

LAPORAN TUGAS AKHIR 2

Sistem Kontrol Cahaya, Temperatur, dan Kualitas Udara Ruangan Kelas (*Smart Class*) di FTI UII untuk Mendukung UI *GreenMetric*



Penyusun:

Adhitya Yuniarto (20524052)

Muhammad Taruna Pramudhita (20524068)

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

2024

HALAMAN PENGESAHAN

Sistem Kontrol Cahaya, Temperatur, dan Kualitas Udara Ruangan Kelas
(*Smart Class*) di FTI UII Untuk Mendukung UI *GreenMetric*

Penyusun:

Adhitya Yuniarto (20524052)

Muhammad Taruna Pramudhita (20524068)

Yogyakarta, 5 Juli 2024

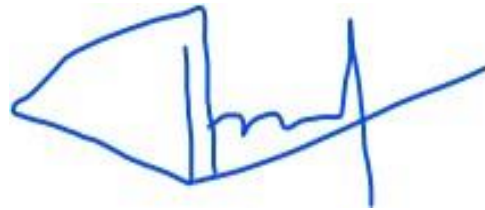
Dosen Pembimbing 1



Firdaus, S.T., M.T., Ph.D

NIK 015340101

Dosen Pembimbing 2



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

NIK 005240102

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

2024

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Sistem Kontrol Cahaya, Temperatur, dan Kualitas Udara Ruang Kelas(Smart Class) di FTI UII Untuk Mendukung UI GreenMetric

Disusun oleh :

Adhitya Yudianto

20524052

Muhammad Taruna Pramudhita

20524068

**Telah dipertahankan di depan dewan penguji
Pada tanggal 24 Juli 2024**

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji

: Firdaus S.T.,M.T.,Ph.D.

الجامعة الإسلامية
بندونيسيا

Anggota Penguji 1

: Dr. Hasbi Nur Prasetyo Wisudawan S.T.,M.T

Anggota Penguji 2

: DR. MOHD AZHAR BIN ABDUL RAZAK

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

Tanggal : 01 – 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, 01-Agustus-2024


METERAI
TEMPEL
DEAALX265665616
Adhitva Yunianto (20524052)


METERAI
TEMPEL
FBALX265665611
Muhammad Taruna Pramudhita (20524068)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	2
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	3
PERNYATAAN	4
DAFTAR ISI	5
DAFTAR TABEL	8
DAFTAR GAMBAR	9
RINGKASAN	10
BAB 1. PENDAHULUAN	11
1.1 Latar belakang dan Identifikasi Masalah	11
1.2 Rumusan Masalah	15
1.3 Tujuan	15
1.4 Batasan Masalah	15
1.5 Batasan Realistis Aspek Keteknikan.....	16
BAB 2. IDENTIFIKASI KEBUTUHAN SISTEM	17
2.1 Studi Literatur dan Observasi.....	17
2.2 Dasar Teori.....	21
2.2.1 Temperatur / Suhu.....	21
2.2.2 Kualitas Udara	22
2.2.3 Kualitas (intensitas) Cahaya.....	23
2.2.4 Konsumsi Daya.....	24
2.2.5 Penghematan Daya.....	26
2.2.6 IoT (Internet of Things)	27
2.2.7 Web Server.....	28
2.3 Analisis Stakeholder	29
2.3.1 Pimpinan FTI UII.....	29
2.3.2 Mahasiswa.....	29
2.3.3 Dosen atau Staf Pengajar	29
2.4 Analisis Aspek yang Mempengaruhi Sistem	29
2.4.1 Aspek Ekonomi.....	29
2.4.2 Aspek Budaya	30
2.4.3 Aspek Sosial.....	30

