perangkat untuk kemasan alat	Dibuat untuk menjadi tempat <i>mounting</i> alat yang telah didesain agar dapat dipasang di dinding ruang kelas. Perangkat ini dapat dibuat dari bahan filament 3D <i>printing</i> maupun bahan sejenis.
2	Raspberry Pi 4 B	Raspberry Pi adalah sebuah mini komputer yang berjalan di atas sistem operasi (biasanya Linux). Memiliki prosesor yang lebih kuat, lebih banyak RAM, dan kemampuan komputasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan mikrokontroler seperti Arduino. Ideal untuk tugas pemrosesan gambar yang lebih kompleks, termasuk deteksi gerakan, analisis gambar, dan bahkan pengenalan wajah. Dapat menjalankan berbagai perangkat lunak pemrosesan gambar seperti OpenCV, TensorFlow, dan sebagainya. Dapat dihubungkan langsung ke kamera Raspberry Pi untuk mendapatkan gambar dan video berkualitas tinggi.
3	Adaptor Raspberry Pi 4 B	Adaptor ini harus memberikan daya keluaran yang mencukupi, yaitu 5V dan minimal 3A. Ini penting untuk mendukung daya yang dibutuhkan oleh Raspberry Pi 4 dan perangkat tambahan seperti SSD eksternal atau kamera. Raspberry Pi 4 menggunakan konektor USB-C untuk pemasukan daya. Oleh karena itu, adaptor harus memiliki konektor USB-C yang sesuai untuk dihubungkan ke Raspberry Pi 4..
4	Modul kamera Raspberry Pi 8 MP	Modul kamera Raspberry Pi 8 MP adalah sebuah kamera modul yang dirancang khusus untuk digunakan dengan Raspberry Pi. Kamera ini memiliki sensor gambar dengan resolusi 8 megapiksel (8 MP), yang membuatnya cocok untuk berbagai aplikasi pemotretan dan pemrosesan gambar. Raspberry Pi Camera Module memungkinkan untuk menambahkan kemampuan pengambilan gambar ke proyek-proyek yang melibatkan Raspberry Pi.
5	IR remote module	IR (Infrared) remote module adalah sebuah komponen elektronik yang digunakan untuk menerima dan mengirim sinyal inframerah dari atau ke perangkat elektronik yang mendukung kontrol jarak jauh menggunakan sinar inframerah. Modul ini sering digunakan dalam remote control untuk mengontrol perangkat seperti TV, sound system, kipas angin, dan peralatan elektronik lainnya.
6	Relay	Relay adalah sebuah komponen elektronik yang digunakan untuk mengontrol sirkuit listrik lainnya dengan mengendalikan sirkuit listrik yang berbeda. Relay bekerja dengan cara mengizinkan atau menghentikan arus listrik melalui sirkuit utama berdasarkan kondisi yang diterapkan pada sirkuit kontrolnya.
7	SD card 8 GB	SD card 8 GB digunakan sebagai penyimpan data pada raspberry pi. Selain itu, SD card juga digunakan untuk melakukan proses <i>loading</i> pada sistem operasi raspberry pi.
8	Jack Aviation Plug Socket Konektor GX-16 16mm Male Female	Alat ini digunakan sebagai soket untuk kabel dari perangkat utama menuju ke perangkat IR <i>remote</i> .
9	Kabel AWG 24 3 jalur	Kabel ini digunakan untuk menghubungkan perangkat utama dengan perangkat IR <i>remote</i> .

No	Nama Alat	Keterangan
10	Bracket	Bracket digunakan sebagai tempat pemasangan alat untuk dapat mengatur sudut kemiringan pada alat khususnya kamera.

3.1.2. Rencana Anggaran Desain Sistem 1

Tabel 3.2 Rencana anggaran usulan sistem perangkat keras desain 1

No.	Item/Pengeluaran	Satuan	Harga satuan	Jumlah	Harga Total
1	Raspberry Pi 4 B	Pcs	Rp1.650.000,-	1	Rp1.650.000, -
2	Adaptor Raspberry Pi 4 B	Pcs	Rp60.000,-	1	Rp60.000,-
3	Modul kamera Raspberry Pi 8 MP	Pcs	Rp495.000,-	1	Rp495.000,-
4	IR remote module	Pcs	Rp7.000,-	4	Rp28.000
5	Relay 4 channel	Pcs	Rp22.000,-	1	Rp22.000,-
6	SD card 8 GB	Pcs	Rp50.000,-	1	Rp50.000,-
7	Jack Aviation Plug Socket Konektor GX-16 16mm Male Female	Pcs	Rp10.000,-	2	Rp20.000,-
8	Jasa desain dan cetak kotak kemasan	Pcs	Rp300.000,-	1	Rp300.000,-
9	Kabel AWG 24 3 jalur	Meter	Rp5.000,-	10	Rp50.000,-
10	Bracket	Pcs	Rp17.000,-	1	Rp17.000,-
Total Belanja					Rp2.692.000,-

3.1.3 Analisis Risiko Desain 1

Penggunaan desain pertama akan bertentangan dengan aspek biaya, karena biaya yang digunakan untuk membeli komponen relatif mahal. Akan tetapi dengan biaya yang dikeluarkan akan berbanding lurus dengan hasil yang didapatkan.

3.1.4 Pengukuran Performa

a. Akurasi Pembacaan Okupansi

Akurasi pembacaan okupansi adalah seberapa baik suatu sistem dapat membaca tingkat okupansi atau jumlah orang dalam suatu ruangan. Akurasi dihitung dengan membandingkan jumlah orang yang terdeteksi oleh sistem dengan jumlah orang yang sebenarnya berada di dalam ruangan. Rumus akurasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Akurasi = \frac{Jumlah\ orang\ terdeteksi}{Jumlah\ orang\ sebenarnya} \times 100\% \quad 3.1$$

Dalam pengukuran performa ini, nilai akurasi mencerminkan sejauh mana sistem mampu mengenali keberadaan orang di dalam ruangan dengan benar. Semakin tinggi nilai akurasi, semakin baik performa sistem dalam membaca dan mengidentifikasi okupansi ruangan secara tepat.

b. *Task Success Rate*

Pengukuran performa ini dilakukan untuk menguji relay dan *ir remote* dalam mematikan peralatan listrik secara otomatis berdasarkan hasil pembacaan okupansi. Ketika tidak terdapat okupansi dalam ruangan maka sistem akan mematikan peralatan listrik dengan waktu tunggu 5 menit. Pengukuran performanya menggunakan *confusion matrix*. Metode *confusion matrix* memberikan gambaran tentang kinerja sistem dalam mengidentifikasi keadaan ruang kelas yang berguna untuk mengevaluasi sejauh mana sistem dapat memberikan respons yang akurat terhadap kondisi di dalam ruang kelas.

Tabel 3.3 *Confusion matrix* pengukuran performa desain 1

		Actual Value	
		Tidak Ada Orang	Ada Orang
Predicted Value	Peralatan Listrik Mati	TP	FP
	Peralatan Listrik Menyala	FN	TN

Berikut merupakan penjelasan dari Tabel 3.3 di atas:

a. TP (*True Positive*)

Merupakan data positif yang diprediksi benar. Dalam hal ini ketika tidak ada orang maka peralatan listrik mati.

b. TN (*True Negative*)

Merupakan data negatif yang diprediksi benar. Dalam hal ini ketika ada orang maka peralatan listrik tetap menyala.

c. FP (*False Positive*) - *Type error I*

Merupakan data negatif namun diprediksi sebagai data positif. Dalam hal ini ketika ada orang namun peralatan listrik mati.

d. FN (*False Negative*) - *Type error II*

Merupakan data positif namun diprediksi sebagai data negatif. Dalam hal ini ketika tidak ada orang namun peralatan listrik tetap menyala.

Setelah memperoleh hasil dari komponen *confusion matrix* (TP, TN, FP, dan FN), selanjutnya nilai dari komponen-komponen tersebut dapat digunakan untuk menentukan performa sistem seperti:

a. *Accuracy*

Accuracy menggambarkan seberapa akurat sistem dapat mengklasifikasikan dengan benar. Maka, *accuracy* merupakan rasio prediksi benar (TP dan TN) dengan keseluruhan data. Dengan kata lain, *accuracy* merupakan tingkat kedekatan nilai prediksi dengan nilai aktual (sebenarnya). Nilai *accuracy* dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad 3.2$$

b. *Precision*

Precision menggambarkan tingkat keakuratan antara data yang diminta dengan hasil prediksi yang diberikan oleh sistem. Maka, *precision* merupakan rasio prediksi benar positif (TP) dibandingkan dengan keseluruhan hasil yang diprediksi positif. Dari semua kelas positif yang telah diprediksi dengan benar, berapa banyak data yang benar-benar positif. Nilai *precision* dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad 3.3$$

c. *Recall*

Recall menggambarkan keberhasilan sistem dalam menemukan kembali sebuah informasi. Maka, *recall* merupakan rasio prediksi benar positif dibandingkan dengan keseluruhan data yang benar positif. Nilai *recall* dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad 3.4$$

Dalam proses pengujian dilakukan sebanyak 12 kali percobaan dengan 4 kondisi yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 3.4 Pengujian performa

Percobaan	Kondisi (jumlah orang)	Akurasi pembacaan okupansi	Task success rate			
			TN	FP	TP	FN
1	80					
2	80					
3	80					
4	40					

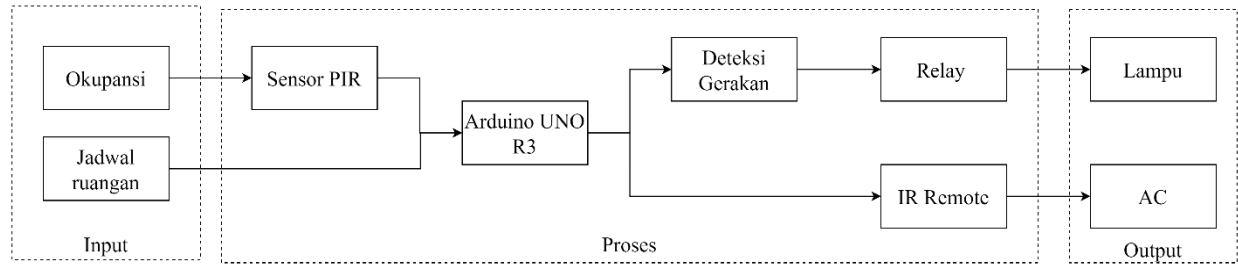
Percobaan	Kondisi (jumlah orang)	Akurasi pembacaan okupansi	<i>Task success rate</i>			
			TN	FP	TP	FN
5	40					
6	40					
7	1					
8	1					
9	1					
10	0					
11	0					
12	0					
Total						

Tabel di atas menunjukkan proses dalam pengujian performa sistem di mana setiap percobaan akan memperoleh 2 parameter nilai antara lain TN/FP dan TP/FN. Penjelasan parameteranya sebagai berikut:

- Parameter TN/FP: pengujian parameter ini dilakukan pada kondisi ketika terdapat orang di dalam kelas. Pengujian ini akan memperoleh salah satu nilai dari TN atau FP. TN diperoleh ketika ada orang dan peralatan listrik menyala sedangkan FP diperoleh ketika ada orang dan peralatan listrik mati.
- Parameter TP/FN: pengujian parameter ini dilakukan pada kondisi ketika orang pada pengujian sebelumnya telah meninggalkan kelas selama 5 menit. Pengujian ini akan memperoleh salah satu nilai dari TP atau FN. TP diperoleh ketika tidak ada orang dan peralatan listrik mati sedangkan FN diperoleh ketika tidak ada orang dan peralatan listrik menyala.

3.2 Usulan Solusi 2

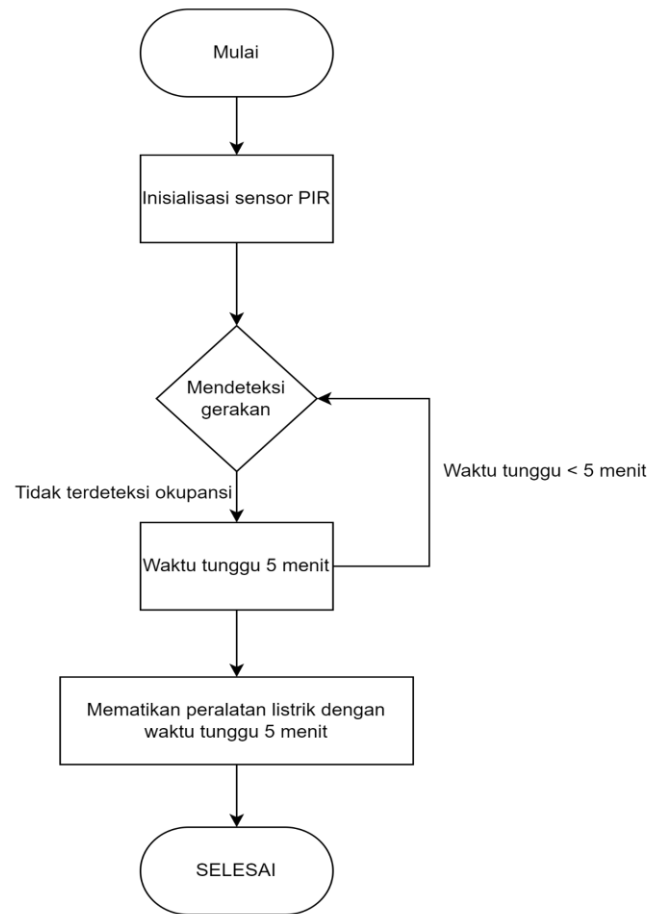
Usulan Solusi 2 mengusulkan penggunaan Arduino Uno, sensor PIR, dan IR *remote module*. Arduino Uno merupakan mikrokontroler yang ringan dan ekonomis, cocok untuk aplikasi sederhana dan tidak memerlukan daya pemrosesan yang tinggi. Penggunaan sensor PIR memungkinkan mendeteksi gerakan dengan efektif tanpa memerlukan algoritma yang kompleks. Tahapan proses kerja sistem pada usulan desain 2 ini ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Diagram blok usulan solusi 2

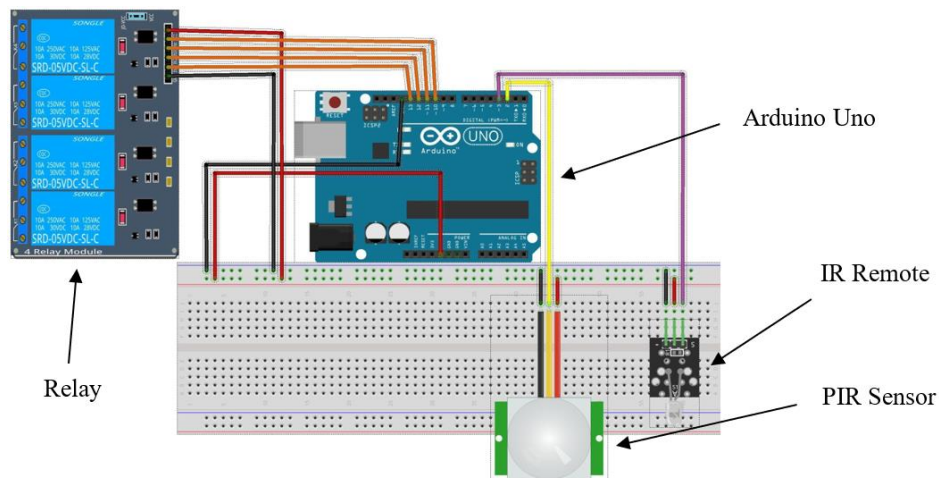
Kerja sistem ini dimulai dengan sensor PIR untuk mendeteksi okupansi di ruang kelas. Sensor PIR ini terhubung dengan Arduino Uno, yang berfungsi sebagai otak sistem. Ketika sensor PIR mendeteksi gerakan atau kehadiran orang, Arduino Uno akan melakukan deteksi gerakan. Hasil deteksi ini kemudian digunakan untuk memberikan perintah melalui relay dan IR remote. Di mana jika terdeteksi okupansi maka peralatan relay akan menyalakan lampu sedangkan jika tidak terdeteksi okupansi maka perangkat relay akan mematikan lampu. Di sisi lain *ir remote* akan mematikan AC berdasarkan jadwal penggunaan ruangan.

3.2.1 Desain Sistem 2



Gambar 3. 6 Flowchart desain 2

Berdasarkan Gambar 3.6, alur kerja sistem dimulai dengan inisialisasi sensor PIR, kemudian dilakukan deteksi gerakan, jika tidak terdeteksi gerakan maka dilakukan waktu tunggu selama 5 menit, jika kurang dari 5 menit maka akan dilakukan perulangan untuk kembali mendeteksi gerakan, jika waktu tunggu lebih atau sama dengan 5 menit maka peralatan listrik akan dimatikan kemudian proses selesai.



Gambar 3.7 Rangkaian elektronis desain 2

Gambar 3.7 merupakan rangkaian elektronis usulan desain 2. Pada gambar tersebut komponen-komponennya terdiri dari arduino uno sebagai otak utama sistem, sensor PIR sebagai sensor untuk mendeteksi gerakan, relay digunakan untuk mengontrol arus listrik ke lampu, dan IR Remote digunakan untuk mengontrol AC. Untuk dapat memenuhi usulan sistem tersebut, maka diperlukan inventarisasi kebutuhan sistem perangkat keras. Tabel 3.1 memperlihatkan kebutuhan sistem sesuai usulan dan spesifikasi yang dibutuhkan.

Tabel 3.5 Inventarisasi kebutuhan usulan sistem perangkat keras desain 2

No	Nama Alat	Keterangan
1	Perangkat untuk kemasan alat	Dibuat untuk menjadi tempat <i>mounting</i> alat yang telah didesain agar dapat dipasang di dinding ruang kelas. Perangkat ini dapat dibuat dari bahan filament 3D <i>printing</i> maupun bahan sejenis.
2	Arduino Uno	Arduino Uno adalah papan pengembangan mikrokontroler yang sangat populer. Ini memiliki mikrokontroler ATmega328 yang dapat diprogram dan digunakan untuk mengontrol berbagai proyek elektronik. Arduino Uno memiliki sejumlah pin input/output digital dan analog yang dapat digunakan untuk menghubungkan dan mengontrol berbagai perangkat elektronik.
3	Adaptor Arduino Uno	Arduino membutuhkan daya sekitar 5 V. Arduino Uno menggunakan ATmega16U2 yang telah Page 3 Rancang Bangun Sistem Perhitungan Pemakaian Daya Pada Apartemen Secara Real-Time Berbasis Arduino 316 diprogram sebagai konverter USB-ke-serial untuk komunikasi serial-ke-komputer Melalui port USB.
4	Sensor PIR	Sensor PIR mendeteksi perubahan suhu di sekitarnya dengan mengukur radiasi inframerah yang dipancarkan oleh objek. Sensor ini sering digunakan untuk mendeteksi gerakan, dan cocok untuk proyek-proyek keamanan atau otomatisasi yang melibatkan pengenalan pergerakan manusia atau objek.

No	Nama Alat	Keterangan
5	Relay	Relay adalah sebuah komponen elektronik yang digunakan untuk mengontrol sirkuit listrik lainnya dengan mengendalikan sirkuit listrik yang berbeda. Relay bekerja dengan cara mengizinkan atau menghentikan arus listrik melalui sirkuit utama berdasarkan kondisi yang diterapkan pada sirkuit kontrolnya.
6	IR Remote transmitter	IR (Infrared) remote module adalah sebuah komponen elektronik yang digunakan untuk menerima dan mengirim sinyal inframerah dari atau ke perangkat elektronik yang mendukung kontrol jarak jauh menggunakan sinar inframerah. Modul ini sering digunakan dalam remote control untuk mengontrol perangkat seperti TV, sound system, kipas angin, dan peralatan elektronik lainnya.

3.2.2 Rencana Anggaran Desain 2

Tabel 3.6 Rencana anggaran usulan sistem perangkat keras desain 2

No.	Item/Pengeluaran	Satuan	Harga Satuan	Jumlah	Harga Total
1	Jasa desain dan cetak kotak kemasan	Pcs	Rp300.000,-	1	Rp300.000,-
2	Arduino Uno	Pcs	Rp100.000, -	1	Rp100.000, -
3	Adaptor Arduino Uno	Pcs	Rp28.000,-	1	Rp28.000,-
4	Sensor PIR	Pcs	Rp10.000,-	1	Rp10.000,-
5	Relay 4 channel	Pcs	Rp22.000,-	1	Rp22.000,-
6	IR Remote transmitter	Pcs	Rp7.000,-	4	Rp28.000,-
Total Belanja					Rp 488.000,-

3.2.3 Analisis Risiko Desain

Penggunaan desain 2 akan mempengaruhi tingkat akurasi pembacaan okupansi, karena sensor yang digunakan untuk membaca okupansi memiliki tingkat akurasi yang lebih rendah dibandingkan dengan desain 1. Akan tetapi biaya yang dikeluarkan lebih rendah dibandingkan dengan desain 1.

3.2.4 Pengukuran Performa

Pengukuran performa ini dilakukan untuk menguji relay dan *ir remote* dalam mematikan peralatan listrik secara otomatis berdasarkan hasil pembacaan okupansi. Ketika tidak terdapat

okupansi dalam ruangan maka sistem akan mematikan peralatan listrik dengan waktu tunggu 5 menit. Pengukurannya menggunakan *confusion matrix* seperti ditunjukkan di bawah ini:

Tabel 3.7 *Confusion matrix* pengukuran performa desain 2

		Actual Value	
		Tidak Ada Orang	Ada Orang
Predicted Value	Peralatan Listrik Mati	TP	FP
	Peralatan Listrik Menyala	FN	TN

Berikut merupakan penjelasan dari Tabel 3.7 di atas:

a. TP (*True Positive*)

Merupakan data positif yang diprediksi benar. Dalam hal ini ketika tidak ada orang maka peralatan listrik mati.

b. TN (*True Negative*)

Merupakan data negatif yang diprediksi benar. Dalam hal ini ketika ada orang maka peralatan listrik menyala.

c. FP (*False Positive*) - *Type error I*

Merupakan data negatif namun diprediksi sebagai data positif. Dalam hal ini ketika ada orang namun peralatan listrik mati.

d. FN (*False Negative*) - *Type error II*

Merupakan data positif namun diprediksi sebagai data negatif. Dalam hal ini ketika tidak ada orang namun peralatan listrik tetap menyala.

Setelah memperoleh hasil dari komponen *confusion matrix* (TP, TN, FP, dan FN), selanjutnya nilai dari komponen-komponen tersebut dapat digunakan untuk menentukan performa sistem seperti:

a. *Accuracy*

Accuracy menggambarkan seberapa akurat sistem dapat mengklasifikasikan dengan benar. Maka, *accuracy* merupakan rasio prediksi benar (TP dan TN) dengan keseluruhan data. Dengan kata lain, *accuracy* merupakan tingkat kedekatan nilai prediksi dengan nilai aktual (sebenarnya). Nilai *accuracy* dapat diperoleh dengan Persamaan 3.2 pada usulan desain sistem 1.

b. *Precision*

Precision menggambarkan tingkat keakuratan antara data yang diminta dengan hasil prediksi yang diberikan oleh sistem. Maka, *precision* merupakan rasio prediksi benar positif (TP) dibandingkan dengan keseluruhan hasil yang diprediksi positif. Dari semua kelas positif yang telah diprediksi dengan benar, berapa banyak data yang benar-benar positif. Nilai *precision* dapat diperoleh dengan Persamaan 3.3 pada usulan desain sistem 1.

c. *Recall*

Recall menggambarkan keberhasilan sistem dalam menemukan kembali sebuah informasi. Maka, *recall* merupakan rasio prediksi benar positif dibandingkan dengan keseluruhan data yang benar positif. Nilai *recall* dapat diperoleh dengan Persamaan 3.4 pada usulan desain sistem 1.

Dalam proses pengujian dilakukan sebanyak 12 kali percobaan dengan 4 kondisi yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 3.8 Pengujian performa

Percobaan	Kondisi (Jumlah orang)	Task success rate			
		TN	FP	TP	FN
1	80				
2	80				
3	80				
4	40				
5	40				
6	40				
7	1				
8	1				
9	1				
10	0				
11	0				
12	0				
Total					

Tabel di atas menunjukkan proses dalam pengujian performa sistem di mana setiap percobaan akan memperoleh 2 parameter nilai antara lain TN/FP dan TP/FN. Penjelasan parameternya sebagai berikut:

- Parameter TN/FP: pengujian parameter ini dilakukan pada kondisi ketika terdapat orang di dalam kelas. Pengujian ini akan memperoleh salah satu nilai dari TN atau FP. TN diperoleh

ketika ada orang dan peralatan listrik menyala sedangkan FP diperoleh ketika ada orang dan peralatan listrik mati.

- b. Parameter TP/FN: pengujian parameter ini dilakukan pada kondisi ketika orang pada pengujian sebelumnya telah meninggalkan kelas selama 5 menit. Pengujian ini akan memperoleh salah satu nilai dari TP atau FN. TP diperoleh ketika tidak ada orang dan peralatan listrik mati sedangkan FN diperoleh ketika tidak ada orang dan peralatan listrik menyala.

3.3 Analisis dan Penentuan Usulan Solusi/Desain Terbaik

Usulan desain 1 merupakan usulan terbaik, dikarenakan menggunakan kamera sebagai sensor untuk mendeteksi okupansi. Selain itu, penerapan *computer vision* sebagai algoritma pengolahannya akan meningkatkan tingkat akurasi pembacaan okupansi. Oleh karena itu, dengan sensor kamera akan memiliki jangkauan deteksi okupansi yang luas serta dengan algoritma yang digunakan akan memiliki akurasi yang lebih baik dibandingkan usulan solusi 2. Hal tersebut sebanding dengan biaya dan kerumitan dalam proses pembuatannya. Berikut merupakan tabel pembobotan dalam menentukan usulan solusi terbaik.

Tabel 3.9 Pemilihan solusi desain terbaik

Faktor	Bobot	Usulan 1		Usulan 2	
		Skor	Total	Skor	Total
Biaya	3	2	6	4	12
Akurasi	5	4	20	2	10
Kompleksitas pembuatan	3	3	9	4	12
Jangkauan deteksi okupansi	4	4	16	2	8
Total			51		42

Tabel 3.9 merupakan hasil dari penilaian usulan desain dari beberapa faktor. Pada usulan desain 1 memiliki biaya yang tinggi dan kompleksitas pembuatan yang lebih rumit, namun memiliki akurasi yang tinggi dan jangkauan deteksi okupansi luas. Pada usulan desain 2 memiliki biaya yang rendah dan kompleksitas yang tidak terlalu rumit, namun memiliki akurasi dan jangkauan deteksi yang rendah.

3.4 Gantt Chart

Tabel 3.10 Gantt Chart

No.	Kegiatan/ Capaian	Bulan ke -											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Survei dan identifikasi permasalahan	R,N											
2	Menentukan dan membuat pertanyaan terkait <i>stakeholder</i>	R,N											
3	Membuat kuisisioner yang ditujukan pada mahasiswa dan dosen sebagai <i>stakeholder</i>	N											
4	Wawancara dengan <i>stakeholder</i>	R											
5	Mencari literatur dan informasi untuk kebutuhan dan spesifikasi sistem	R,N	R,N										
6	Mengumpulkan seluruh ide solusi dan finalisasi usulan perancangan sistem beserta manajemen dan rancangan belanja			R,N	R,N								
7	Pengumpulan proposal Tugas Akhir 1/ <i>Capstone Project</i> dan seminar				R,N								
8	Pembelian komponen utama					R							

No.	Kegiatan/ Capaian	Bulan ke -											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9	Pembelian komponen pendukung					N							
10	Membuat koding algoritma yoloV7 di raspberry pi untuk deteksi okupansi					R	R						
11	Membuat koding relay dan ir remote untuk mematikan peralatan listrik					N	N						
12	Menggabungkan koding yolo dengan relay dan ir remote						N	N					
13	Mencetak desain 3D dan menggabungkannya dengan komponen elektrik							R,N					
14	Testing dan Validasi							R,N	R,N	R,N			
15	Expo dan pengumpulan laporan akhir										R,N		

Ket.: PIC – *Person in Charge* (R : Rochman, N : Nauval)

3.5 Realisasi Pelaksanaan Tugas Akhir 1

Tabel 3.11 Realisasi aktivitas pelaksanaan tugas akhir 1

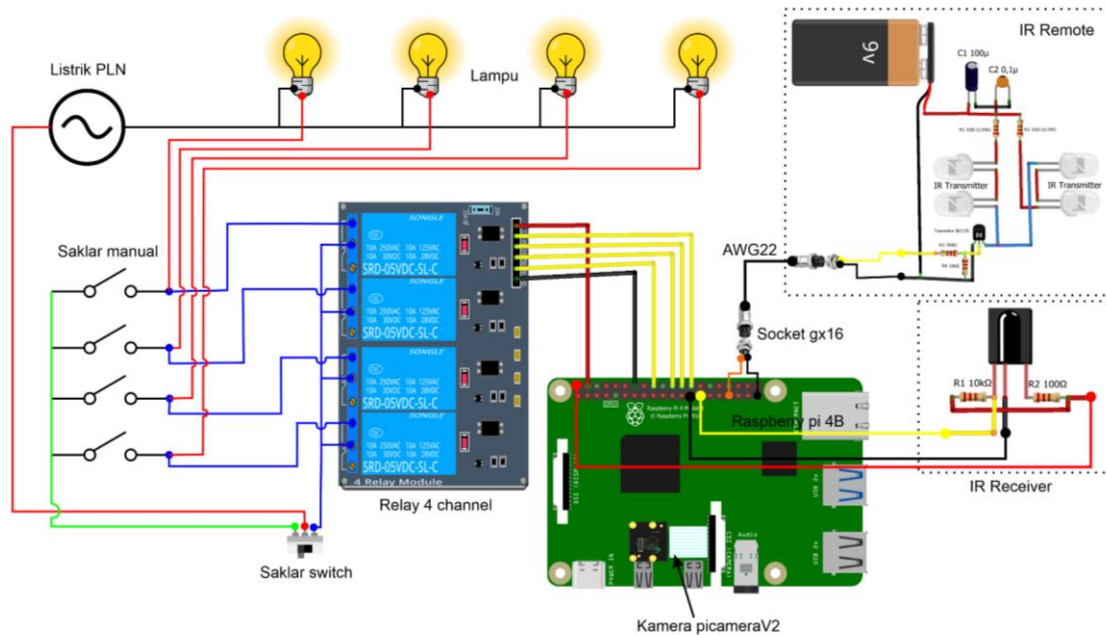
No	Hari, Tanggal, Durasi (jam atau hari)	Aktivitas	Pelaksana
1	Minggu, 17 September 2023, 3 jam	Membuat latar belakang dan identifikasi masalah serta menentukan dan membuat pertanyaan terkait <i>stakeholder</i>	Nauval, Rochman

No	Hari, Tanggal, Durasi (jam atau hari)	Aktivitas	Pelaksana
2	Rabu, 20 September 2023, 1 jam	Membuat kuisisioner yang ditujukan pada mahasiswa dan dosen sebagai <i>stakeholder</i>	Nauval
3	Minggu, 24 September 2023, 2 jam	Membuat rumusan masalah dan mencari referensi	Nauval, Rochman
4	Senin, 25 September 2023, 1 jam	Wawancara dengan <i>Cleaning Service</i> sebagai <i>stakeholder</i>	Rochman
5	Jum'at, 29 September 2023, 1 jam	Wawancara dengan PFK dan kadiv perbekalan FTI sebagai <i>stakeholder</i>	Rochman
6	Minggu, 1 Oktober 2023, 2 jam	Menyelesaikan proposal BAB I	Nauval, Rochman
7	Senin, 9 Oktober 2023, 2 jam	Mencari referensi serta membuat studi literatur dan observasi	Nauval, Rochman
8	Selasa, 16 Oktober 2023, 3 jam	Membuat dasar teori dan analisis <i>stakeholder</i>	Nauval, Rochman
9	Senin, 23 Oktober 2023, 2 jam	Membuat analisis aspek keteknikan dan spesifikasi sistem	Nauval, Rochman
10	Selasa, 7 November 2023, 3 jam	Membuat usulan solusi 1 dan 2 pada bagian desain sistem yang meliputi <i>flowchart</i> dan rangkaian elektronis.	Nauval, Rochman
11	Selasa, 14 November 2023, 3 jam	Membuat inventaris kebutuhan usulan sistem perangkat keras, rencana anggaran, dan analisis resiko pada usulan solusi 1 dan 2.	Nauval, Rochman
12	Selasa, 21 November 2023, 3 jam	Membuat pengukuran performa pada usulan solusi 1 dan 2 serta menentukan usulan solusi terbaik.	Nauval, Rochman
13	Selasa, 28 November 2023, 3 jam	Membuat tabel pengujian untuk pengukuran performa sistem.	Nauval, Rochman
14	Senin, 11 Desember 2023, 3 jam	Membuat diagram blok usulan solusi 1 dan 2	Nauval, Rochman
15	Selasa, 12 Desember 2023, 5 jam	Merapikan format keseluruhan laporan sesuai template	Nauval, Rochman
16	Jum'at, 15 Desember 2023, 3 jam	Finalisasi laporan	Nauval, Rochman

BAB 4. HASIL RANCANGAN DAN METODE PENGUKURAN

4.1 Hasil Rancangan Sistem

4.1.1 Rangkaian elektronik



Gambar 4.1 Rangkaian elektronis

Gambar 4.1 di atas adalah sistem otomatis dan manual untuk mengendalikan peralatan listrik di ruang kelas. Komponen utama dalam sistem ini adalah Raspberry Pi 4B yang berfungsi sebagai otak dari sistem otomatisasi. Raspberry Pi terhubung dengan modul relay 4 channel yang berfungsi sebagai saklar elektronik untuk mengendalikan aliran listrik ke lampu. Pada gambar, terlihat empat lampu yang dihubungkan dengan relay untuk memungkinkan pengendalian nyala atau matinya lampu berdasarkan sinyal dari Raspberry Pi.

Kamera Raspberry Pi Camera Module V2 terhubung ke Raspberry Pi untuk mendeteksi keberadaan orang dalam ruangan menggunakan algoritma YOLO v8. Jika kamera mendeteksi orang, Raspberry Pi akan mengirim sinyal ke relay untuk menyalakan lampu. Jika tidak ada orang yang terdeteksi, Raspberry Pi akan mematikan lampu setelah waktu tunda tertentu.

Terdapat juga saklar switch yang berfungsi untuk mengaktifkan atau menonaktifkan mode otomatis dari sistem, memberikan fleksibilitas tambahan dalam pengendalian lampu. Kemudian

terdapat juga saklar manual yang memungkinkan pengendalian lampu secara manual ketika saklar switch dalam mode manual.

Selain itu, terdapat juga komponen *receiver* yang berfungsi sebagai menerima kode remote AC yang kemudian akan disimpan oleh Raspberry Pi. Komponen IR Remote yang terhubung dengan Raspberry Pi melalui socket GX16 dan kabel AWG 22 berfungsi untuk mengirimkan kode remote yang telah disimpan sebelumnya. IR Remote ini digunakan untuk mengontrol AC di ruang kelas. Dengan menggunakan remote infrared, sistem dapat menghidupkan dan mematikan AC secara nirkabel, dengan Raspberry Pi berfungsi sebagai pengirim sinyal.

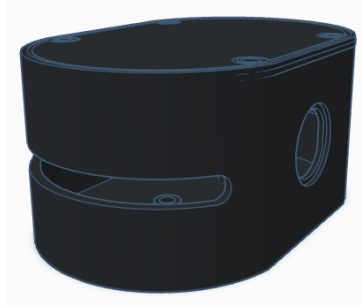
Secara keseluruhan sistem utama menggunakan catu daya 5V DC untuk menyalakan Raspberry Pi yang menggunakan adaptor 220V AC / 5V DC yang terhubung dengan listrik AC PLN. Sedangkan untuk IR Remote memerlukan catu daya tambahan yaitu menggunakan baterai dengan tegangan 9V.

4.1.2 Gambar desain tiga dimensi (3D)



Gambar 4.2 Desain 3D Cover utama

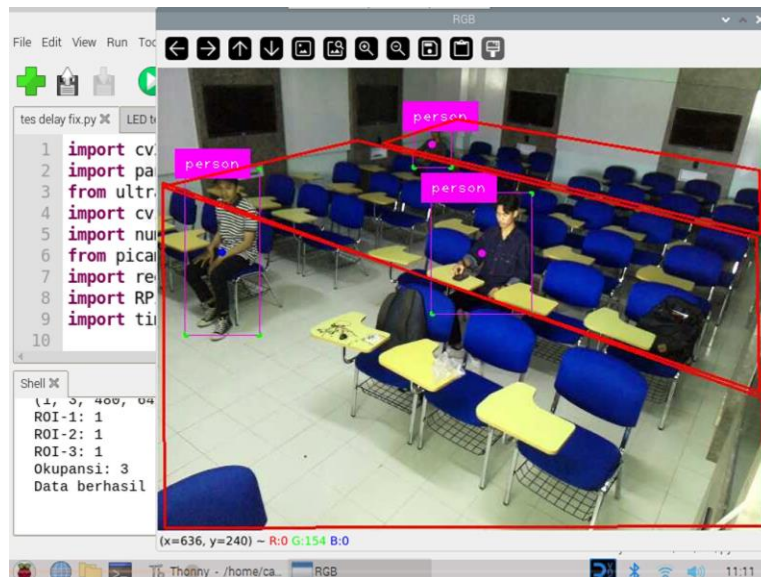
Gambar di atas merupakan desain 3D case/cover dari sistem utama. Tampak depan terlihat pada gambar 4.2 sebelah kiri terdapat lubang untuk kamera dan pada bagian atas terdapat lubang untuk sirkulasi udara dari kipas. Sedangkan pada gambar 4.2 sebelah kanan terdapat lubang untuk tempat socket gx, receiver, saklar switch, dan terminal untuk input dan output dari relay. Selain itu, terdapat lubang di samping case yang merupakan lubang usb type-c untuk catu daya dari raspberry pi.



Gambar 4.3. Desain 3D Cover remote

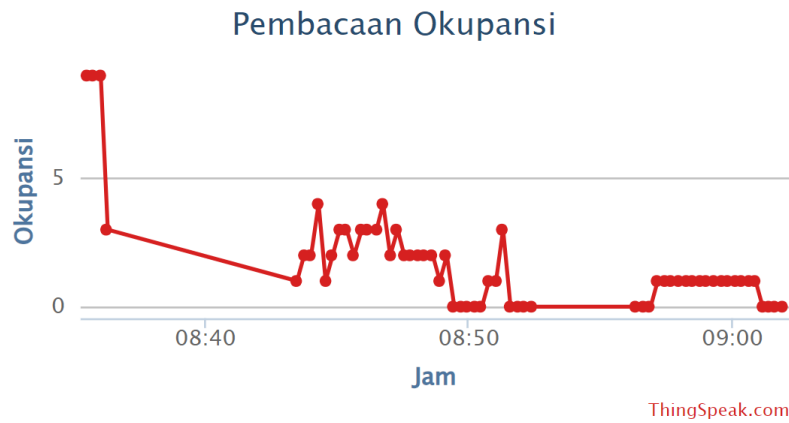
Gambar 4.3 di atas merupakan desain case/cover dari IR Remote. Dalam gambar tersebut terlihat terdapat lubang lekungan yang terdapat di depan dan belakang cover yang berfungsi untuk tempat mengatur IR transmitter. Sedangkan di bagian samping merupakan lubang untuk socket gx. Di dalam case terdapat juga komponen elektronis seperti transistor, resistor, kapasitor dan baterai 9V untuk memperkuat ir transmitter supaya memiliki jangkauan yang lebih luas.