2.4.4	Aspek Kesehatan.....	30
2.5	Spesifikasi Sistem.....	30
2.6	Standar Acuan.....	31
BAB 3. USULAN SOLUSI		32
3.1	Usulan Solusi 1.....	37
3.1.1	Desain Sistem 1.....	37
3.1.2.	Rencana Anggaran Desain Sistem 1.....	48
3.1.3	Analisis Risiko Desain 1.....	49
3.1.4	Pengukuran Performa.....	49
3.2	Usulan Solusi 2.....	50
3.2.1	Desain Sistem 2.....	51
3.2.2	Rencana Anggaran Desain 2.....	60
3.2.3	Analisis Risiko Desain.....	61
3.2.4	Pengukuran Performa.....	62
3.3	Usulan Solusi 3.....	63
3.2.1	Desain Sistem 3.....	63
3.2.1	Rencana Anggaran Desain 3.....	69
3.2.1	Analisis Risiko Desain.....	70
3.3	Analisis dan Penentuan Usulan Solusi/Desain Terbaik.....	71
3.5	Realisasi Pelaksanaan Tugas Akhir 1.....	74
BAB 4. HASIL RANCANGAN DAN METODE PENGUKURAN		77
4.1	Hasil Rancangan Sistem.....	77
4.1.1	Rangkaian Elektronik.....	77
4.1.2	Gambar Desain Tiga Dimensi.....	81
4.1.3	Software.....	84
4.1.4	Foto Hasil Akhir Perancangan.....	85
4.2	Metode Pengukuran Kinerja Hasil Perancangan.....	86
BAB 5. HASIL PENGUKURAN DAN ANALISIS		91
5.1.	Analisis Hasil.....	91
5.1.1	Hasil dan Analisis Pengujian Indikator.....	91
5.1.2	Pemenuhan Spesifikasi Sistem.....	109
5.1.3	Pengalaman Pengguna.....	111
5.1.4	Kesesuaian Perencanaan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya.....	112

5.2	Dampak Implementasi Sistem.....	115
5.2.1.	Dampak Teknologi.....	115
5.2.2.	Dampak Sosial	115
5.2.3.	Dampak Ekonomi	116
5.2.4.	Dampak Politik	116
5.2.5.	Dampak Budaya.....	116
5.2.6.	Dampak Agama.....	116
5.2.7.	Dampak Lingkungan.....	116
5.2.8.	Dampak Lainnya.....	117
BAB 6.	KESIMPULAN DAN SARAN	118
6.1	Kesimpulan	118
6.2	Saran	118
DAFTAR PUSTAKA		120
LAMPIRAN.....		122

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Pertanyaan dan hasil wawancara terhadap Pak Agus Mansyur Wakil Dekan FTI UII	10
Tabel 1. 2 Pertanyaan dan hasil wawancara terhadap asisten lab ergonomi.....	11
Tabel 2. 1 Hasil Studi Literatur Solusi Sejenis	15
Tabel 3. 1 Perbedaan masing-masing usulan	30
Tabel 3. 2 Inventaris Kebutuhan Usulan Sistem Perangkat Keras Kualitas Udara.....	38
Tabel 3. 3 Inventarisasi kebutuhan usulan sistem perangkat keras Sistem Kualitas Cahaya.....	39
Tabel 3. 4 Inventarisasi kebutuhan usulan sistem perangkat keras Sistem Kontrol AC Otomatis	39
Tabel 3. 5 Rencana anggaran pengembangan alat AVE.....	41
Tabel 4. 1 Fungsi masing-masing komponen	77
Tabel 5. 1 Pengambilan Data Temperatur	91
Tabel 5. 2 Hasil Pengukuran Temperatur	93
Tabel 5. 3 Hasil Pengukuran Kelembaban.....	94
Tabel 5. 4 Hasil pengukuran kadar CO.....	96
Tabel 5. 5 Hasil pengukuran intensitas cahaya	98
Tabel 5. 6 Hasil pengukuran akurasi jumlah orang	99
Tabel 5. 7 Hasil pengukuran Daya.....	101
Tabel 5. 8 Hasil pengukuran respon kontrol AC	102
Tabel 5. 9 Hasil uji coba kontrol AC dengan jumlah orang	104
Tabel 5. 10 Perbandingan usulan dan hasil perancangan sistem	106
Tabel 5. 11 Pengalaman pengguna	108
Tabel 5. 12 Kesesuaian antara usulan dan realisasi timeline pengerjaan tugas akhir 2	109
Tabel 5. 13 Kesesuaian RAB tugas akhir antara usulan dan realisasi	109
Tabel 5. 14 Realisasi aktivitas pelaksanaan tugas akhir 2	110