4.1.3 Software atau interface



Gambar 4.4 Tampilan pembacaan Yolo V8 dan ROI

Gambar 4.4 merupakan tampilan dari vnc raspberry pi yang menampilkan program pembacaan yoloV8 disertai dengan ROI ruangan. Seperti yang terlihat di gambar terlihat terdapat obyek berupa orang yang terdeteksi dengan label *person*. Sedangkan garis merah tersebut merupakan garis ROI yang dibuat menyesuaikan kondisi ruangan.



Gambar 4.5 Grafik pembacaan okupansi *thingspeak*

Gambar 4.5 tersebut merupakan grafik pembacaan okupansi ruangan yang dibaca oleh yoloV8 dan dikirimkan secara *real time* melalui raspberry pi ke server *thingspeak*. Data tersebut kemudian digunakan untuk melakukan perhitungan parameter-parameter pengukuran yang telah ditentukan.

4.1.4 Foto hasil akhir perancangan



Gambar 4.6 Hasil akhir perancangan

Gambar 4.6 di atas menunjukkan hasil akhir perancangan alat. Di dalam cover utama, terdapat komponen-komponen seperti Raspberry Pi, modul relay 4 *channel*, kipas, saklar *switch*, sensor IR *receiver*, soket dan terminal kabel. Sedangkan untuk cover remote, terdapat komponen utama berupa IR LED, serta komponen-komponen pendukungnya seperti baterai 9V, transistor, kapasitor, dan resistor, yang berfungsi untuk meningkatkan radius jangkauan remote.

4.1.5 Visualisasi *installation setup*



Gambar 4.7.a Visualisasi sistem utama dan saklar manual, b. *Setup* sistem utama dan remote, c. Pembagian ROI pada frame deteksi di ruang kelas besar, d. Pembagian ROI pada frame deteksi di ruang kelas kecil

Gambar 4.7 di atas merupakan tampilan pemasangan sistem di dalam ruang kelas beserta tampilan ROI dalam frame. Pada Gambar 4.7.a terlihat sistem utama yang terpasang di sudut atas ruangan kemudian terdapat saklar di bawahnya yang berfungsi sebagai saklar manual. Pada Gambar 4.7.b terdapat pemasangan sistem secara lengkap dimana pada sudut ruangan merupakan sistem utama dan di bagian tengah ruangan merupakan remote untuk mengontrol AC dimana sistem utama dengan remote terhubung menggunakan kabel. Kemudian pada Gambar 4.7.c dan Gambar 4.7.d merupakan tampilan ROI pada frame deteksi.

4.2 Metode Pengukuran Kinerja Hasil Perancangan

4.2.1 Akurasi Pembacaan Okupansi

Akurasi pembacaan okupansi digunakan untuk mengukur seberapa tepat sistem dalam mendeteksi jumlah orang di dalam ruangan. Data pembacaan okupansi diambil secara rata-rata dari hasil pembacaan yang diunggah ke platform *ThingSpeak*. Akurasi ini dihitung untuk setiap percobaan dengan kondisi jumlah orang yang berbeda-beda, yang kemudian dibandingkan dengan hasil pembacaan sistem untuk menentukan persentase akurasi. Pada bagian usulan solusi, perhitungan akurasi pembacaan okupansi dihitung menggunakan Persamaan 3.1 yang merupakan perbandingan antara nilai prediksi dengan nilai aktual. Tetapi, persamaan tersebut kurang sesuai ketika diimplementasikan pada hasil pengujian pada kondisi tertentu yaitu ketika nilai prediksi lebih besar daripada nilai aktualnya karena kesalahan pembacaan. Hal tersebut mengakibatkan akurasi bernilai lebih dari 100%. Sehingga, perhitungan akurasi pembacaan okupansi dihitung berdasarkan nilai *absolute error* pada Persamaan 4.1 berikut.

$$\text{Akurasi pembacaan okupansi} = \frac{Okupansi\ sebenarnya - |Okupansi\ sebenarnya - Okupansi\ terbaca|}{Okupansi\ sebenarnya} \times 100\% \quad 4.1$$

4.2.2 Confusion Matrix

Confusion matrix digunakan untuk mengukur keberhasilan sistem dalam mengendalikan peralatan listrik di dalam kelas berupa lampu dan AC. Untuk kendali lampu sendiri dikendalikan berdasarkan pembacaan okupansi di dalam kelas, sedangkan untuk AC kendalinya berdasarkan okupansi dan jadwal yang telah ditentukan. Untuk kontrol lampu, *confusion matrix* digunakan untuk membandingkan prediksi sistem terhadap kondisi keberadaan orang, di mana lampu seharusnya menyala atau mati berdasarkan kondisi aktualnya. Sedangkan untuk kontrol AC, *confusion matrix* yang digunakan lebih kompleks karena mempertimbangkan dua kondisi, yaitu jadwal dan keberadaan orang. AC seharusnya menyala hanya berdasarkan jadwal yang ditetapkan dan mati jika telah sesuai dengan jadwal mematikan dan tidak ada orang. Pengukuran dengan parameter *confusion matrix* menghasilkan nilai *True Positive* (TP), *False Positive* (FP), *False Negative* (FN), dan *True Negative* (TN), yang kemudian nilai-nilai tersebut digunakan untuk menghitung nilai akurasi untuk mengukur tingkat keberhasilan kontrol peralatan listrik (lampu dan AC). Perhitungan akurasi kontrol peralatan listrik (lampu dan AC) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.2 yang merupakan persamaan *accuracy* pada *confusion matrix*. Persamaan 4.2

berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk perhitungan akurasi kontrol peralatan listrik (lampu dan AC) dalam bentuk persentase.

$$\text{Akurasi kontrol peralatan listrik (Lampu dan AC)} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\% \quad 4.2$$

Pengukuran performa sistem berdasarkan hasil parameter *confusion matrix* yang digunakan pada pengujian ini hanya menggunakan perhitungan akurasi. Akurasi mengukur sejauh mana sistem secara keseluruhan benar dalam memprediksi keberadaan orang dan status peralatan listrik.

BAB 5. HASIL PENGUKURAN DAN ANALISIS

5.1 Analisis Hasil

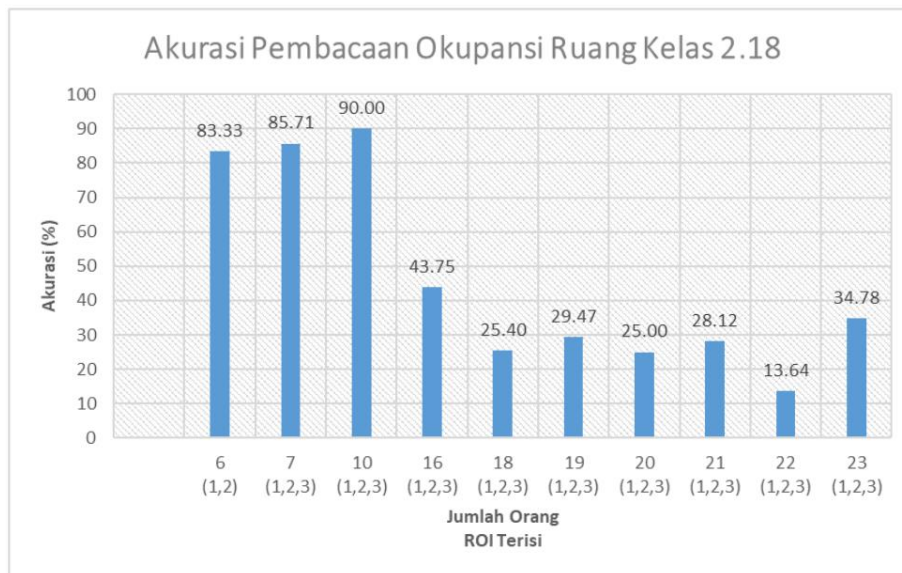
5.1.1 Hasil dan Analisis Pengujian Indikator

5.1.1.1 Ruang Kelas Besar

A. Akurasi Pembacaan Okupansi

Tabel 5.1 Akurasi pembacaan okupansi ruang kelas besar (2.18)

Percobaan	Kondisi (Jumlah orang)	ROI Terisi	Rata- rata Pembacaan Okupansi	Akurasi Pembacaan Okupansi (%)
1	6	1,2	7,00	83,33
2	7	1,2,3	8,00	85,71
3	10	1,2,3	11,00	90,00
4	16	1,2,3	7,00	43,75
5	18	1,2,3	4,57	25,40
6	19	1,2,3	5.60	29,47
7	20	1,2,3	5,00	25,00
8	21	1,2,3	5,90	28,12
9	22	1,2,3	3,00	13,64
10	23	1,2,3	8,00	34,78



Gambar 5.1 Grafik akurasi pembacaan okupansi ruang kelas besar (2.18)

Tabel 5.1 merupakan tabel hasil pengujian akurasi pembacaan okupansi di ruang kelas besar (2.18). Kondisi pada ruang kelas ini terdapat pencahayaan di bagian belakang yang kemungkinan menyebabkan terjadinya kesalahan deteksi dan banyaknya kegagalan deteksi

(hipotesis sementara), seperti kursi yang terdeteksi sebagai orang dan orang yang tidak terdeteksi sama sekali.

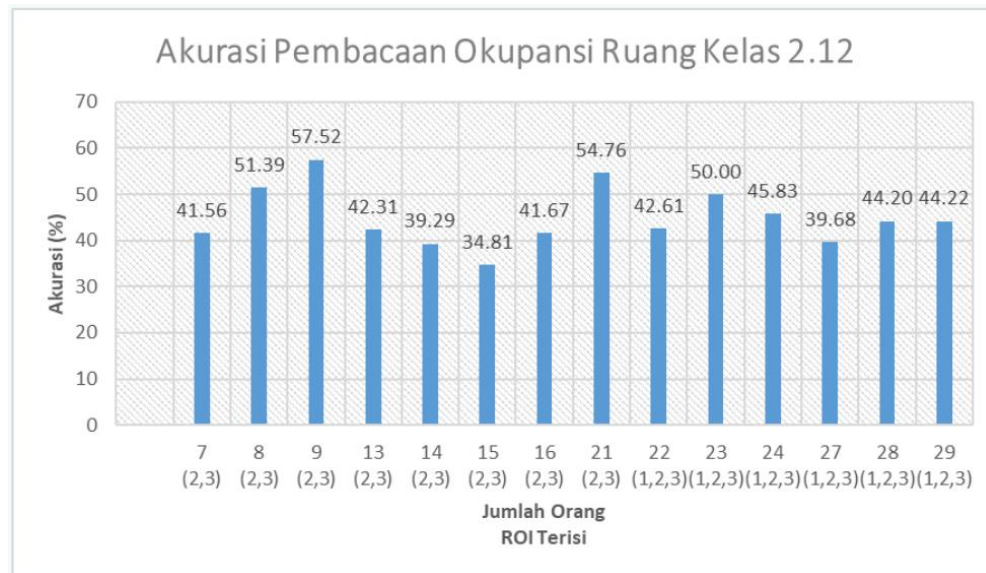
Hasil pengujian akurasi pembacaan okupansi ruang kelas tersebut menunjukkan hasil yang bervariasi tergantung pada jumlah orang yang ada di dalam ruangan. Dari sepuluh kondisi percobaan yang ada, akurasi tertinggi tercapai saat jumlah orang berkisar antara 6 hingga 10, dengan puncak akurasi mencapai 90% pada percobaan keempat dengan 10 orang. Terlihat bahwa sistem memiliki nilai akurasi yang cukup baik ketika jumlah orang relatif sedikit. Namun, akurasi cenderung menurun ketika kondisi jumlah orang semakin bertambah. Akurasi mulai menurun drastis setelah jumlah orang melebihi 10 orang. Pada percobaan dengan 16 hingga 23 orang, akurasi turun menjadi kurang dari 50%, dengan titik terendah 13.64% pada percobaan ke sepuluh dengan 22 orang. Penurunan akurasi yang signifikan ini menunjukkan adanya kelemahan dalam sistem deteksi saat menghadapi okupansi yang lebih tinggi, yang bisa disebabkan oleh keterbatasan sensor kamera atau algoritma yang digunakan.

Hal tersebut dapat terlihat jelas pada Gambar 5.1 yang merupakan grafik representatif dari Tabel 5.1. Dimana grafik menunjukkan penurunan tingkat akurasi yang awalnya mencapai 90% pada kondisi 10 orang turun menjadi 13,64% pada kondisi 22 orang. Grafik yang menyertai tabel tersebut dengan jelas menggambarkan tren ini, di mana terlihat puncak akurasi pada awal percobaan yang kemudian menurun drastis seiring dengan bertambahnya jumlah orang.

Tabel 5.2 Akurasi pembacaan okupansi ruang kelas besar (2.12)

Percobaan	Kondisi (Jumlah orang)	ROI Terisi	Rata- rata Pembacaan Okupansi	Akurasi Pembacaan Okupansi (%)
1	7	2,3	2,91	41,56
2	8	2,3	4,11	51,39
3	9	2,3	5,17	57,52
4	13	2,3	5,50	42,31
5	14	2,3	5,50	39,29
6	15	2,3	5,22	34,81
7	16	2,3	6,66	41,67
8	21	2,3	11,50	54,76
9	22	1,2,3	9,37	42,61
10	23	1,2,3	11,50	50,00
11	24	1,2,3	11,00	45,83
12	27	1,2,3	10,71	39,68

Percobaan	Kondisi (Jumlah orang)	ROI Terisi	Rata- rata Pembacaan Okupansi	Akurasi Pembacaan Okupansi (%)
13	29	1,2,3	12,82	44,22
14	28	1,2,3	12,37	44,20



Gambar 5.2 Grafik akurasi pembacaan okupansi ruang kelas besar (2.12)

Tabel 5.2 merupakan tabel hasil pengujian akurasi pembacaan okupansi di ruang kelas besar (2.12). Berbeda dengan kondisi yang ada pada ruang kelas 2.18, pada ruang besar 2.12 ini tidak terdapat pencahayaan di belakang kelas yang menyebabkan tidak terganggunya kamera yang berdampak pada kesalahan dan kegagalan deteksi (hipotesis sementara).

Hasil pengujian akurasi pembacaan okupansi ruang kelas tersebut menunjukkan hasil yang bervariasi tergantung pada jumlah orang yang ada di dalam ruangan. Dari empat belas percobaan yang dilakukan, akurasi berkisar antara 39.29% hingga 57.52%. Hasil tersebut dapat terlihat pada Gambar 5.2 yang merupakan grafik akurasi pembacaan okupansi menunjukkan nilai akurasi yang fluktuatif tanpa tren yang jelas.

Meskipun demikian, hasil percobaan pada ruang kelas 2.12 menunjukkan nilai akurasi yang lebih stabil daripada hasil percobaan pada ruang kelas 2.18. Pada percobaan di ruang kelas 2.18 ketika kondisi lebih dari 16 orang memiliki akurasi kurang dari 35%. Sedangkan pada percobaan di ruang kelas 2.12 dengan kondisi jumlah orang yang sama memiliki akurasi di atas 35% sampai 54%. Ketika kondisi kurang dari 16 orang, percobaan pada ruang kelas 2.18 memiliki akurasi yang lebih baik daripada percobaan di ruang 2.12. Hal tersebut dapat terlihat berdasarkan

data yang menunjukkan ketika kondisi tersebut, di percobaan ruang 2.18 ROI yang terisi yaitu 1 dan 2. Sedangkan, pada percobaan ruang 2.12 ROI yang terisi yaitu 2 dan 3 terlebih dahulu. Berdasarkan hal tersebut, akurasi pembacaan di ROI 1 dan 2 dapat dikatakan lebih baik daripada pembacaan di ROI 3 (hipotesis sementara).

B. Akurasi Kontrol Peralatan Listrik (Lampu)

Tabel 5.3 *Confusion matrix* pengujian lampu di ruang kelas besar (2.18)

		Actual Value	
		Tidak Ada Orang	Ada Orang
Predicted Value	Lampu Mati	TP = 2	FP = 76
	Lampu Menyala	FN = 1	TN = 182

Tabel 5.4 *Confusion matrix* pengujian lampu di ruang kelas besar (2.12)

		Actual Value	
		Tidak Ada Orang	Ada Orang
Predicted Value	Lampu Mati	TP = 57	FP = 0
	Lampu Menyala	FN = 1	TN = 377

Berdasarkan hasil pengujian *confusion matrix* pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4, nilai akurasi kontrol lampu dihitung menggunakan Persamaan 4.2 sebagai berikut:

- Akurasi kontrol lampu (ruang 2.18) = $\frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} = \frac{2+182}{2+182+76+1} = \frac{184}{261} = 70,50\%$
- Akurasi kontrol lampu (ruang 2.12) = $\frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} = \frac{57+377}{57+377+0+1} = \frac{434}{435} = 99,77\%$

Dari hasil perhitungan di atas, terdapat beberapa perbedaan signifikan yang mempengaruhi hasil akurasi kontrol lampu. Akurasi pembacaan okupansi telah menunjukkan bahwa ruang kelas 2.18 memiliki variasi akurasi yang tidak stabil. Hal ini berdampak ada hasil pengujian, di mana ruang kelas 2.18 menunjukkan akurasi kontrol lampu sebesar 70,50 %. Di sisi lain, ruang kelas 2.12 yang memiliki variasi akurasi yang lebih stabil dibandingkan dengan ruang kelas 2.18, menunjukkan

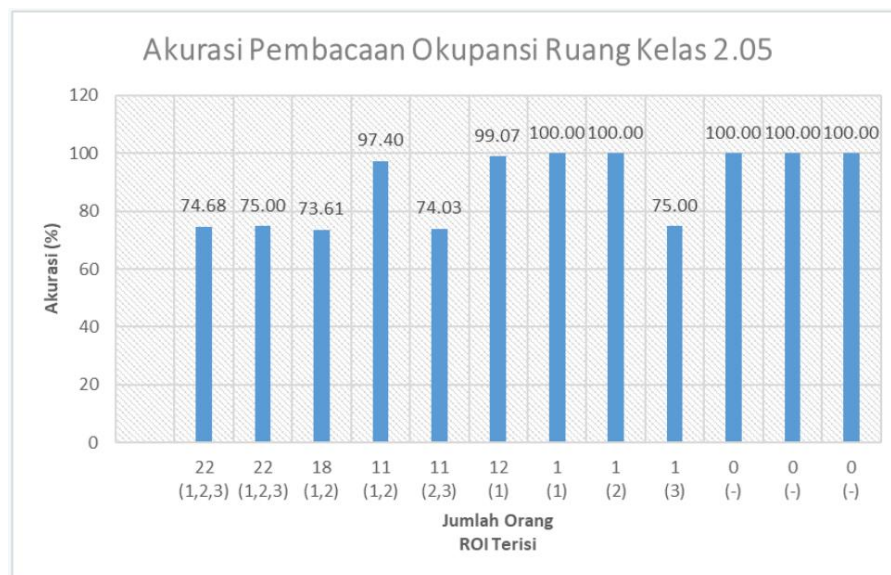
performa yang jauh lebih baik dengan akurasi kontrol lampu mencapai 99.77%. Akurasi kontrol lampu di ruangan 2.12 lebih tinggi menunjukkan bahwa sistem lebih baik dalam prediksi (menyalakan dan mematikan lampu) sesuai dengan kondisi aktual (ada atau tidaknya orang).