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Data negara-negara dengan polusi terparah	9
Gambar 3. 1 Langkah-langkah design thinking	29
Gambar 3. 2 Diagram blok design sistem 1	33
Gambar 3. 3 Ilustrasi usulan rancangan sistem secara umum (a) Proses cara kerja sistem, (b) Desain rangkaian elektronik usulan 1, (c), (d) dan (e) Desain model sistem dan gambaran pengaplikasian alat.....	38
Gambar 3. 4. Usulan rancangan User Interface (UI) pada Web Server untuk pengguna AVE. (a) Tampilan UI pada perangkat mobile, (b) Tampilan UI pada perangkat Desktop.....	41
Gambar 4. 1 Rangkaian prototype	81
Gambar 4. 2 Tampilan User Interface.....	85
Gambar 4. 3 Hasil Perancangan.....	86
Gambar 5. 1 Grafik Hasil Pengukuran Temperatur	94
Gambar 5. 2 Grafik pengukuran kelembaban	95
Gambar 5. 3 Grafik hasil pengukuran kadar CO	96
Gambar 5. 4 Tingkat pencahayaan senter pada hp.....	97
Gambar 5. 5 Grafik hasil pengukuran intensitas cahaya.....	98
Gambar 5. 6 Grafik hasil pengukuran akurasi jumlah orang	100
Gambar 5. 7 Grafik hasil pengukuran daya	102
Gambar 5. 8 Grafik hasil pengukuran respon kontrol AC	103
Gambar 5. 9 Grafik hasil pengujian kontrol AC.....	105

RINGKASAN

Latar belakang dari tugas akhir ini adalah masalah polusi udara yang parah di Indonesia, terutama Jakarta. Universitas dapat berkontribusi mengurangi polusi dengan menjadi green campus yang didukung inisiatif UI GreenMetric untuk mendorong praktik berkelanjutan di kampus. Di FTI UII sendiri terjadi pemborosan energi karena penerangan dan AC tetap menyala meski ruangan tidak digunakan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, usulan solusi yang ditawarkan adalah merancang sistem smart class yang dapat memonitoring dan mengontrol kualitas udara, temperatur, kelembaban, intensitas cahaya, dan konsumsi daya di ruangan kelas secara otomatis. Kualitas udara diukur dengan kadar CO, kualitas cahaya diukur intensitasnya dalam satuan lux, temperatur dalam derajat Celcius, dan kelembaban dalam persen.

Hasil dari tugas akhir ini adalah berhasil dirancang sistem smart class yang dapat memonitoring dan mengontrol secara terintegrasi aspek kualitas udara, pencahayaan, suhu, serta efisiensi energi dalam satu perangkat. Kelebihan rancangan ini adalah mengintegrasikan semua aspek kualitas ruangan dalam satu sistem, dengan komponen yang digunakan memiliki spesifikasi sesuai kebutuhan. Output dari sistem diharapkan sesuai dengan standar kualitas ruangan ideal yang diinginkan, sehingga rancangan ini dinilai sesuai untuk menjawab permasalahan yang ada.

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang dan Identifikasi Masalah


Pada saat ini Negara Republik Indonesia terutama pada kota Jakarta menempati peringkat kedua untuk kualitas udara paling terdampak polusi dengan kategori “*Unhealthy for sensitive groups*” yang dapat dilihat pada Gambar 1.1. Universitas merupakan salah satu faktor yang dapat membantu mengurangi polusi di Negara Indonesia yaitu dengan menjadikannya *green campus*. Hal tersebut dikarenakan universitas dengan perkotaan memiliki kesamaan dalam perkembangan yaitu di dalamnya terdapat unsur-unsur seperti jalan, transportasi, pengelolaan limbah, listrik serta ruang terbuka hijau [1].

Live most polluted major city ranking ⓘ

22:35 (local time)

AQI US legend



Rank	Major city, country/region	AQI US	Followers
1	 Karachi, Pakistan	186	49K followers
2	 Jakarta, Indonesia	150	1.6M followers
3	 Dubai, United Arab Emirates	130	262.2K followers
4	 Delhi, India	129	2.7M followers
5	 Doha, Qatar	112	81.5K followers

Gambar 1. 1 Data negara-negara dengan polusi terparah

UI *GreenMetric* merupakan inisiatif yang pertama kali diperkenalkan oleh Universitas Indonesia pada tahun 2010. Program ini sebagai respons terhadap kebutuhan global dalam mengatasi isu-isu lingkungan dan mendorong praktik-praktik berkelanjutan. UI *GreenMetric World University* merupakan sebuah pemeringkatan *Green Campus* dan kelestarian lingkungan dengan indikator penilaiannya sebanyak 39 indikator dalam 6 kriteria yaitu lokasi dan transportasi, manajemen energi dan perubahan iklim, pengelolaan limbah, air, keanekaragaman hayati dan lanskap, infrastruktur hijau dan ruang terbuka [2].

Kualitas udara dan kualitas cahaya telah menjadi parameter yang sangat penting dalam suatu penilaian seberapa sehat dan bersih dari suatu area. Terutama dari UI *GreenMetric* yang diselenggarakan oleh Universitas Indonesia sejak tahun 2010. *Campaign* ini dilakukan untuk melakukan ranking dari berbagai Universitas di Indonesia dan di seluruh dunia terkait dengan *Green Campus* dan *environmental sustainability*. Pada proposal ini hanya berfokus pada kriteria I yaitu *indoor environment* dan L yaitu *lighting* [2].

Penghematan daya serta sistem otomatis merupakan target dalam mendukung penilaian UI *GreenMetric* dan *Green Campus*. Pada saat ini daya listrik yang terpakai di setiap kelas di Fakultas Teknologi Industri di Universitas Islam Indonesia (FTI UII) sangat besar, dikarenakan banyak faktor salah satunya ialah lampu serta AC yang masih menyala ketika sudah tidak ada lagi kegiatan belajar mengajar. Oleh karena itu, dibutuhkan penghematan daya dengan menggunakan sistem otomatis disetiap ruangan.

Dengan dilakukannya monitoring kualitas udara, temperatur, kelembaban, konsumsi daya AC dan kualitas cahaya, maka diperlukan penerapan terhadap data yang telah didapatkan dengan membuat sebuah sistem otomasi terhadap temperatur ruangan terutama ruangan kelas yang ada di kampus dengan memanfaatkan AC (*Air Conditioner*). Dalam hal ini kami mewawancarai Pak Wakil Dekan yaitu Bapak Agus Mansyur untuk meminta pendapat serta arahan mengenai alat yang akan di kembangkan. Hasil dari wawancara tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. 1.

Tabel 1. 1 Pertanyaan dan hasil wawancara terhadap Pak Agus Mansyur Wakil Dekan FTI UII

Pertanyaan	Jawaban/tanggapan
Apakah bapak mengetahui mengenai <i>UI GreenMetric</i> ?	Iya, saya mengetahui tentang UI Greenmetric.
Upaya-upaya yang sudah dilakukan oleh FTI UII terkait dengan <i>UI GreenMetric</i>	Untuk saat ini belum ada upaya yang berarti,

	tetapi dari pihak FTI sudah melakukan upaya agar kelas terasa nyaman saat digunakan namun tidak berfokus pada UI GreenMetric.
Apakah sudah pernah ada evaluasi mengenai kualitas udara serta kualitas cahaya?	Saat ini belum pernah diadakan evaluasi mengenai kualitas udara serta kualitas cahaya.
Apakah ada gambaran atau arahan mengenai alat tersebut?	Saya ingin alat tersebut dapat memonitoring serta mengontrol kualitas udara, temperatur, serta cahaya di dalam ruangan kelas. Kemudian dapat mematikan dan menghidupkan daya listrik secara otomatis.
Apakah perlu dimonitoring menggunakan hp atau hanya sekedar di layar lcd pada alat saja sudah cukup?	Data yang diperoleh dapat diakses di web (jika bisa di web UII) ataupun aplikasi secara <i>real-time</i> . Sehingga semua nya dapat melihat data tersebut.