5.1.1.2 Ruang Kelas Kecil

A. Akurasi Pembacaan Okupansi

Tabel 5.5 Akurasi pembacaan okupansi ruang kelas kecil (2.05)

Percobaan	Kondisi (Jumlah orang)	ROI Terisi	Rata- rata Pembacaan Okupansi	Akurasi Pembacaan Okupansi (%)
1	22	1,2,3	16,43	74,68
2	22	1,2,3	16,50	75,00
3	18	1,2	13,25	73,61
4	11	1,2	10,71	97,40
5	11	2,3	8,14	74,03
6	12	1	11,88	99,07
7	1	1	1,00	100,00
8	1	2	1,00	100,00
9	1	3	0,75	75,00
10	0	-	0,00	100,00
11	0	-	0,00	100,00
12	0	-	0,00	100,00

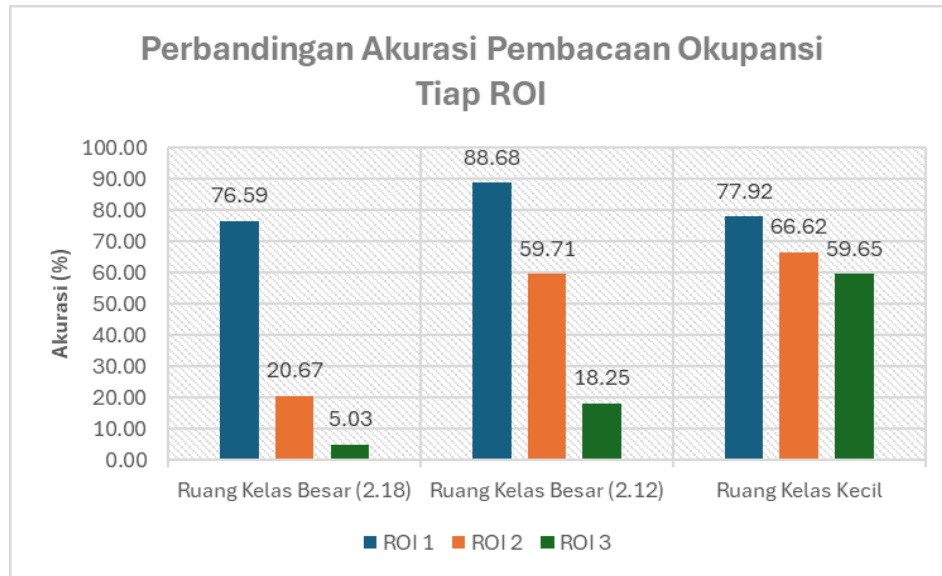


Gambar 5.3 Grafik akurasi pembacaan okupansi ruang kelas kecil

Tabel 5.5 merupakan hasil pengujian akurasi pembacaan okupansi di ruang kelas kecil, sedangkan Gambar 5.3 merupakan grafik representatif dari tabel pengujian. Kondisi ruang kelas

kecil (2.05) ini mirip dengan kondisi pada ruang besar (2.12) yang tidak terdapat gangguan pencahayaan dari belakang kelas. Hal ini menyebabkan kamera tidak terganggu, sehingga mengurangi kesalahan dan kegagalan deteksi. Akurasi pembacaan okupansi di ruang kelas kecil ini terbukti stabil dan umumnya lebih tinggi dibandingkan dua ruang kelas besar lainnya. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa pencahayaan dan luas ruangan berpengaruh dalam meningkatkan dan menstabilkan akurasi pembacaan okupansi.

Berdasarkan tabel dan grafik hasil percobaan di atas, secara umum dapat terlihat bahwa akurasi pembacaan okupansi memiliki nilai yang lebih tinggi ketika jumlah orang lebih sedikit, ini dapat dilihat ketika kelas terisi 18 dan 22 orang memiliki tingkat akurasi yang lebih rendah dibandingkan ketika kelas terisi lebih sedikit yakni 1, 11, dan 12 orang. Kemudian faktor lain yang dapat dilihat adalah ROI yang terisi, di mana area deteksi pada ROI yang paling depan atau terdekat dengan kamera memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi. Hal ini dapat dilihat pada percobaan dengan jumlah 11 orang di mana ketika ROI yang terisi adalah ROI 1 dan 2 memiliki akurasi yang lebih tinggi dibandingkan pada saat ROI 2 dan 3 yang terisi. Faktor ini diperkuat dengan pengujian 1 orang di mana pada saat ROI 1 dan 2 yang terisi memiliki akurasi yang sempurna atau 100%, berbeda dengan pada saat ROI 3 yang terisi memiliki akurasi yang menurun yakni 75%. Pengaruh urutan ROI ini diperkuat dengan hasil perbandingan akurasi pembacaan okupansi tiap ROI pada Gambar 5.4. Adapun untuk pengujian ketika ruang kelas dalam kondisi kosong memiliki rata-rata akurasi sebesar 91.66 %, Hal ini menunjukkan bahwa sistem cukup baik dalam mendeteksi tidak adanya orang atau mencegah terjadinya kesalahan dalam deteksi objek.



Gambar 5.4 Grafik perbandingan akurasi pembacaan okupansi di tiap ROI

Berdasarkan hasil dan analisis pengujian di ruang kelas kecil di atas, dapat menjawab hipotesis pada analisis percobaan di ruang besar sebelumnya. Dimana pembacaan akurasi di ROI 1 dan 2 memiliki tingkat akurasi yang lebih baik daripada pembacaan akurasi di ROI 3. Hal tersebut terjadi di ketiga ruang kelas pengujian yang dapat terlihat pada grafik perbandingan akurasi pembacaan okupansi tiap ROI di Gambar 5.4 di atas. Tetapi, meskipun ROI 1, 2, dan 3 terisi semua pada pengujian di ruang kecil tetap memiliki nilai akurasi pembacaan yang lebih baik daripada pengujian di ruang besar yang ROI 1, 2, dan 3 juga terisi. Sehingga, selain ROI yang mempengaruhi pembacaan, luas deteksi pembacaan juga berpengaruh terhadap tingkat akurasi pembacaan. Ketika sistem diimplementasikan di ruang besar memiliki keterbatasan jangkauan pembacaan dan resolusi kamera dalam mendeteksi okupansi. Berbeda ketika sistem ini di implementasikan di ruang kecil yang memiliki jangkauan deteksi yang lebih kecil/sempit.

B. Akurasi Kontrol Peralatan Listrik (Lampu)

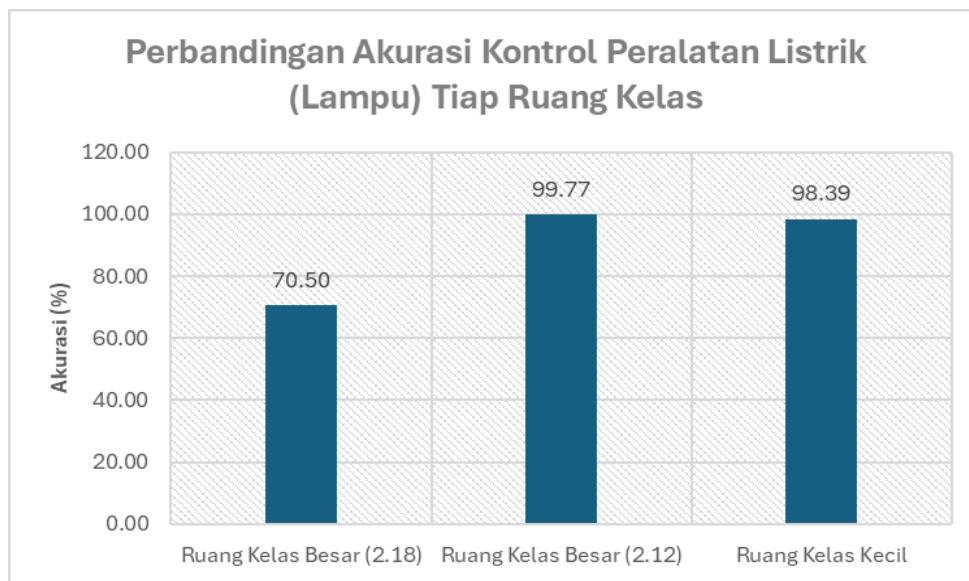
Tabel 5.6 *Confusion matrix* pengujian lampu di ruang kelas kecil

		Actual Value	
		Tidak Ada Orang	Ada Orang
Predicted Value	Lampu Mati	TP = 100	FP = 0
	Lampu Menyala	FN = 3	TN = 83

Berdasarkan hasil pengujian *confusion matrix* pada Tabel 5.6, nilai Akurasi kontrol lampu dihitung menggunakan Persamaan 4.2 sebagai berikut:

$$\text{Akurasi kontrol lampu (ruang 2.05)} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} = \frac{100+83}{100+83+0+3} = \frac{183}{186} = 98,39\%$$

Pengujian di ruang kelas kecil menunjukkan performa yang baik berdasarkan perhitungan akurasi kontrol lampu. Kondisi pencahayaan kelas ini mirip dengan ruang kelas besar 2.12, yakni tidak terdapat pencahayaan di bagian belakang kelas yang dapat menyebabkan kesalahan pada pengenalan objek dan kegagalan deteksi. Hal ini membantu mengurangi kesalahan dan kegagalan deteksi, sehingga meningkatkan akurasi pembacaan okupansi secara umum. Selain itu, luas ruangan yang lebih kecil juga berkontribusi terhadap peningkatan Akurasi pembacaan okupansi dibandingkan dengan kedua ruang kelas besar sebelumnya. Hasil pengujian di ruang kelas kecil menunjukkan akurasi kontrol lampu sebesar 98.39%. Nilai akurasi kontrol lampu tersebut menunjukkan bahwa sistem sangat baik dalam prediksi (menyalakan dan mematikan lampu) sesuai dengan kondisi aktual (ada atau tidaknya orang). Perbandingan akurasi kontrol lampu antara ruang kelas besar 2,18, 2.12, dan ruang kelas kecil dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut:



Gambar 5.5 Grafik perbandingan akurasi kontrol peralatan listrik (lampu) di tiap ruang kelas

Berdasarkan Gambar 5.5, terlihat bahwa ruang kelas kecil 2.05 memiliki Akurasi kontrol lampu yang mirip dengan ruang kelas 2.12, di mana kondisi pencahayaan pada kedua ruang kelas ini sama, yaitu tidak terdapat gangguan pencahayaan dari belakang kelas. Berbeda dengan ruang kelas 2.18 yang memiliki pencahayaan dari belakang kelas sehingga mempengaruhi kamera dalam

mengenali objek. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pencahayaan dari belakang kelas dapat mempengaruhi hasil pembacaan okupansi.

5.1.1.3 Akurasi Kontrol Peralatan Listrik (AC)

Pengujian kontrol AC dilakukan di kelas 2.12 yang menggunakan AC merk SHARP. Pada proyek ini, sistem belum mampu mengontrol AC merk Panasonic. Hasil dari eksperimen ini dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 *Confusion matrix* pengujian AC

		Actual Value			
		Jadwal Menyala		Jadwal Mati	
		Tidak ada orang	Ada orang	Tidak ada orang	Ada orang
Predicted Value	AC Menyala	TN = 5	TN = 5	FN	TN = 5
	AC Mati	FP	FP	TP = 10	FP

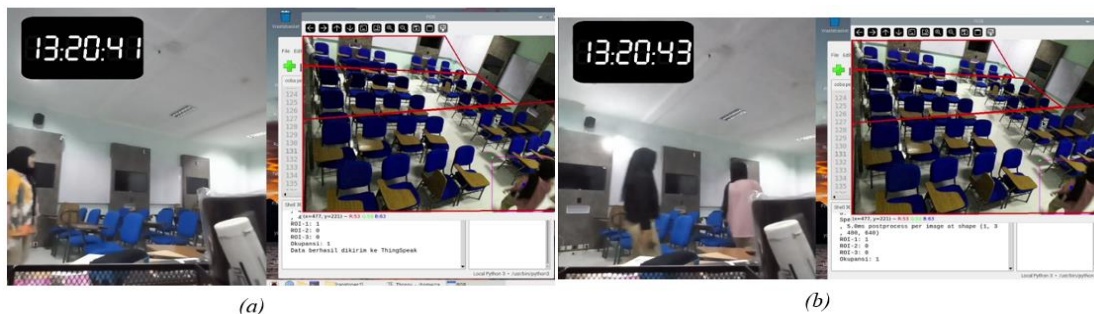
Berdasarkan hasil pengujian *confusion matrix* pada Tabel 5.7, dapat diperoleh nilai akurasi kontrol AC dengan menggunakan Persamaan 4.2 adalah sebagai berikut:

$$\text{Akurasi kontrol AC} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} = \frac{10+15}{10+15+0+0} = \frac{25}{25} = 100\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa sistem kendali peralatan listrik (AC) di dalam kelas bekerja dengan sangat baik. Sistem menunjukkan tingkat Akurasi kontrol AC yang sempurna dalam mengendalikan AC sesuai dengan kondisi aktual yakni penjadwalan dan keberadaan orang di dalam ruang kelas.

5.1.1.4 Verifikasi Kesesuaian Spesifikasi

A. Kontrol Lampu



Gambar 5.6.a Sistem berhasil mendeteksi okupansi, b. Sistem berhasil menyalakan lampu

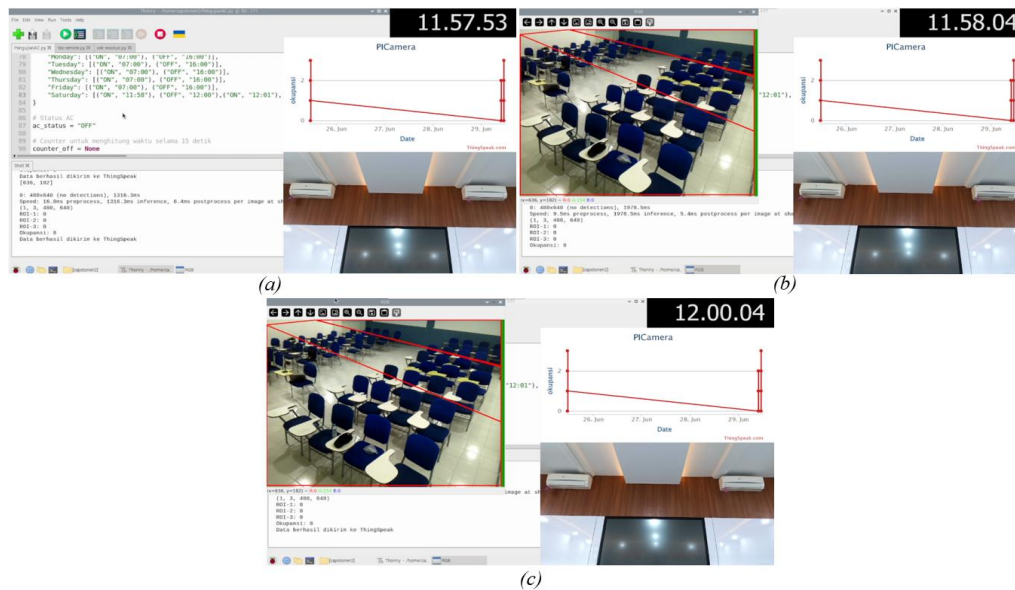
Gambar 5.6 di atas merupakan salah satu hasil pengujian sistem yang menunjukkan sistem berhasil mendeteksi okupansi untuk pertama kalinya yang kemudian akan menyalakan lampu berdasarkan hasil pembacaan okupansi. Dapat dilihat waktu pada Gambar 5.6.a terlihat jam 13:20:41 sistem berhasil melakukan pembacaan okupansi. Kemudian, pada Gambar 5.6.b jam 13:20:43 terlihat lampu pengujian menyala secara otomatis. Terdapat jarak waktu antara pertama kali sistem berhasil melakukan pembacaan dengan menyalakan lampu yaitu 2 detik. Jeda waktu tersebut dapat dikatakan tidak terlalu lama sehingga dapat disebut *real time* karena hal tersebut disebabkan oleh kemampuan sistem dalam memproses program yang juga memerlukan waktu.



Gambar 5.7.a Waktu terakhir sistem mendeteksi okupansi, b. Waktu 29 detik setelah waktu terakhir, c. Sistem mematikan lampu dengan *delay* 30 detik

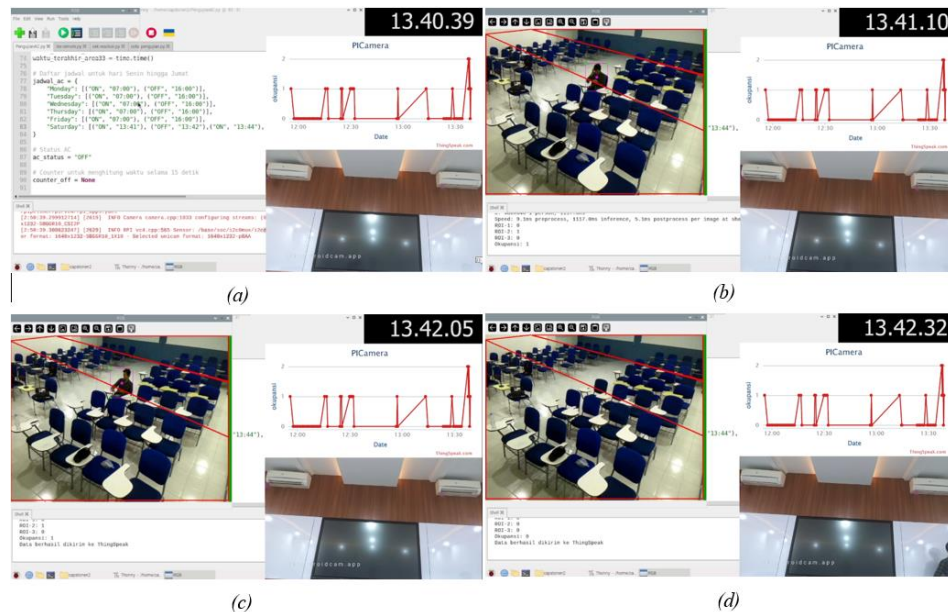
Gambar 5.7 merupakan salah satu kondisi hasil pengujian sistem yang menunjukkan sistem dalam mematikan lampu. Pada Gambar 5.7.a terlihat jika waktu pembacaan okupansi terakhir pada jam 11:08:21 dengan kondisi lampu pengujian yang menyala. Pada Gambar 5.7.b menunjukkan 29 detik setelah waktu terakhir terdeteksi dimana lampu masih menyala. Kemudian pada Gambar 5.7.c terlihat jam 11:08:51 tepat 30 detik setelah orang terakhir terdeteksi sehingga lampu secara otomatis mati.

B. Kontrol AC



Gambar 5.8.a Kondisi awal AC sebelum pengujian (mati) dan pengaturan jadwal, b. Menyalakan AC berdasarkan jadwal nyala, c. Mematikan AC berdasarkan jadwal mati

Gambar 5.8.a menunjukkan pengaturan jadwal pengujian AC dimana jadwal nyala diatur pada jam 11:58 dan jadwal mati pada jam 12:00. Pada Gambar 5.9.b terlihat AC menyala sesuai jadwal yang telah ditentukan. Pada Gambar 5.9.c merupakan jadwal AC mati sehingga AC secara otomatis mati sesuai jadwal yang telah ditentukan karena tidak terbaca orang.