Dari hasil wawancara dengan Pak Wakil Dekan, beliau memberi arahan mengenai prototipe yang akan dibuat yaitu outputnya sebisa mungkin dapat diakses melalui web UII secara *real-time* dan dari data tersebut bisa dilakukan kontrol suhu ruangan dengan mengontrol AC.

Selanjutnya kami melakukan wawancara asisten lab ergonomi FTI UII tentang standar suhu, kelembaban, intensitas cahaya dan kualitas udara di dalam ruangan terutama di ruang kelas. Selain itu kami juga menanyakan tentang keterkaitan ergonomi dengan projek yang akan kami buat yang bisa dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1. 2 Pertanyaan dan hasil wawancara terhadap asisten lab ergonomi

Pertanyaan	Jawaban/tanggapan
Apakah mas pernah mendengar tentang UI <i>GreenMetric</i> ?	Saya belum pernah mendengar terkait dengan UI <i>GreenMetric</i> .
Mengenai projek yang akan kami buat, apakah ada relasinya tentang ergonomi?	Ya tentu ada kaitannya tentang projek yang kalian buat pada ilmu ergonomi karena ergonomi membahas tentang hubungan lingkungan terhadap kualitas kerja, terutama pada suatu ruangan seperti kondisi temperatur, intensitas cahaya, kualitas

	udara dan juga kelembaban.
<p>Apa standar suhu, kelembaban, kualitas (intensitas) Cahaya dan kualitas udara pada suatu ruangan?</p>	<p>Dimulai dari kualitas cahaya yang patokannya menggunakan satuan Lux. Untuk kelas yang digunakan untuk belajar minimal intensitas pencahayaannya adalah 300 - 500 lux karena apabila lebih atau kurang dari itu bisa membuat pusing bagi beberapa orang apalagi kalau berlama-lama. Untuk suhu pada suatu ruangan standarnya ada di rentang 18 - 26 derajat celcius karena pada suhu segitu kinerja manusia berada di titik optimalnya. Untuk kelembaban pada suatu ruangan idealnya ada di 40-60 % lalu untuk kualitas udara bisa menggunakan kadar CO pada suatu ruangan yaitu sebaiknya ada dibawah angka 25 ppm.</p>
<p>Menurut mas apakah kelas-kelas yang ada di FTI sudah sesuai standar berdasarkan kriteria yang tadi mas sebutkan?</p>	<p>Menurut pendapat saya pribadi, sebagian besar di kelas-kelas yang ada di FTI sudah sesuai dengan standar yang ada. Dengan catatan, temperatur ruangan terkadang terlalu rendah dan kadang juga terlalu tinggi karena jumlah Mahasiswa yang ada di kelas tidak menentu sehingga perlu dikontrol suhu ruangnya berdasarkan jumlah Mahasiswa yang ada.</p>
<p>Apakah kualitas udara dan kelembaban dapat dikontrol dan diubah ubah layaknya temperatur dan intensitas cahaya?</p>	<p>Sebetulnya kedua poin tersebut saling berkaitan. Kelembaban udara dan kualitas udara dapat dikontrol menggunakan air purifier dan juga menggunakan AC. Khusus untuk kualitas udara juga dapat ditingkatkan dengan mengganti filter yang ada di AC secara teratur.</p>

Dari wawancara yang telah dilakukan dengan asisten lab ergonomi FTI UII, diketahui bahwa standar kualitas cahaya pada ruang kelas adalah antara 300 - 500 lux, *temperature* 24 - 27 derajat *celcius*, kelembaban 40 - 60% dan kualitas udara memiliki kadar CO dibawah 25 ppm.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang dan identifikasi masalah tersebut dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun alat yang mampu memonitoring kualitas udara, temperatur, kelembaban, intensitas cahaya dan konsumsi daya pada ruangan kelas di FTI UII?
2. Bagaimana merancang dan membangun sistem kontrol temperatur AC sesuai dengan jumlah orang di dalam ruangan kelas agar sesuai dengan standar yaitu pada rentang 24 - 27 derajat celcius?
3. Bagaimana merancang dan membangun sistem IoT secara *real-time* pada *smart class*?