Gambar 5.9.a Kondisi awal AC sebelum pengujian (mati) dan pengaturan jadwal, b. Menyalakan AC berdasarkan jadwal nyala, c. Jadwal mati AC tetapi masih terdapat okupansi, d. AC mati berdasarkan jadwal dan pembacaan okupansi

Gambar 5.9.a menunjukkan pengaturan jadwal pengujian AC dimana jadwal nyala diatur pada jam 13:41 dan jadwal mati pada jam 13:42. Pada Gambar 5.9.b terlihat AC menyala sesuai jadwal yang telah ditentukan. Pada Gambar 5.9.c merupakan jadwal AC mati tetapi masih terdapat okupansi yang terbaca sehingga AC masih tetap menyala. Kemudian pada Gambar 5.9.d terlihat sudah tidak terbaca okupansi sehingga AC dimatikan oleh sistem.

5.1.2 Pemenuhan Spesifikasi Sistem

Secara umum, sistem yang direalisasikan telah memenuhi spesifikasi yang diusulkan dengan beberapa peningkatan pada beberapa aspek, seperti delay mematikan dan menyalakan lampu serta kontrol AC yang lebih fleksibel. Tetapi, untuk meningkatkan jangkauan kontrol AC diperlukan penambahan catu daya berupa baterai 9V pada *remote*. Pada perubahan *delay* dalam mematikan dan menyalakan lampu memberikan respons yang lebih cepat. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa spesifikasi sistem secara keseluruhan terpenuhi dengan beberapa penambahan dan peningkatan yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja sistem.

Tabel 5.8 Perbandingan usulan dan hasil perancangan sistem

No	Spesifikasi	Usulan	Realisasi
1	Peralatan listrik yang dikontrol	AC dan lampu	AC dan lampu
2	Catu daya	Adaptor 220V AC / 5V DC	Adaptor 220V AC / 5V DC dan baterai 9V
3	Delay mematikan lampu	5 menit	30 detik
4	Delay menyalakan lampu	5 detik	<i>Real time</i>
5	Kontrol AC	Mematikan sesuai jadwal	Menyalakan sesuai jadwal dan mematikan sesuai jadwal dan okupansi
6	Radius jangkauan IR Remote	8 meter	7 meter

Berdasarkan Tabel 5.8, terkait perbandingan usulan dan realisasi perancangan sistem, terdapat beberapa perubahan dan peningkatan yang diterapkan pada spesifikasi sistem. Alasan di balik perubahan dan peningkatan spesifikasi sistem tersebut antara lain, penambahan catu daya berupa baterai 9V digunakan sebagai komponen tambahan untuk meningkatkan radius jangkauan *remote*. Namun jangkauan maksimal yang dapat dijangkau *remote* adalah 7 meter yang mana jarak tersebut masih kurang 1 meter dari spesifikasi usulan yakni 8 meter. Kemudian pengurangan delay mematikan lampu dari 5 menit menjadi 30 detik dilakukan untuk menghemat energi dan meningkatkan responsivitas sistem. Delay yang lebih pendek memastikan lampu tidak tetap

menyala lebih lama dari yang diperlukan ketika ruangan tidak digunakan.

Kemudian untuk peningkatan ke *real-time* dalam menyalakan lampu, dilakukan untuk memberikan kenyamanan lebih bagi pengguna. Dengan lampu yang menyala seketika saat terdeteksi okupansi, pengguna tidak perlu menunggu dan dapat langsung menikmati pencahayaan saat memasuki ruangan. Kemudian perubahan terakhir terdapat pada kontrol AC yang pada usulan awal hanya dapat mematikan AC berdasarkan jadwal yang ditentukan. Namun, dilakukan penambahan dan peningkatan berupa AC dapat dinyalakan dan dimatikan berdasarkan jadwal dan hasil pembacaan okupansi. Menyalakan AC hanya berdasarkan jadwal sedangkan mematikan AC berdasarkan dua kondisi yakni jadwal dan keberadaan okupansi.

5.1.3 Pengalaman Pengguna

Pengalaman pengguna diperoleh dengan cara mewawancarai stakeholder terkait yakni bagian perbekalan Fakultas Teknologi Industri UII. Pada sesi wawancara tersebut diawali dengan penjelasan project secara umum kemudian menampilkan video hasil percobaan alat. Setelah itu, melakukan tanya jawab terkait penjelasan project dan video yang telah ditonton. Hasil dari wawancara yang dilakukan kemudian dirangkum pada Tabel 5.4 yang berkaitan dengan hasil wawancara pengalaman pengguna baik capaian maupun kendalanya serta aksi/perbaikan.

Tabel 5.9 Pengalaman Pengguna

No	Fitur/Komponen	Capaian	Aksi/Perbaikan
1	Fungsi	Fungsi sebagai kendali otomatis pada peralatan listrik ruang kelas untuk lampu dan AC.	Dipertahankan
2	Kenyamanan	Sistem otomatis dapat memberikan kenyamanan bagi pengguna karena tidak perlu mengontrol lampu dan AC secara manual.	Dipertahankan.
3	Efisiensi Energi	Kontrol mematikan peralatan listrik secara otomatis ketika ruangan tidak digunakan dapat meningkatkan efisiensi energi.	Dipertahankan
.4	Keberlanjutan	Sistem memiliki potensi untuk penggunaan jangka	Dipertahankan dan ditingkatkan

No	Fitur/Komponen	Capaian	Aksi/Perbaikan
		panjang dan juga dapat diterapkan tidak hanya di ruang kelas namun dapat juga diterapkan pada ruang-ruang yang penggunaannya pada waktu tertentu seperti tempat wudhu dan mushola.	

Berdasarkan Tabel 5.9 di atas terkait pengalaman pengguna, menunjukkan respon yang baik dari *stakeholder* terkait. Fungsi utama dari sistem ini adalah sebagai kendali otomatis pada peralatan listrik ruang kelas berupa lampu dan AC. Kenyamanan pengguna meningkat karena sistem otomatis ini menghilangkan kebutuhan untuk mengontrol lampu dan AC secara manual, sehingga pengguna tidak perlu repot menyalakan atau mematikan perangkat secara langsung, yang dapat menghemat waktu dan usaha.

Efisiensi energi merupakan keuntungan utama, dengan sistem yang secara otomatis mematikan peralatan listrik ketika ruangan tidak digunakan, sehingga mengurangi konsumsi energi dan biaya, serta berdampak positif pada lingkungan. Selain itu, keberlanjutan sistem ini sangat menonjol karena dapat diterapkan dalam berbagai konteks dan ruang, seperti ruang kelas, tempat wudhu, dan mushola. Fleksibilitas ini memungkinkan penggunaan jangka panjang.

5.1.4 Kesesuaian Perencanaan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya

Tabel 5.10 Kesesuaian antara usulan dan realisasi *timeline* pengerjaan Tugas Akhir 2

No	Kegiatan	Usulan waktu	Realisasi Pelaksanaan
1	Pembelian komponen utama	Januari 2024	Januari 2024
2	Pembelian komponen pendukung	Januari 2024	Januari 2024
3	Membuat koding algoritma yoloV8 pada raspberry pi untuk deteksi	Januari 2024 - Februari 2024	Maret 2024

No	Kegiatan	Usulan waktu	Realisasi Pelaksanaan
	okupansi		
4	Membuat koding relay dan ir remote untuk mematikan peralatan listrik	Januari 2024 - Februari 2024	April 2024 - Mei 2024
5	Menggabungkan koding yolo dengan relay dan ir remote	Februari 2024 - Maret 2024	April 2024 - Mei 2024
6	Mencetak desain 3D dan menggabungkan ya dengan komponen elektris	Maret 2024	Mei 2024 - Juni 2024
7	Testing dan Validasi	Maret 2024 - Mei 2024	Mei 2024 - Juli 2024
8	Expo dan pengumpulan laporan akhir	Juni 2024	Juli 2024

Tabel 5.11 Kesesuaian RAB Tugas Akhir antara usulan dan realisasi

No	Jenis Pengeluaran	Usulan Biaya		Realisasi Biaya	
		Kuantitas	Total Harga	Kuantitas	Total Harga
1	Raspberry Pi 4 B	1 pcs	Rp1.650.000 , -	1 pcs	Rp1.650.000, -
2	Adaptor Raspberry Pi 4 B	1 pcs	Rp60.000,-	1 pcs	Rp49.000,-
3	Modul kamera Raspberry Pi 8 MP	1 pcs	Rp495.000,-	1 pcs	Rp495.000,-

No	Jenis Pengeluaran	Usulan Biaya		Realisasi Biaya	
		Kuantitas	Total Harga	Kuantitas	Total Harga
4	IR remote module	4 pcs	Rp28.000	-	-
5	Relay 4 channel	1 pcs	Rp22.000,-	1 pcs	Rp22.000,-
6	SD card 8 GB	1 pcs	Rp50.000,-	1 pcs	Rp60.000,-
7	Jack Aviation Plug Socket Konektor GX-16 16mm Male Female	2 pcs	Rp20.000,-	2 pcs	Rp20.000,-
8	Jasa desain dan cetak kotak kemasan	1 pcs	Rp300.000,-	1 pcs	Rp688.000,-
9	Kabel AWG 24 3 jalur	10 meter	Rp50.000,-	10 meter	Rp40.000,-
10	Bracket	1 pcs	Rp17.000,-	1 pcs	Rp17.000,-
11	Kipas dan heatsink	-	-	1 pcs	Rp30.000,-
12	Komponen IR Remote	-	-	1 pcs	Rp10.000,-
13	Baterai 9V			1 pcs	Rp15.000,-
Total			Rp2.692.00,-		Rp3.096.00,-

Tabel 5.12 Realisasi aktivitas pelaksanaan tugas akhir 2

No	Hari, Tanggal, Durasi (jam atau hari)	Aktivitas	Pelaksana
1	Sabtu, 27 Januari 2024, 1 jam	Membeli komponen-komponen utama	Rochman
2	Senin, 4 Maret 2024, 2 jam	Instalasi OS Raspberry pi	Rochman Nauval
3	Selasa, 5 Maret 2024, 3 jam	Tes kamera	Rochman Nauval
4	Rabu, 13 Maret 2024, 3 jam	Tes program YOLO v8 menggunakan TCP	Rochman Nauval

No	Hari, Tanggal, Durasi (jam atau hari)	Aktivitas	Pelaksana
5	Kamis, 14 Maret 2024, 3 jam	Mencoba mengakses GPIO pada raspberry pi untuk mengontrol LED	Rochman Nauval
6	Senin, 18 Maret 2024, 4 jam	Mencoba program ROI menggunakan library supervision	Rochman Nauval
7	Rabu, 20 Maret 2024, 4 jam	Mencoba kontrol LED berdasarkan pembacaan ROI dengan library supervision	Rochman Nauval
8	Jum'at, 22 Maret 2024, 3 jam	Mengatasi delay pembacaan kamera TCP dengan menggunakan library picamera2	Rochman Nauval
9	Senin, 25 Maret 2024, 4 jam	Mencoba program ROI dengan menggunakan library picamera2	Rochman Nauval
10	Selasa, 26 Maret 2024, 2 jam	Menambahkan area ROI dan menghitung okupansi disetiap areanya	Rochman Nauval
11	Rabu, 3 April 2024, 2 jam	Mencoba membuat Ir Remote menggunakan Arduino uno	Nauval
12	Kamis, 18 April 2024, 2 jam	Mencoba membuat beberapa area ROI dengan library cvzone	Rochman
13	Selasa, 23 April 2024, 3 jam	Mengontrol LED tiap area ROI dari sumber video	Rochman Nauval
14	Rabu, 24 April 2024, 3 jam	Membuat kode mendeteksi okupansi dengan picamera2	Rochman Nauval
15	Senin, 29 April 2024, 2 jam	Mengambil sampel video ruang kelas	Rochman Nauval
16	Selasa, 30 April 2024, 4 jam	Menerapkan sample video ruang kelas pada program untuk pengaturan ROI	Rochman Nauval

No	Hari, Tanggal, Durasi (jam atau hari)	Aktivitas	Pelaksana
17	Rabu, 1 Mei 2024, 3 jam	Membuat thingspeak sebagai tempat menyimpan data history okupansi	Rochman Nauval
18	Senin, 6 Mei 2024, 4 jam	Mencoba mengontrol IR Remote menggunakan library LIRC	Rochman Nauval
19	Selasa, 7 Mei 2024, 4 jam	Mengambil video demonstrasi alat di ruang kelas sebagai bahan presentasi seminar progres	Rochman Nauval
20	Rabu, 8 Mei 2024, 4 jam	Mengerjakan laporan BAB 4	Rochman Nauval
21	Rabu, 15 Mei 2024, 1 jam	Melaksanakan seminar progres kemudian Membeli komponen-komponen tambahan untuk remote dan menemui vendor terkait dengan desain 3D	Rochman Nauval Pembimbing 1 dan 2
22	Selasa, 21 Mei 2024, 2 jam	Mengerjakan laporan BAB 4	Rochman Nauval
23	Rabu, 29 Mei 2024, 4 jam	Menghubungi vendor untuk cetak desain 3D dan membuat rangkaian lampu dan saklar untuk pengujian.	Rochman Nauval
24	Selasa, 4 Juni 2024, 6 jam	Menggabungkan komponen elektronis dengan case hasil cetak 3D	Rochman Nauval
25	Rabu, 5 Juni 2024, 4 jam	Melanjutkan menggabungkan komponen elektronis dengan case hasil cetak 3D	Rochman Nauval
26	Senin, 10 Juni 2024, 6 jam	Melakukan pengujian pertama di ruang kelas 2.05 (lampu)	Rochman Nauval Pembimbing 1

No	Hari, Tanggal, Durasi (jam atau hari)	Aktivitas	Pelaksana
			Partisipan
27	Selasa, 11 Juni 2024, 4 jam	Mengolah data hasil pengujian pertama	Rochman Nauval
28	Rabu, 12 Juni 2024, 4 jam	Mencoba remote dan mengukur jangkauan (belum memenuhi spesifikasi)	Rochman Nauval
29	Rabu, 19 Juni 2024, 3 jam	Mencoba remote untuk memenuhi spesifikasi (belum memenuhi spesifikasi)	Rochman Nauval
30	Senin, 24 Juni 2024, 4 jam	Melakukan pengujian ke-2 di ruang kelas 2.18 (lampu)	Rochman Nauval Pembimbing 1 Partisipan
31	Selasa, 25 Juni 2024, 3 jam	Melakukan pengujian ke-3 di ruang kelas 3.12 (lampu)	Rochman Nauval
32	Rabu, 26 Juni 2024, 4 jam	Mengolah data hasil pengujian ke-2a dan ke-3	Rochman Nauval
33	Jum'at, 28 Juni 2024, 2 jam	Mencoba remote untuk memenuhi spesifikasi (berhasil memenuhi)	Rochman Nauval
34	Sabtu, 29 Juni 2024, 6 jam	Melakukan pengujian ke-4 (AC)	Rochman Nauval
35	Senin, 1 Juli 2024, 5 jam	Mengolah data dan mengerjakan laporan BAB 5	Rochman Nauval
36	Selasa, 2 Juli 2024, 4 jam	Melanjutkan mengerjakan laporan BAB 5	Rochman Nauval
37	Rabu, 3 Juli 2024, 4 jam	Melakukan wawancara dengan <i>stakeholder</i> (perbekalan FTI) dan	Rochman Nauval

No	Hari, Tanggal, Durasi (jam atau hari)	Aktivitas	Pelaksana
		dilanjutkan dengan melakukan pengujian ke-5 (lampu)	
38	Kamis, 4 Juli 2024, 3 jam	Mengolah data dan mengerjakan laporan BAB 6	Rochman Nauval

5.2 Dampak Implementasi Sistem

Implementasi sistem ini menunjukkan kemajuan dalam teknologi otomatisasi dan sensor. Sistem yang mampu mendeteksi keberadaan orang dengan hasil pembacaan yang disimpan dalam bentuk tabel dan grafik serta mengendalikan peralatan listrik secara otomatis menggambarkan penggunaan teknologi Internet of Things (IoT) dan kecerdasan buatan (AI). Teknologi ini memungkinkan pengelolaan peralatan listrik yang lebih efisien dan cerdas, serta membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam otomatisasi ruangan pintar.

Dari segi sosial, sistem ini meningkatkan kenyamanan pengguna. Dengan otomatisasi pengendalian lampu dan AC, pengguna kelas tidak perlu menghidupkan dan mematikan secara manual peralatan listrik, yang dapat meningkatkan fokus pada aktivitas utama mereka. Selain itu, sistem ini memiliki dampak ekonomi yang dapat mengurangi biaya operasional. Penggunaan energi yang lebih efisien berarti biaya listrik yang lebih rendah. Dalam jangka panjang, penghematan ini dapat meningkatkan efisiensi operasional khususnya dalam hal energi.

Dampak lingkungan dari sistem ini sangat positif. Penggunaan energi yang lebih efisien berarti pengurangan emisi karbon dan jejak lingkungan yang lebih kecil. Sistem ini mendukung upaya keberlanjutan dan pelestarian lingkungan dengan mengurangi konsumsi energi dan limbah yang dihasilkan dari penggunaan peralatan listrik yang berlebihan.

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Sistem yang direalisasikan telah memenuhi sebagian besar spesifikasi yang diusulkan dengan beberapa peningkatan pada beberapa aspek, seperti delay mematikan dan menyalakan lampu serta kontrol AC yang lebih fleksibel. Kemudian, penambahan catu daya berupa baterai 9V pada remote untuk meningkatkan jangkauan. Sedangkan untuk jarak jangkauan maksimal remote adalah 7 meter.

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, kondisi kelas seperti pencahayaan di bagian belakang, seperti yang ditemukan di ruang 2.18, mempengaruhi akurasi sistem dan menyebabkan banyak kegagalan deteksi. Selain itu, ruang kelas dengan ROI yang lebih dekat dengan kamera menunjukkan akurasi yang lebih baik. Di setiap ruangan, tingginya akurasi pembacaan bergantung pada urutan ROI, yaitu akurasi ROI 1 > ROI 2 > ROI 3. Kapasitas okupansi juga berpengaruh, di mana ruang kelas besar dengan lebih banyak orang cenderung memiliki akurasi lebih rendah karena keterbatasan deteksi dan resolusi kamera.

Hasil percobaan menunjukkan pada ruang kelas besar (2.18), akurasi pembacaan okupansi menunjukkan tren yang tidak stabil seiring meningkatnya okupansi, dengan kisaran antara 13,64%-90,00%. Di ruang kelas besar lainnya (2.12), akurasi pembacaan okupansi berada antara 39,29% hingga 57,52%, dengan tren yang lebih stabil seiring bertambahnya okupansi. Sementara itu, di ruang kelas kecil (2.05), akurasi cenderung lebih baik dibandingkan kedua ruang besar, serupa dengan tren di ruang besar, yaitu terjadi penurunan akurasi seiring meningkatnya okupansi. Namun, secara keseluruhan, akurasi di ruang kecil lebih baik, berkisar antara 73,61%-100%. Hasil confusion matrix untuk kontrol lampu menunjukkan bahwa di ruang 2.18, akurasi kontrol lampu sebesar 70.50%, dengan banyak kegagalan deteksi karena kondisi pencahayaan yang kurang ideal. Di ruang 2.12, akurasi kontrol lampu mencapai 99.77%, menunjukkan performa yang jauh lebih baik dalam kondisi pencahayaan yang stabil. Di ruang kecil (2.05), akurasi kontrol lampu mencapai 98.39%, menunjukkan sistem sangat baik dalam prediksi sesuai kondisi aktual. Untuk kontrol AC, pengujian di ruang 2.12 menunjukkan akurasi sempurna 100%, menunjukkan sistem kendali AC bekerja dengan sangat baik dalam mengendalikan AC sesuai kondisi aktual.