1.3 Tujuan

Tujuan dari project capstone ini adalah:

1. Merancang dan membangun alat yang mampu memonitoring kualitas udara, temperatur, kelembaban, intensitas cahaya dan konsumsi daya pada ruangan kelas di FTI UII.
2. Merancang dan membangun sistem kontrol temperatur AC sesuai dengan jumlah orang di dalam ruangan kelas agar sesuai dengan standar yaitu pada rentang 24 - 27 derajat celcius.
3. Merancang dan membangun sistem IoT secara *real-time* pada *smart class*.

1.4 Batasan Masalah

Pada proposal tugas akhir ini hal-hal yang akan dibahas terbatas pada:

1. Monitoring temperatur, cahaya, kelembaban, konsumsi daya AC (*Air Conditioner*) dan kualitas udara
2. Mengontrol temperatur ruangan kelas dengan melakukan kontrol pada penggunaan AC
3. Objek yang akan dijadikan tempat percobaan adalah 1 ruang kelas
4. Kualitas udara berupa kadar kandungan CO

5. Kualitas cahaya terbatas pada intensitas cahaya
6. Sistem IoT diakses melalui *web server*.

1.5 Batasan Realistis Aspek Keteknikan

Pada proposal tugas akhir ini aspek keteknikan yang dilakukan terbatas pada:

1. Alat tidak dapat berpindah tempat
2. Dimensi alat adalah 10cm x 10cm x 5cm sampai 40cm x 40cm x 15 cm
3. Berat maksimal adalah 7 kg
4. Maksimal *error* deteksi kualitas udara, kualitas cahaya, dan temperatur adalah 5%
5. Toleransi untuk kelembaban adalah 7%
6. Alat harus terkoneksi ke *WiFi/Hotspot* untuk dapat beroperasi
7. Alat tidak bisa menggunakan *GSM* terintegrasi untuk jaringan
8. Sensor-sensor dan *device* yang digunakan memiliki kualitas menengah dengan *budget* maksimal adalah Rp. 2000.000.-
9. Alat tidak bisa menggunakan baterai.
10. Alat ditempatkan di belakang kelas dengan posisi di bawah AC.

BAB 2. IDENTIFIKASI KEBUTUHAN SISTEM

2.1 Studi Literatur dan Observasi

Dalam membuat alat *Smart Class* ini dilakukan studi literatur dan observasi untuk mengetahui proyek atau alat yang telah dikerjakan sebelumnya. Studi literatur dan observasi bertujuan untuk mengetahui kelebihan serta kekurangan yang ada pada alat sebelumnya yang telah dikerjakan, sehingga alat *Smart Class* ini dapat menjadi pembaharuan yang lebih bermanfaat untuk kedepannya. Studi literatur dan observasi dilakukan dengan cara membaca berbagai jurnal yang mempunyai pendekatan dengan alat yang akan dibuat dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai hasil dari pembacaan jurnal-jurnal tersebut.

Tabel 2. 1 Hasil Studi Literatur Solusi Sejenis

Judul	Usulan solusi	Hasil/Evaluasi (Kelebihan/Kekurangan)
Sistem monitoring dan notifikasi kualitas udara dalam ruangan dengan platform IoT [3].	Solusi yang ditawarkan peneliti berupa alat pendeteksi kualitas udara didalam ruangan dengan menggunakan mikrokontroler wemos dan sensor MQ135 dengan platform IoT.	Hasil: Alat bekerja sesuai dengan tujuan dan mendapatkan hasil yang sesuai. Kelebihan: Hasil dari monitoring dapat dilihat pada web server serta dapat terhubung ke handphone Kekurangan: Hanya menggunakan satu sensor dan hanya mengambil satu sample data.
Pengukuran kinerja sistem kualitas udara dengan teknologi WSN menggunakan confusion matrix [4].	Solusi yang ditawarkan peneliti ialah pengukuran kualitas udara dengan menggunakan jaringan	Hasil: Alat dapat bekerja dengan baik yaitu error dari masing-masing node dibawah 5%. Kelebihan: Pada alat ini menggunakan jaringan