6.2 Saran

Berdasarkan proses dan hasil pengerjaan proyek ini, beberapa saran yang dapat diberikan untuk peningkatan di masa mendatang adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan kamera dengan resolusi yang lebih baik

Mengganti kamera dengan resolusi yang lebih tinggi dapat membantu meningkatkan akurasi deteksi objek. Kamera dengan resolusi lebih baik akan memberikan gambar yang lebih jelas dan detail, sehingga algoritma deteksi objek dapat bekerja lebih efektif dan mengurangi kesalahan deteksi.

2. Menggunakan lensa kamera jenis wide

Penggunaan lensa kamera jenis wide (sudut pandang lebar) dapat memperluas area deteksi. Dengan sudut pandang yang lebih luas, kamera dapat mencakup lebih banyak area dalam satu bingkai, sehingga lebih efektif dalam mendeteksi keberadaan orang di ruangan yang lebih besar atau dengan tata letak yang kompleks.

3. Meningkatkan kompatibilitas dengan berbagai merk AC

Mengembangkan sistem agar dapat kompatibel dengan lebih banyak merk dan model AC, sehingga sistem ini dapat lebih fleksibel dan digunakan secara luas di berbagai lingkungan.

4. Menyempurnakan algoritma kontrol AC

Membuat algoritma mematikan AC ketika kondisi ruang kelas yang seharusnya ada kegiatan pembelajaran tetapi pada kondisi aslinya tidak terdapat kegiatan pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. B. K. Santoso dan N. Gusdini, “Analisis Emisi CO₂ Berdasarkan Jejak Karbon Sekunder,” Jakarta, Okt 2016.
- [2] “Ini Komitmen Indonesia Mencapai Net Zero Emission.” Diakses: 13 Desember 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.kemenkeu.go.id/informasi-publik/publikasi/berita-utama/Ini-Komitmen-Indonesia-Mencapai-Net-Zero-Emission>
- [3] “ENERLITES - MDC-50L-Stickered Ultrasonic and PIR Dual Technology Occupancy Sensor, 360 Degree Field of View, 1,600 Sq Ft Coverage, Low Voltage, Commercial Grade, MDC-50L, White,” Amazon.com. Diakses: 13 Desember 2023. [Daring]. Tersedia pada: https://www.amazon.com/Enerlites-MDC-50L-Commercial-Ultrasonic-Infrared/dp/B00KWLNE0U/ref=sr_1_1?crid=16S5DX448XHH6&keywords=ENERLITES%2BMDC-50L&qid=1702355602&srefix=%2Caps%2C397&sr=8-1&th=1
- [4] “TOPGREENER in Wall PIR Motion Sensor Light Switch, Occupancy Sensor Switch, On/Off Override, Single-Pole, Fluorescent 500VA/Motor 1/8Hp/Incandescent 500W, Neutral Wire Required, TSOS5-White,” amazon.com. Diakses: 13 Desember 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.amazon.com/TOPGREENER-TSOS5-White-Single-Pole-Fluorescent-Incandescent/dp/B015G8VLNA?th=1>
- [5] A. Hanafie dan R. Ramadhan, “Perancangan Alat Pendeteksi Gerak Sebagai Sistem Keamanan Menggunakan ESP32 CAM Berbasis IoT.” [Daring]. Tersedia pada: <http://jtek.ft-uim.ac.id/index.php/jtek>
- [6] D. Sayoga, P. D. Kusuma, dan F. C. Hasibuan, “Pengembangan Sistem Deteksi Occupancy Menggunakan Computer Vision untuk Smart Building dan Automation,” 2020, hlm. 4751–4758.
- [7] M. F. Wicaksono dan M. D. Rahmatya, “Implementasi Arduino dan ESP32 CAM untuk Smart Home,” *Jurnal Teknologi dan Informasi*, vol. 10, no. 1, hlm. 40–51, Feb 2020, doi: 10.34010/jati.v10i1.2836.
- [8] J. Nanang, S. Kusmintardjo, D. Djum, dan N. Benty, “ANALISIS OKUPANSI RUANG KULIAH PADA FAKULTAS ILMU PENDIDIKAN UNIVERSITAS NEGERI MALANG.”
- [9] L. Wu, Y. Wang, dan H. Liu, “Occupancy Detection and Localization by Monitoring Nonlinear Energy Flow of a Shuttered Passive Infrared Sensor,” *IEEE Sens J*, vol. 18, no. 21, hlm. 8656–8666, Nov 2018, doi: 10.1109/JSEN.2018.2869555.

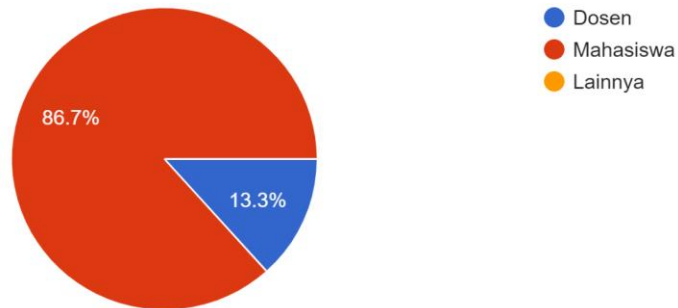
- [10] O. Shih dan A. Rowe, "Occupancy estimation using ultrasonic chirps," dalam *ACM/IEEE 6th International Conference on Cyber-Physical Systems, ICCPS 2015*, Association for Computing Machinery, Inc, Apr 2015, hlm. 149–158. doi: 10.1145/2735960.2735969.
- [11] W. Suparno dan A. Jalil, "Sensor Multi-Modal untuk Deteksi Gerak Objek pada Sistem Keamanan Rumah Berbasis Komunikasi Node Robot Operating System," *Jurnal Elektro Luceat*, vol. 7, no. 1, 2021.
- [12] Desmira, D. Aribowo, W. Dwi Nugroho, dan Sutarti, "Penerapan SENSOR PASSIVE INFRARED (PIR) PADA PINTU OTOMATIS DI PT LG ELECTRONIC INDONESIA," *Jurnal PROSISKO*, vol. 7, no. 1, hlm. 1–7, 2020.
- [13] A. H. Nadyawan, "Aplikasi Sensor Ultrasonic HC-SR04 pada Robot Anti Penghalang," *Sinarfe7*, hlm. 306–312.
- [14] "Computer vision system: challenges, benefits, use cases," N-iX.com. Diakses: 13 Desember 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.n-ix.com/computer-vision/>
- [15] F. Jalled dan I. Voronkov, "Object Detection using Image Processing," Nov 2016.
- [16] Y. Wang, H. Wang, dan Z. Xin, "Efficient Detection Model of Steel Strip Surface Defects Based on YOLO-V7," *IEEE Access*, vol. 10, hlm. 133936–133944, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3230894.
- [17] E. Rasywir, R. Sinaga, dan Y. Pratama, "Analisis dan Implementasi Diagnosis Penyakit Sawit dengan Metode Convolutional Neural Network (CNN)," *Paradigma – Jurnal Informatika dan Komputer*, vol. 22, no. 2, hlm. 117–123, 2020, doi: 10.31294/p.v21i2.
- [18] A. H. Pratomo, W. Kaswidjanti, dan S. Mu'arifah, "Implementasi Algoritma Region of Interest (ROI) Untuk Meningkatkan Performa Algoritma Deteksi dan Klasifikasi Kendaraan," vol. 7, no. 1, hlm. 155–162, 2020, doi: 10.25126/

LAMPIRAN

1.1 Hasil kuesioner dengan *stakeholder*:

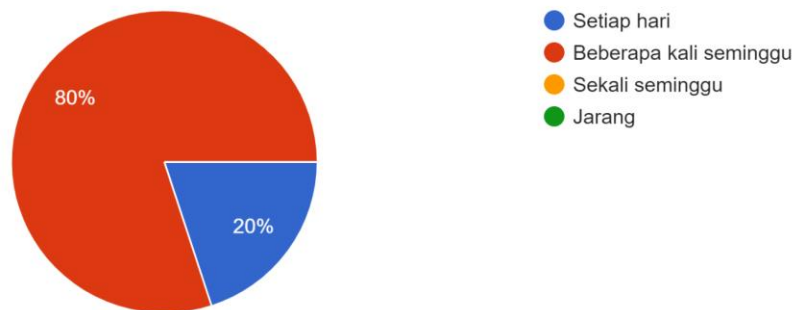
Pekerjaan

15 responses



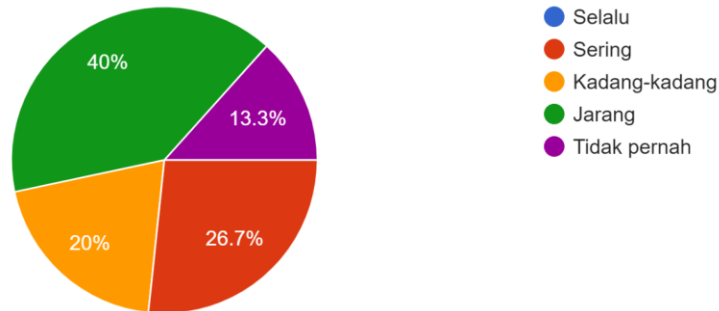
Seberapa sering Anda menggunakan ruang kelas/laboratorium di kampus?

15 responses



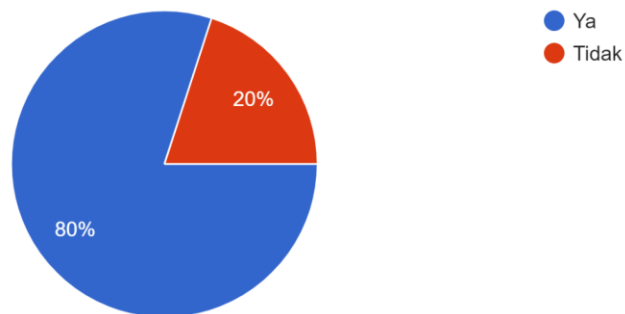
Apakah Anda berinisiatif untuk mematikan peralatan listrik saat meninggalkan ruangan atau laboratorium?

15 responses



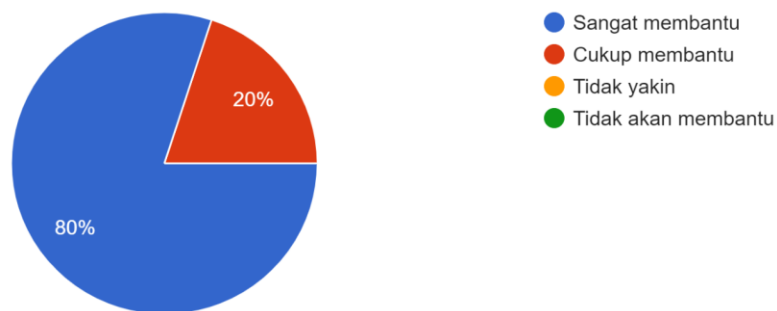
Apakah Anda pernah mengalami situasi di mana lampu, AC, atau TV ditinggalkan menyala setelah ruangan kosong

15 responses



Berdasarkan tema dan deskripsi proyek di atas. Bagaimana menurut Anda sistem otomatis ini dapat membantu mengatasi pemborosan energi?

15 responses



1.2 Perhitungan estimasi peluang penghematan energi dan biaya

Perhitungan energi dan biaya untuk 1 AC:

$$\text{Tarif listrik (B2/TR)} = \text{Rp}1.444,70$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas AC} &= 1,5 \text{ PK} \\ &= 1.170 \text{ watt}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Waktu pemborosan} &= 1 \text{ jam} \times 22 \text{ hari} \\ &= 22 \text{ jam/bulan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total kWh} &= (p \times t)/1.000 \\ &= (1.170 \text{ watt} \times 22 \text{ jam})/1.000 \\ &= 1,17 \text{ kWh/bulan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya} &= \text{Tarif listrik} \times \text{Total kWh} \\ &= \text{Rp}1.444,70 \times 1,17 \text{ kWh} \\ &= \text{Rp}37.186, -\end{aligned}$$

Perhitungan estimasi pemborosan energi dan biaya AC gedung FTI :

$$\text{Jumlah AC/ruangan} = 3 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah ruang kelas} = 14 \text{ ruang}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah total kWh} &= \text{Total kWh} \times \text{Jumlah AC} \times \text{Jumlah ruang kelas} \\ &= 1,17 \text{ kWh} \times 3 \text{ buah} \times 14 \text{ ruang} \\ &= 25,74 \text{ kWh/bulan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya} &= \text{Tarif listrik} \times \text{Jumlah total kWh} \\ &= \text{Rp}1.444,70 \times 25,74 \text{ kWh} \\ &= \text{Rp}1.561.836, -\end{aligned}$$

5.1 Data hasil pengujian ruang kelas kecil

Waktu	Okupansi Terbaca	ROI Terisi	Kondisi Lampu			ROI Terbaca				ROI Real				ROI Akurasi			TN	FP	TP	FN
			ROI 1	ROI 2	ROI 3	ROI 1	ROI 2	ROI 3	Total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	Total	ROI 1	ROI 2	ROI 3				
13:11:40	0	-																		
13:11:57	0	-																		
13:12:13	0	-																		
13:12:30	0	-																		
13:12:45	0	-																		
13:13:11	0	-																		
13:13:27	0	-	OFF	OFF	OFF														3	
13:13:44	0	-	OFF	OFF	OFF														3	
13:14:00	8	1, 2	ON	ON	OFF												2		1	
13:14:16	10	1, 2	ON	ON	OFF												2		1	
13:14:33	10	1, 2	ON	ON	OFF	4	6	0	10	5	6	0	11	80.00	100.00	100.00	2		1	
13:14:49	12	1, 2	ON	ON	OFF	6	6	0	12	5	6	0	11	80.00	100.00	100.00	2		1	
13:15:05	11	1, 2	ON	ON	OFF	6	5	0	11	5	6	0	11	80.00	83.33	100.00	2		1	
13:15:21	10	1, 2	ON	ON	OFF	6	4	0	10	5	6	0	11	80.00	66.67	100.00	2		1	
13:15:38	10	1, 2	ON	ON	OFF	8	2	0	10	5	6	0	11	40.00	33.33	100.00	2		1	
13:15:54	11	1, 2	ON	ON	OFF	8	3	0	11	5	6	0	11	40.00	50.00	100.00	2		1	
13:16:11	11	1, 2	ON	ON	OFF	6	5	0	11	5	6	0	11	80.00	83.33	100.00	2		1	
13:16:26	11	1, 2	ON	ON	OFF												2		1	
13:16:43	14	1,2	ON	ON	OFF												2		1	
13:17:00	14	1,2,3	ON	ON	ON												3			
13:17:16	17	1,2,3	ON	ON	ON	7	8	2	17	5	11	6	22	60.00	72.73	33.33	3			
13:17:33	13	1,2,3	ON	ON	ON	5	6	2	13	5	11	6	22	100.00	54.55	33.33	3			
13:17:49	17	1,2,3	ON	ON	ON	5	9	3	17	5	11	6	22	100.00	81.82	50.00	3			
13:18:05	14	1,2,3	ON	ON	ON	6	6	2	14	5	11	6	22	80.00	54.55	33.33	3			
13:18:20	17	1,2,3	ON	ON	ON	7	7	3	17	5	11	6	22	60.00	63.64	50.00	3			
13:18:36	20	1,2,3	ON	ON	ON	8	9	3	20	5	11	6	22	40.00	81.82	50.00	3			
13:18:52	17	1,2,3	ON	ON	ON	7	8	2	17	5	11	6	22	60.00	72.73	33.33	3			

Waktu	Okupansi Terbaca	ROI Terisi	Kondisi Lampu			ROI Terbaca				ROI Real				ROI Akurasi			TN	FP	TP	FN
			ROI 1	ROI 2	ROI 3	ROI 1	ROI 2	ROI 3	Total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	Total	ROI 1	ROI 2	ROI 3				
13:19:08	12	1,2,3	ON	ON	ON												3			
13:19:24	4	1	ON	ON	ON												1		2	
13:19:41	0	-	ON	ON	ON														3	
13:19:57	0	-	ON	OFF	OFF												1		2	
13:20:14	0	-	OFF	OFF	OFF														3	
13:20:30	0	-	OFF	OFF	OFF														3	
13:20:45	5	1,2	ON	ON	OFF												2		1	
13:21:01	8	1,2,3	ON	ON	ON	1	5	2	8	0	4	4	8	0.00	75.00	50.00	3			
13:21:18	9	2,3	ON	ON	ON	1	4	3	8	0	4	4	8	0.00	100.00	75.00	2		1	
13:21:34	8	2,3	ON	ON	ON	0	7	2	9	0	4	4	8	100.00	25.00	50.00	2		1	
13:21:49	9	2,3	OFF	ON	ON	0	5	4	9	0	4	4	8	100.00	75.00	100.00	2		1	
13:22:05	8	2,3	OFF	ON	ON	0	5	3	8	0	4	4	8	100.00	75.00	75.00	2		1	
13:22:21	8	2,3	OFF	ON	ON	0	5	3	8	0	4	4	8	100.00	75.00	75.00	2		1	
13:22:37	7	2,3	OFF	ON	ON	0	5	2	7	0	4	4	8	100.00	75.00	50.00	2		1	
13:22:53	10	1,2,3	ON	ON	ON												3			
13:23:08	18	1,2,3	ON	ON	ON												3			
13:23:24	18	1,2,3	ON	ON	ON	10	6	2	18	12	6	4	22	83.33	100.00	50.00	3			
13:23:41	15	1,2,3	ON	ON	ON	10	4	1	15	12	6	4	22	83.33	66.67	25.00	3			
13:23:56	17	1,2,3	ON	ON	ON												3			
13:24:11	15	1,2	ON	ON	ON	10	5	0	15	12	6	0	18	83.33	83.33	100.00	2		1	
13:24:28	15	1,2	ON	ON	ON	10	5	0	15	12	6	0	18	83.33	83.33	100.00	2		1	
13:24:45	14	1,2	ON	ON	OFF	10	4	0	14	12	6	0	18	83.33	66.67	100.00	2		1	
13:25:00	9	1,2	ON	ON	OFF	7	2	0	9	12	6	0	18	58.33	33.33	100.00	2		1	
13:25:17	12	1	ON	ON	OFF	12	0	0	12	12	0	0	12	100.00	100.00	100.00	1		2	
13:25:33	12	1	ON	ON	OFF	12	0	0	12	12	0	0	12	100.00	100.00	100.00	1		2	
13:25:50	12	1	ON	ON	OFF	12	0	0	12	12	0	0	12	100.00	100.00	100.00	1		1	1
13:26:07	14	1	ON	ON	OFF	13	1	0	14	12	0	0	12	91.67	0.00	100.00	1		1	1

Waktu	Okupansi Terbaca	ROI Terisi	Kondisi Lampu			ROI Terbaca				ROI Real				ROI Akurasi			TN	FP	TP	FN
			ROI 1	ROI 2	ROI 3	ROI 1	ROI 2	ROI 3	Total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	Total	ROI 1	ROI 2	ROI 3				
13:26:22	13	1	ON	ON	OFF	11	2	0	13	12	0	0	12	91.67	- 100.00	100.00	1		1	1
13:26:38	12	1	ON	ON	OFF	12	0	0	12	12	0	0	12	100.00	100.00	100.00	1		2	
13:26:54	10	1	ON	ON	OFF	10	0	0	10	12	0	0	12	83.33	100.00	100.00	1		2	
13:27:11	10	1	ON	OFF	OFF	10	0	0	10	12	0	0	12	83.33	100.00	100.00	1		2	
13:27:27	12	1	ON	OFF	OFF	12	0	0	12	12	0	0	12	100.00	100.00	100.00	1		2	
13:27:44	6	1	ON	OFF	OFF												1		2	
11 : 07 : 16	1	1	ON	OFF	OFF	1	0	0	1	1	0	0	1	100.00	100.00	100.00	1		2	
11 : 07 : 31	1	1	ON	OFF	OFF	1	0	0	1	1	0	0	1	100.00	100.00	100.00	1		2	
11 : 07 : 47	1	1	ON	OFF	OFF	1	0	0	1	1	0	0	1	100.00	100.00	100.00	1		2	
11 : 08 : 04	1	1	ON	OFF	OFF	1	0	0	1	1	0	0	1	100.00	100.00	100.00	1		2	
11 : 08 : 22	1	1	ON	OFF	OFF	1	0	0	1	1	0	0	1	100.00	100.00	100.00	1		2	
11 : 08 : 39	0	-	ON	OFF	OFF	0	0	0	0	0	0	0	0	100.00	100.00	100.00			3	
11 : 08 : 55	0	-	OFF	OFF	OFF	0	0	0	0	0	0	0	0	100.00	100.00	100.00			3	
11 : 09 : 14	0	-	OFF	OFF	OFF	0	0	0	0	0	0	0	0	100.00	100.00	100.00			3	
11 : 09 : 30	0	-	OFF	OFF	OFF	0	0	0	0	0	0	0	0	100.00	100.00	100.00			3	
11 : 09 : 47	1	2	ON	ON	OFF	0	1	0	1	0	1	0	1	100.00	100.00	100.00			3	
11 : 10 : 02	1	2	OFF	ON	OFF	0	1	0	1	0	1	0	1	100.00	100.00	100.00	1		2	
11 : 10 : 19	1	2	OFF	ON	OFF	0	1	0	1	0	1	0	1	100.00	100.00	100.00			3	
11 : 10 : 35	0	-	ON	ON	OFF	0	0	0	0	0	0	0	0	100.00	100.00	100.00			3	
11 : 10 : 55	0	-	ON	OFF	OFF	0	0	0	0	0	0	0	0	100.00	100.00	100.00			3	
11 : 11 : 13	0	-	OFF	OFF	OFF	0	0	0	0	0	0	0	0	100.00	100.00	100.00			3	
11 : 11 : 29	1	2	OFF	ON	OFF	0	0	1	1	0	0	1	1	100.00	100.00	100.00	1		2	
11 : 11 : 47	1	3	OFF	ON	ON	0	0	1	1	0	0	1	1	100.00	100.00	100.00	1		2	
11 : 12 : 03	1	3	OFF	OFF	ON	0	0	1	1	0	0	1	1	100.00	100.00	100.00	1		2	
11 : 12 : 19	0	3	OFF	OFF	ON	0	0	0	0	0	0	1	1	100.00	100.00	0.00	1		2	
11 : 12 : 35	0	-	ON	ON	ON	0	0	0	0	0	0	0	0	100.00	100.00	100.00			3	
11 : 12 : 53	0	-	ON	ON	ON	0	0	0	0	0	0	0	0	100.00	100.00	100.00			3	

Waktu	Okupansi Terbaca	ROI Terisi	Kondisi Lampu			ROI Terbaca				ROI Real				ROI Akurasi			TN	FP	TP	FN
			ROI 1	ROI 2	ROI 3	ROI 1	ROI 2	ROI 3	Total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	Total	ROI 1	ROI 2	ROI 3				
11 : 13 : 09	0	-	OFF	OFF	OFF	0	0	0	0	0	0	0	0	100.00	100.00	100.00			3	
11 : 14 : 00	0	-	OFF	OFF	OFF	0	0	0	0	0	0	0	0	100.00	100.00	100.00			3	
11 : 14 : 15	0	-	OFF	OFF	OFF	0	0	0	0	0	0	0	0	100.00	100.00	100.00			3	
11 : 14 : 32	0	-	OFF	OFF	OFF	0	0	0	0	0	0	0	0	100.00	100.00	100.00			3	
11 : 14 : 50	0	-	OFF	OFF	OFF	0	0	0	0	0	0	0	0	100.00	100.00	100.00			3	

5.2 Data hasil pengujian ruang kelas besar (2.18)

Tanggal	Waku	Okupansi Terbaca	Okupansi real	ROI Terisi	Okupansi Terbaca				Okupansi Real				Akurasi			Kondisi Lampu			TN	FP	TP	FN
					ROI 1	ROI 2	ROI 3	total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	ROI 1	ROI 2	ROI 3				
2024-06-24	12 : 35 : 07	8	16	1,2,3	5	3	0	8	4	7	5	16	0.7500	0.4286	0.0000	ON	ON	ON	3			
2024-06-24	12 : 35 : 23	6	16	1,2,3	5	1	0	6	4	7	5	16	0.7500	0.1429	0.0000	ON	ON	ON	3			
2024-06-24	12 : 35 : 39	4	18	1,2,3	3	1	0	4	5	7	6	18	0.6000	0.1429	0.0000	ON	ON	ON	3			
2024-06-24	12 : 35 : 56	4	18	1,2,3	3	1	0	4	4	7	7	18	0.7500	0.1429	0.0000	ON	ON	ON	3			
2024-06-24	12 : 36 : 12	7	18	1,2,3	4	3	0	7	4	7	7	18	1.0000	0.4286	0.0000	ON	ON	ON	3			
2024-06-24	12 : 36 : 27	4	18	1,2,3	3	1	0	4	4	7	7	18	0.7500	0.1429	0.0000	ON	ON	ON	3			
2024-06-24	12 : 36 : 43	5	18	1,2,3	3	2	0	5	4	7	7	18	0.7500	0.2857	0.0000	ON	ON	ON	3			
2024-06-24	12 : 36 : 59	5	18	1,2,3	3	2	0	5	4	7	7	18	0.7500	0.2857	0.0000	ON	ON	ON	3			
2024-06-24	12 : 37 : 14	3	18	1,2,3	2	1	0	3	4	7	7	18	0.5000	0.1429	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 37 : 30	5	19	1,2,3	3	1	1	5	5	6	8	19	0.6000	0.1667	0.1250	ON	ON	ON	3			
2024-06-24	12 : 37 : 47	7	19	1,2,3	5	1	1	7	5	6	8	19	1.0000	0.1667	0.1250	ON	ON	ON	3			
2024-06-24	12 : 38 : 04	5	19	1,2,3	3	2	0	5	5	7	7	19	0.6000	0.2857	0.0000	ON	ON	ON	3			
2024-06-24	12 : 38 : 19	6	19	1,2,3	4	2	0	6	5	7	7	19	0.8000	0.2857	0.0000	ON	ON	ON	3			
2024-06-24	12 : 38 : 36	5	19	1,2,3	4	1	0	5	5	7	7	19	0.8000	0.1429	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 38 : 52	5	20	1,2,3	4	1	0	5	5	7	8	20	0.8000	0.1429	0.0000	ON	ON	ON	3			
2024-06-24	12 : 39 : 08	5	21	1,2,3	5	0	0	5	6	7	8	21	0.8333	0.0000	0.0000	ON	ON	ON	3			
2024-06-24	12 : 39 : 24	5	21	1,2,3	5	0	0	5	6	7	8	21	0.8333	0.0000	0.0000	ON	ON	ON	3			
2024-06-24	12 : 39 : 39	5	21	1,2,3	5	0	0	5	6	7	8	21	0.8333	0.0000	0.0000	ON	OFF	OFF	1	2		
2024-06-24	12 : 39 : 55	9	21	1,2,3	9	0	0	9	6	7	8	21	0.5000	0.0000	0.0000	ON	OFF	OFF	1	2		
2024-06-24	12 : 40 : 11	5	21	1,2,3	5	0	0	5	6	7	8	21	0.8333	0.0000	0.0000	ON	OFF	OFF	1	2		
2024-06-24	12 : 40 : 27	5	21	1,2,3	5	0	0	5	6	7	8	21	0.8333	0.0000	0.0000	ON	OFF	OFF	1	2		
2024-06-24	12 : 40 : 42	6	21	1,2,3	6	0	0	6	6	7	8	21	1.0000	0.0000	0.0000	ON	OFF	OFF	1	2		
2024-06-24	12 : 40 : 57	7	21	1,2,3	6	1	0	7	6	7	8	21	1.0000	0.1429	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 41 : 13	7	21	1,2,3	6	1	0	7	6	7	8	21	1.0000	0.1429	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 41 : 30	6	21	1,2,3	5	1	0	6	6	7	8	21	0.8333	0.1429	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 41 : 46	4	21	1,2,3	4	0	0	4	6	7	8	21	0.6667	0.0000	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		

Tanggal	Waku	Okupansi Terbaca	Okupansi real	ROI Terisi	Okupansi Terbaca				Okupansi Real				Akurasi			Kondisi Lampu			TN	FP	TP	FN
					ROI 1	ROI 2	ROI 3	total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	ROI 1	ROI 2	ROI 3				
2024-06-24	12 : 42 : 02	4	21	1,2,3	4	0	0	4	6	7	8	21	0.6667	0.0000	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 42 : 18	6	21	1,2,3	6	0	0	6	6	7	8	21	1.0000	0.0000	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 42 : 34	6	21	1,2,3	6	0	0	6	6	7	8	21	1.0000	0.0000	0.0000	ON	OFF	OFF	1	2		
2024-06-24	12 : 42 : 51	7	21	1,2,3	6	1	0	7	6	7	8	21	1.0000	0.1429	0.0000	ON	OFF	OFF	1	2		
2024-06-24	12 : 43 : 09	6	21	1,2,3	6	0	0	6	6	7	8	21	1.0000	0.0000	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 43 : 26	6	21	1,2,3	6	0	0	6	6	7	8	21	1.0000	0.0000	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 43 : 42	4	21	1,2,3	4	0	0	4	6	7	8	21	0.6667	0.0000	0.0000	ON	OFF	OFF	1	2		
2024-06-24	12 : 43 : 57	6	21	1,2,3	6	0	0	6	6	7	8	21	1.0000	0.0000	0.0000	ON	OFF	OFF	1	2		
2024-06-24	12 : 44 : 13	7	21	1,2,3	7	0	0	7	6	7	8	21	0.8333	0.0000	0.0000	ON	OFF	OFF	1	2		
2024-06-24	12 : 44 : 31	8	21	1,2,3	8	0	0	8	6	7	8	21	0.6667	0.0000	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 44 : 47	3	22	1,2,3	3	0	0	3	7	7	8	22	0.4286	0.0000	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 45 : 04	4	23	1,2,3	4	0	0	4	8	7	8	23	0.5000	0.0000	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 45 : 19	5	23	1,2,3	5	0	0	5	8	7	8	23	0.6250	0.0000	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 45 : 36	3	23	1,2,3	3	0	0	3	8	7	8	23	0.3750	0.0000	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 45 : 53	6	23	1,2,3	5	1	0	6	8	7	8	23	0.6250	0.1429	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 46 : 09	3	23	1,2,3	3	0	0	3	8	7	8	23	0.3750	0.0000	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 46 : 26	4	23	1,2,3	4	0	0	4	8	7	8	23	0.5000	0.0000	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 46 : 42	4	23	1,2,3	4	0	0	4	8	7	8	23	0.5000	0.0000	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 46 : 57	5	23	1,2,3	4	1	0	5	8	7	8	23	0.5000	0.1429	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 47 : 13	6	23	1,2,3	5	1	0	6	8	7	8	23	0.6250	0.1429	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 47 : 30	5	23	1,2,3	5	0	0	5	8	7	8	23	0.6250	0.0000	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 47 : 46	5	23	1,2,3	5	0	0	5	8	7	8	23	0.6250	0.0000	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 48 : 03	8	23	1,2,3	7	1	0	8	8	7	8	23	0.8750	0.1429	0.0000	ON	ON	OFF	1	1		1
2024-06-24	12 : 48 : 19	5	23	1,2,3	5	0	0	5	8	7	8	23	0.6250	0.0000	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 48 : 35	6	23	1,2,3	5	1	0	6	8	7	8	23	0.6250	0.1429	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 48 : 50	7	23	1,2,3	6	1	0	7	8	7	8	23	0.7500	0.1429	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	12 : 49 : 06	6	23	1,2,3	6	0	0	6	8	7	8	23	0.7500	0.0000	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		

Tanggal	Waku	Okupansi Terbaca	Okupansi real	ROI Terisi	Okupansi Terbaca				Okupansi Real				Akurasi			Kondisi Lampu			TN	FP	TP	FN
					ROI 1	ROI 2	ROI 3	total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	ROI 1	ROI 2	ROI 3				
2024-06-24	13 : 00 : 52	12	23	1,2,3	9	3	0	12	8	7	8	23	0.8750	0.4286	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 01 : 09	9	23	1,2,3	7	2	0	9	8	7	8	23	0.8750	0.2857	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 01 : 24	9	23	1,2,3	8	1	0	9	8	7	8	23	1.0000	0.1429	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 01 : 41	11	23	1,2,3	10	1	0	11	8	7	8	23	0.7500	0.1429	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 01 : 58	11	23	1,2,3	9	2	0	11	8	7	8	23	0.8750	0.2857	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 02 : 14	8	23	1,2,3	6	2	0	8	8	7	8	23	0.7500	0.2857	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 02 : 31	11	23	1,2,3	7	3	0	10	8	7	8	23	0.8750	0.4286	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 02 : 46	7	23	1,2,3	6	1	0	7	8	7	8	23	0.7500	0.1429	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 03 : 03	8	23	1,2,3	6	2	0	8	8	7	8	23	0.7500	0.2857	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 03 : 18	8	23	1,2,3	6	2	0	8	8	7	8	23	0.7500	0.2857	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 03 : 35	7	23	1,2,3	5	2	0	7	8	7	8	23	0.6250	0.2857	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 03 : 51	9	23	1,2,3	7	2	0	9	8	7	8	23	0.8750	0.2857	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 04 : 09	10	23	1,2,3	7	3	0	10	8	7	8	23	0.8750	0.4286	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 04 : 26	7	23	1,2,3	6	1	0	7	8	7	8	23	0.7500	0.1429	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 04 : 45	8	23	1,2,3	7	1	0	8	8	7	8	23	0.8750	0.1429	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 05 : 03	13	23	1,2,3	9	4	0	13	8	7	8	23	0.8750	0.5714	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 05 : 18	9	23	1,2,3	5	4	0	9	8	7	8	23	0.6250	0.5714	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 05 : 36	13	23	1,2,3	9	3	1	13	8	7	8	23	0.8750	0.4286	0.1250	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 05 : 54	10	23	1,2,3	8	2	0	10	8	7	8	23	1.0000	0.2857	0.0000	ON	ON	ON	3			
2024-06-24	13 : 06 : 11	10	23	1,2,3	8	2	0	10	8	7	8	23	1.0000	0.2857	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 06 : 29	10	23	1,2,3	7	3	0	10	8	7	8	23	0.8750	0.4286	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 06 : 47	8	23	1,2,3	7	1	0	8	8	7	8	23	0.8750	0.1429	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 07 : 03	9	23	1,2,3	7	2	0	9	8	7	8	23	0.8750	0.2857	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 07 : 22	11	23	1,2,3	7	4	0	11	8	7	8	23	0.8750	0.5714	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 07 : 38	10	23	1,2,3	9	1	0	10	8	7	8	23	0.8750	0.1429	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 07 : 55	9	23	1,2,3	7	2	0	9	8	7	8	23	0.8750	0.2857	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 08 : 12	12	23	1,2,3	8	4	0	12	8	7	8	23	1.0000	0.5714	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		

Tanggal	Waku	Okupansi Terbaca	Okupa nsi real	ROI Terisi	Okupansi Terbaca				Okupansi Real				Akurasi			Kondisi Lampu			TN	FP	TP	FN
					ROI 1	ROI 2	ROI 3	total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	ROI 1	ROI 2	ROI 3				
2024-06-24	13 : 08 : 30	9	23	1,2,3	7	2	0	9	8	7	8	23	0.8750	0.2857	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		
2024-06-24	13 : 08 : 46	10	23	1,2,3	9	1	0	10	8	7	8	23	0.8750	0.1429	0.0000	ON	ON	OFF	2	1		

5.3 Data hasil pengujian ruang kelas besar (2.12)

Tanggal	Waku	Okupansi Terbaca	Okupansi real	ROI Terisi	Okupansi Terbaca				Okupansi Real				Akurasi			Kondisi Lampu			TN	FP	TP	FN
					ROI 1	ROI 2	ROI 3	total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	ROI 1	ROI 2	ROI 3				
2024-07-03	12:50:13	3	7	2,3	0	2	1	3	0	3	4	7	100.00	66.67	25.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:50:29	3	7	2,3	0	2	1	3	0	3	4	7	100.00	66.67	25.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:50:45	2	7	2,3	0	2	0	2	0	3	4	7	100.00	66.67	0.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:51:02	4	7	2,3	0	1	3	4	0	3	4	7	100.00	33.33	75.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:51:19	3	7	2,3	0	1	2	3	0	3	4	7	100.00	33.33	50.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:51:35	3	7	2,3	0	1	2	3	0	3	4	7	100.00	33.33	50.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:51:52	2	7	2,3	0	0	2	2	0	3	4	7	100.00	0.00	50.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:52:09	3	7	2,3	0	1	2	3	0	3	4	7	100.00	33.33	50.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:52:24	3	7	2,3	0	1	2	3	0	3	4	7	100.00	33.33	50.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:52:39	3	7	2,3	0	1	2	3	0	3	4	7	100.00	33.33	50.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:52:56	3	7	2,3	0	1	2	3	0	3	4	7	100.00	33.33	50.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:53:13	6	8	1,2,3	1	2	3	6	1	3	4	8	100.00	66.67	75.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	12:53:29	5	8	2,3	0	3	2	5	0	3	5	8	100.00	100.00	40.00	ON	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:53:44	4	8	2,3	0	1	3	4	0	3	5	8	100.00	33.33	60.00	ON	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:54:01	4	8	2,3	0	1	3	4	0	3	5	8	100.00	33.33	60.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:54:17	4	8	2,3	0	1	3	4	0	3	5	8	100.00	33.33	60.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:54:32	3	8	2,3	0	1	2	3	0	3	5	8	100.00	33.33	40.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:54:48	3	8	2,3	0	1	2	3	0	3	5	8	100.00	33.33	40.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:55:04	3	8	2,3	0	1	2	3	0	3	5	8	100.00	33.33	40.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:55:20	5	8	2,3	0	2	3	5	0	3	5	8	100.00	66.67	60.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:55:37	5	9	1,2,3	1	1	3	5	1	3	5	9	100.00	33.33	60.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	12:55:53	5	9	2,3	0	3	2	5	0	4	5	9	100.00	75.00	40.00	ON	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:56:09	7	9	2,3	0	3	4	7	0	4	5	9	100.00	75.00	80.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:56:25	4	9	2,3	0	2	2	4	0	4	5	9	100.00	50.00	40.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:56:42	6	9	2,3	0	4	2	6	0	4	5	9	100.00	100.00	40.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:56:58	7	9	2,3	0	4	3	7	0	4	5	9	100.00	100.00	60.00	OFF	ON	ON	2		1	

Tanggal	Waku	Okupansi Terbaca	Okupansi real	ROI Terisi	Okupansi Terbaca				Okupansi Real				Akurasi			Kondisi Lampu			TN	FP	TP	FN
					ROI 1	ROI 2	ROI 3	total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	ROI 1	ROI 2	ROI 3				
2024-07-03	12:57:13	5	9	2,3	0	1	4	5	0	4	5	9	100.00	25.00	80.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:57:29	7	9	2,3	0	4	3	7	0	4	5	9	100.00	100.00	60.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:57:45	5	9	2,3	0	4	1	5	0	4	5	9	100.00	100.00	20.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:58:02	4	9	2,3	0	2	2	4	0	4	5	9	100.00	50.00	40.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:58:18	2	9	2,3	0	2	0	2	0	4	5	9	100.00	50.00	0.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:58:33	5	9	2,3	0	2	3	5	0	4	5	9	100.00	50.00	60.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:58:50	5	9	2,3	0	2	3	5	0	4	5	9	100.00	50.00	60.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:59:06	4	9	2,3	0	2	2	4	0	4	5	9	100.00	50.00	40.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:59:22	5	9	2,3	0	2	3	5	0	4	5	9	100.00	50.00	60.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:59:39	5	9	2,3	0	2	3	5	0	4	5	9	100.00	50.00	60.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	12:59:55	7	9	2,3	2	2	3	7	2	4	3	9	100.00	50.00	100.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	13:00:11	7	13	1,2,3	1	3	3	7	1	5	7	13	100.00	60.00	42.86	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:00:27	4	13	2,3	0	3	1	4	0	8	5	13	100.00	37.50	20.00	ON	ON	ON	2		1	
2024-07-03	13:00:42	6	13	2,3	0	4	2	6	0	8	5	13	100.00	50.00	40.00	ON	ON	ON	2		1	
2024-07-03	13:00:58	5	13	2,3	0	3	2	5	0	8	5	13	100.00	37.50	40.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	13:01:14	6	14	1,2,3	1	3	2	6	1	8	5	14	100.00	37.50	40.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:01:30	6	14	2,3	1	4	1	6	0	9	5	14	0.00	44.44	20.00	ON	ON	ON	2		1	
2024-07-03	13:01:45	5	14	2,3	1	4	0	5	0	9	5	14	0.00	44.44	0.00	ON	ON	ON	2		1	
2024-07-03	13:02:01	5	14	2,3	0	3	2	5	0	9	5	14	100.00	33.33	40.00	ON	ON	ON	2		1	
2024-07-03	13:02:18	6	15	2,3	0	5	1	6	0	10	5	15	100.00	50.00	20.00	ON	ON	ON	2		1	
2024-07-03	13:02:34	7	14	2,3	0	5	2	7	0	10	4	14	100.00	50.00	50.00	ON	ON	ON	2		1	
2024-07-03	13:02:49	7	14	2,3	0	5	2	7	0	10	4	14	100.00	50.00	50.00	ON	ON	ON	2		1	
2024-07-03	13:03:05	4	14	2,3	0	2	2	4	0	10	4	14	100.00	20.00	50.00	ON	ON	ON	2		1	
2024-07-03	13:03:21	5	15	2,3	0	5	0	5	0	10	5	15	100.00	50.00	0.00	ON	ON	ON	2		1	
2024-07-03	13:03:37	7	15	2,3	0	4	3	7	0	10	5	15	100.00	40.00	60.00	ON	ON	ON	2		1	
2024-07-03	13:03:53	5	15	2,3	0	4	1	5	0	10	5	15	100.00	40.00	20.00	ON	ON	ON	2		1	
2024-07-03	13:04:09	5	15	2,3	0	1	4	5	0	10	5	15	100.00	10.00	80.00	ON	ON	ON	2			1

Tanggal	Waku	Okupansi Terbaca	Okupansi real	ROI Terisi	Okupansi Terbaca				Okupansi Real				Akurasi			Kondisi Lampu			TN	FP	TP	FN
					ROI 1	ROI 2	ROI 3	total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	ROI 1	ROI 2	ROI 3				
2024-07-03	13:04:25	4	15	2,3	0	4	0	4	0	10	5	15	100.00	40.00	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:04:41	5	15	2,3	0	4	1	5	0	10	5	15	100.00	40.00	20.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	13:04:58	3	15	2,3	0	3	0	3	0	10	5	15	100.00	30.00	0.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	13:05:13	8	15	2,3	2	4	2	8	0	10	5	15	- 100.00	40.00	40.00	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	13:05:30	7	16	2,3	0	5	2	7	0	10	6	16	100.00	50.00	33.33	ON	ON	ON	2		1	
2024-07-03	13:05:45	6	16	2,3	0	6	0	6	0	10	6	16	100.00	60.00	0.00	ON	ON	ON	2		1	
2024-07-03	13:06:00	7	16	2,3	0	5	2	7	0	10	6	16	100.00	50.00	33.33	OFF	ON	ON	2		1	
2024-07-03	13:06:17	5	15	2,3	0	4	1	5	0	9	6	15	100.00	44.44	16.67	ON	ON	ON	2		1	
2024-07-03	13:06:34	10	21	2,3	0	9	1	10	0	10	11	21	100.00	90.00	9.09	ON	ON	ON	2		1	
2024-07-03	13:06:50	13	21	2,3	1	7	5	13	0	10	11	21	0.00	70.00	45.45	ON	ON	ON	2		1	
2024-07-03	13:07:07	6	22	2,3	0	6	0	6	0	10	12	22	100.00	60.00	0.00	ON	ON	ON	2		1	
2024-07-03	13:07:23	12	22	1,2,3	2	9	1	12	1	10	11	22	0.00	90.00	9.09	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:07:40	9	22	1,2,3	2	6	1	9	1	10	11	22	0.00	60.00	9.09	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:07:57	7	22	1,2,3	1	5	1	7	1	10	11	22	100.00	50.00	9.09	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:08:12	11	22	1,2,3	2	8	1	11	1	10	11	22	0.00	80.00	9.09	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:08:29	9	22	1,2,3	1	7	1	9	1	10	11	22	100.00	70.00	9.09	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:08:44	11	22	1,2,3	2	8	1	11	1	10	11	22	0.00	80.00	9.09	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:09:00	10	22	1,2,3	1	8	1	10	1	10	11	22	100.00	80.00	9.09	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:09:17	10	23	1,2,3	1	8	1	10	1	11	11	23	100.00	72.73	9.09	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:09:34	13	23	1,2,3	1	10	2	13	1	11	11	23	100.00	90.91	18.18	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:09:50	11	24	1,2,3	1	8	2	11	1	12	11	24	100.00	66.67	18.18	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:10:06	8	27	1,2,3	2	5	1	8	2	13	12	27	100.00	38.46	8.33	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:10:21	13	27	1,2,3	2	10	1	13	2	13	12	27	100.00	76.92	8.33	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:10:37	8	27	1,2,3	2	6	0	8	2	13	12	27	100.00	46.15	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:10:54	11	27	1,2,3	2	7	2	11	2	13	12	27	100.00	53.85	16.67	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:11:09	12	27	1,2,3	2	9	1	12	2	13	12	27	100.00	69.23	8.33	ON	ON	ON	3			

Tanggal	Waku	Okupansi Terbaca	Okupansi real	ROI Terisi	Okupansi Terbaca				Okupansi Real				Akurasi			Kondisi Lampu			TN	FP	TP	FN
					ROI 1	ROI 2	ROI 3	total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	ROI 1	ROI 2	ROI 3				
2024-07-03	13:11:25	8	29	1,2,3	3	4	1	8	3	13	13	29	100.00	30.77	7.69	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:11:41	11	29	1,2,3	2	8	1	11	2	13	14	29	100.00	61.54	7.14	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:11:57	11	29	1,2,3	2	7	2	11	2	13	14	29	100.00	53.85	14.29	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:12:14	10	29	1,2,3	2	6	2	10	2	13	14	29	100.00	46.15	14.29	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:12:29	9	29	1,2,3	2	7	0	9	2	13	14	29	100.00	53.85	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:12:46	10	29	1,2,3	2	8	0	10	2	13	14	29	100.00	61.54	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:13:02	14	29	1,2,3	5	9	0	14	5	11	13	29	100.00	81.82	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:13:19	13	29	1,2,3	5	8	0	13	5	11	13	29	100.00	72.73	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:13:35	13	29	1,2,3	4	9	0	13	4	12	13	29	100.00	75.00	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:13:51	18	29	1,2,3	6	10	2	18	5	11	13	29	80.00	90.91	15.38	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:14:07	8	29	1,2,3	5	3	0	8	5	11	13	29	100.00	27.27	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:14:23	13	29	1,2,3	5	7	1	13	5	11	13	29	100.00	63.64	7.69	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:14:39	8	29	1,2,3	4	3	1	8	5	11	13	29	80.00	27.27	7.69	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:14:55	11	28	1,2,3	4	6	1	11	4	11	13	28	100.00	54.55	7.69	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:15:11	10	28	1,2,3	4	6	0	10	4	11	13	28	100.00	54.55	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:15:27	14	29	1,2,3	5	8	1	14	5	11	13	29	100.00	72.73	7.69	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:15:44	12	29	1,2,3	5	4	3	12	5	11	13	29	100.00	36.36	23.08	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:16:01	13	29	1,2,3	5	6	2	13	5	11	13	29	100.00	54.55	15.38	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:16:17	14	29	1,2,3	5	8	1	14	5	11	13	29	100.00	72.73	7.69	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:16:33	12	29	1,2,3	5	7	0	12	5	11	13	29	100.00	63.64	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:16:50	10	29	1,2,3	5	5	0	10	5	11	13	29	100.00	45.45	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:17:07	16	29	1,2,3	5	9	2	16	5	11	13	29	100.00	81.82	15.38	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:17:23	14	29	1,2,3	5	8	1	14	5	11	13	29	100.00	72.73	7.69	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:17:39	13	29	1,2,3	4	8	1	13	5	11	13	29	80.00	72.73	7.69	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:17:55	13	29	1,2,3	5	6	2	13	5	11	13	29	100.00	54.55	15.38	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:18:11	14	29	1,2,3	5	7	2	14	5	11	13	29	100.00	63.64	15.38	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:18:27	12	29	1,2,3	5	6	1	12	5	11	13	29	100.00	54.55	7.69	ON	ON	ON	3			

Tanggal	Waku	Okupansi Terbaca	Okupansi real	ROI Terisi	Okupansi Terbaca				Okupansi Real				Akurasi			Kondisi Lampu			TN	FP	TP	FN
					ROI 1	ROI 2	ROI 3	total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	ROI 1	ROI 2	ROI 3				
2024-07-03	13:18:44	16	29	1,2,3	5	9	2	16	5	11	13	29	100.00	81.82	15.38	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:19:00	15	29	1,2,3	5	9	1	15	5	11	13	29	100.00	81.82	7.69	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:19:16	14	29	1,2,3	5	7	2	14	5	11	13	29	100.00	63.64	15.38	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:19:32	11	29	1,2,3	5	6	0	11	5	11	13	29	100.00	54.55	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:19:49	9	29	1,2,3	5	3	1	9	5	11	13	29	100.00	27.27	7.69	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:20:06	12	29	1,2,3	5	7	0	12	5	11	13	29	100.00	63.64	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:20:22	12	29	1,2,3	5	7	0	12	5	11	13	29	100.00	63.64	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:20:38	13	29	1,2,3	6	7	0	13	5	11	13	29	80.00	63.64	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:20:54	11	29	1,2,3	6	4	1	11	5	11	13	29	80.00	36.36	7.69	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:21:11	16	29	1,2,3	5	9	2	16	5	11	13	29	100.00	81.82	15.38	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:21:28	13	29	1,2,3	4	8	1	13	5	11	13	29	80.00	72.73	7.69	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:21:44	11	29	1,2,3	5	6	0	11	5	11	13	29	100.00	54.55	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:22:00	11	29	1,2,3	4	7	0	11	5	11	13	29	80.00	63.64	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:22:18	13	29	1,2,3	4	9	0	13	5	11	13	29	80.00	81.82	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:22:35	13	29	1,2,3	4	9	0	13	5	11	13	29	80.00	81.82	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:22:51	11	28	1,2,3	4	6	1	11	4	11	13	28	100.00	54.55	7.69	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:23:07	12	29	1,2,3	4	8	0	12	5	11	13	29	80.00	72.73	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:23:24	11	29	1,2,3	4	7	0	11	5	11	13	29	80.00	63.64	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:23:41	12	29	1,2,3	5	7	0	12	5	11	13	29	100.00	63.64	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:23:56	13	29	1,2,3	4	9	0	13	5	11	13	29	80.00	81.82	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:24:13	11	29	1,2,3	4	7	0	11	5	11	13	29	80.00	63.64	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:24:29	13	28	1,2,3	4	9	0	13	4	11	13	28	100.00	81.82	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:24:45	10	29	1,2,3	3	7	0	10	3	13	13	29	100.00	53.85	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:25:01	9	29	1,2,3	2	7	0	9	2	13	14	29	100.00	53.85	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:25:17	10	29	1,2,3	2	8	0	10	2	13	14	29	100.00	61.54	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:25:33	12	29	1,2,3	2	9	1	12	2	13	14	29	100.00	69.23	7.14	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:25:49	15	29	1,2,3	4	10	1	15	5	12	12	29	80.00	83.33	8.33	ON	ON	ON	3			

Tanggal	Waku	Okupansi Terbaca	Okupansi real	ROI Terisi	Okupansi Terbaca				Okupansi Real				Akurasi			Kondisi Lampu			TN	FP	TP	FN
					ROI 1	ROI 2	ROI 3	total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	ROI 1	ROI 2	ROI 3				
2024-07-03	13:26:05	13	28	1,2,3	4	9	0	13	4	12	12	28	100.00	75.00	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:26:21	11	27	1,2,3	4	7	0	11	3	12	12	27	66.67	58.33	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:26:38	12	27	1,2,3	4	7	1	12	3	12	12	27	66.67	58.33	8.33	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:26:55	17	28	1,2,3	5	11	1	17	4	12	12	28	75.00	91.67	8.33	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:27:10	13	28	1,2,3	4	8	1	13	4	12	12	28	100.00	66.67	8.33	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:27:26	11	28	1,2,3	4	6	1	11	4	12	12	28	100.00	50.00	8.33	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:27:43	11	29	1,2,3	4	7	0	11	5	12	12	29	80.00	58.33	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:27:59	13	29	1,2,3	5	7	1	13	5	12	12	29	100.00	58.33	8.33	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:28:16	13	29	1,2,3	5	8	0	13	5	12	12	29	100.00	66.67	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:28:32	14	29	1,2,3	4	8	2	14	5	12	12	29	80.00	66.67	16.67	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:28:48	11	29	1,2,3	4	6	1	11	5	12	12	29	80.00	50.00	8.33	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:29:05	13	29	1,2,3	6	6	1	13	5	12	12	29	80.00	50.00	8.33	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:29:22	15	29	1,2,3	5	9	1	15	5	12	12	29	100.00	75.00	8.33	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:29:38	15	29	1,2,3	5	8	2	15	5	12	12	29	100.00	66.67	16.67	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:29:56	14	29	1,2,3	5	8	1	14	5	12	12	29	100.00	66.67	8.33	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:30:12	12	29	1,2,3	5	6	1	12	5	12	12	29	100.00	50.00	8.33	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:30:28	12	29	1,2,3	5	7	0	12	5	12	12	29	100.00	58.33	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:30:44	12	29	1,2,3	5	6	1	12	5	12	12	29	100.00	50.00	8.33	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:31:01	13	29	1,2,3	6	6	1	13	5	12	12	29	80.00	50.00	8.33	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:31:17	16	29	1,2,3	6	9	1	16	5	12	12	29	80.00	75.00	8.33	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:31:33	16	29	1,2,3	5	9	2	16	5	12	12	29	100.00	75.00	16.67	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:31:48	14	29	1,2,3	5	8	1	14	5	12	12	29	100.00	66.67	8.33	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:32:04	12	29	1,2,3	5	7	0	12	5	12	12	29	100.00	58.33	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:32:20	14	29	1,2,3	6	8	0	14	5	12	12	29	80.00	66.67	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:32:35	17	29	1,2,3	7	9	1	17	5	12	12	29	60.00	75.00	8.33	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:32:51	13	29	1,2,3	5	8	0	13	5	12	12	29	100.00	66.67	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:33:08	12	29	1,2,3	5	7	0	12	5	12	12	29	100.00	58.33	0.00	ON	ON	ON	3			

Tanggal	Waku	Okupansi Terbaca	Okupansi real	ROI Terisi	Okupansi Terbaca				Okupansi Real				Akurasi			Kondisi Lampu			TN	FP	TP	FN
					ROI 1	ROI 2	ROI 3	total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	total	ROI 1	ROI 2	ROI 3	ROI 1	ROI 2	ROI 3				
2024-07-03	13:33:24	13	29	1,2,3	5	8	0	13	5	12	12	29	100.00	66.67	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:33:42	17	29	1,2,3	5	10	2	17	5	12	12	29	100.00	83.33	16.67	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:34:00	13	29	1,2,3	5	8	0	13	5	12	12	29	100.00	66.67	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:34:16	16	29	1,2,3	5	11	0	16	5	12	12	29	100.00	91.67	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:34:32	15	29	1,2,3	5	10	0	15	5	12	12	29	100.00	83.33	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:34:48	14	29	1,2,3	5	8	1	14	5	12	12	29	100.00	66.67	8.33	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:35:04	12	29	1,2,3	5	7	0	12	5	12	12	29	100.00	58.33	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:35:21	14	29	1,2,3	5	9	0	14	5	12	12	29	100.00	75.00	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:35:37	15	29	1,2,3	5	10	0	15	5	12	12	29	100.00	83.33	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:35:53	13	29	1,2,3	5	8	0	13	5	12	12	29	100.00	66.67	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:36:11	13	29	1,2,3	5	8	0	13	5	12	12	29	100.00	66.67	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:36:27	14	29	1,2,3	5	9	0	14	5	12	12	29	100.00	75.00	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:36:43	13	29	1,2,3	5	8	0	13	5	12	12	29	100.00	66.67	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:36:59	14	29	1,2,3	5	8	1	14	5	12	12	29	100.00	66.67	8.33	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:37:15	15	29	1,2,3	5	9	1	15	5	12	12	29	100.00	75.00	8.33	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:37:31	17	29	1,2,3	5	11	1	17	5	12	12	29	100.00	91.67	8.33	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:37:48	15	29	1,2,3	5	9	1	15	5	12	12	29	100.00	75.00	8.33	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:38:03	17	29	1,2,3	5	9	3	17	5	12	12	29	100.00	75.00	25.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:38:21	13	29	1,2,3	5	7	1	13	5	12	12	29	100.00	58.33	8.33	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:38:38	12	29	1,2,3	4	7	1	12	5	12	12	29	80.00	58.33	8.33	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:38:56	10	29	1,2,3	2	8	0	10	2	13	14	29	100.00	61.54	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:39:12	11	29	1,2,3	2	8	1	11	2	13	14	29	100.00	61.54	7.14	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:39:28	10	29	1,2,3	2	8	0	10	2	13	14	29	100.00	61.54	0.00	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:39:44	10	29	1,2,3	2	7	1	10	2	13	14	29	100.00	53.85	7.14	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:40:00	15	29	1,2,3	2	11	2	15	2	13	14	29	100.00	84.62	14.29	ON	ON	ON	3			
2024-07-03	13:40:17	13	29	1,2,3	2	9	2	13	2	13	14	29	100.00	69.23	14.29	ON	ON	ON	3			

6.1 Tabel perbaikan laporan akhir capstone

TABEL PERBAIKAN LAPORAN AKHIR CAPSTONE

MAHASISWA #1 : 20524045 Muhammad Nauval Firdaus :
MAHASISWA #2 : 20524186 Ikharochman Tri Utomo
JUDUL/TOPIK : Penghemat Energi Ruang Kelas Berdasarkan Okupansi Ruangan

No	Saran penguji	Perbaikan oleh mahasiswa	Halaman	Status
1	Keterbatasan peralatan disampaikan dalam manuskrip laporan	Memperbaiki batasan masalah sesuai dengan keterbatasan yang dimiliki sistem ini	3	In progress
2	Saran untuk perbaikan berkaitan juga dimuat di manuskrip laporan	Menambahkan saran algoritma kontrol AC untuk meningkatkan kinerja sistem kedepannya	62	In progress

Yogyakarta, 03 Agustus 2024

Menyetujui,
Penguji



(Tito Yuwono, Ph.D)