	WSN dan metode confusion matrix.	WSN (<i>Wireless Sensor Network</i>). Kemudian hasil akurasi dari alat tersebut memiliki nilai yang bagus. Kekurangan: Pada alat ini nilai akurasi, presisi, dan recall dibawah 50% dari hasil monitoring.
Prototype Kendali Semi Otomatis Pencahayaan, Proyektor dan Kipas Ruangan Sebagai Kenyamanan Kegiatan Belajar Mengajar Berbasis IoT [5].	Solusi yang ditawarkan peneliti berupa <i>smart room</i> berbasis IoT dengan menggunakan mikrokontroller <i>ESP32 DevKit V1</i> .	Hasil: Kondisi sistem berjalan dengan baik sesuai yang diharapkan seperti pada seluruh perintah dan fungsi-fungsi dalam program yang di upload pada <i>ESP32 DevKit V1</i> . Kelebihan: Hasil keluarannya dapat dilihat di web server dengan menggunakan <i>Wi-Fi/hotspot</i> . Kekurangan: Hanya mampu mengontrol pada satu area atau satu jaringan <i>hotspot/Wi-Fi</i> .
Development of a testing and evaluation protocol for occupancy sensing technologies in building HVAC controls: A case study of representative people counting sensors [6].	Sensing people in a room using algorithm like motion sensor using PIR sensor, image base sensor, <i>radiobased</i> sensors, and wearable devices.	Detection performance tests were conducted in two well-controlled living labs. It is found that the protocol can effectively guide a comprehensive evaluation of the selected sensors. The sensors were evaluated in terms of installation, calibration, and data

		<p>processing and access. The averaged detection accuracies of the four sensors are 82.5%, 41.8%, 69.5%, and 96.6%, respectively.</p>
<p>robust system for counting people using an infrared sensor and a camera [7].</p>	<p>The multi-modal system consists of a differential pyro-electric infrared (PIR) sensor and a camera. Faces in the surveillance area are detected by the camera with the aim of counting people using cascaded AdaBoost classifiers. Due to the imprecise results produced by The camera-only system, an additional differential PIR sensor is integrated to the camera. Two types of human motion: (i) entry to and exit from the surveillance area and (ii) ordinary</p>	<p>A novel multi-modal system consisting of a low-cost PIR sensor and a regular camera to count people in a given area is successfully demonstrated.</p>

	<p>activities in that area are distinguished by the PIR sensor using a Markovian decision algorithm.</p>	
<p>Control System Automatic for Light and Air Conditioner at Living Room using Arduino Uno Controller [8].</p>	<p>Making a control system using Arduino and IR sensors. AC and lamp turning on and off using relays. Then count people in a room using IR sensors.</p>	<p>Several conclusions can be derived from the findings of this study's analysis and debate, including:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) This study was successful in developing a system that can turn on and off the lights and air conditioners in a room autonomously. 2) The HCSR04 Ultrasonic Sensor in this system can detect things up to 90cm away. <p>3. Sensors require time in order to detect items. The time required for the sensor is 0.05 seconds to 0.52 seconds, according to the data obtained after calculating the time based on distance with five times of testing.</p>

Dari hasil telaah beberapa jurnal, baik yang berskala nasional maupun internasional, yang mengadopsi pendekatan dari alat *Smart Class*, ditemukan bahwa alat-alat yang telah dirancang sebelumnya cenderung berfokus hanya pada aspek tertentu. Sebagai contoh, beberapa alat hanya dirancang untuk menghemat energi, sementara yang lain hanya ditujukan untuk meningkatkan kualitas udara atau cahaya. Meskipun demikian, dari berbagai jurnal tersebut, belum ditemukan penjelasan atau rancangan alat yang secara komprehensif mengintegrasikan pengendalian kualitas udara, pencahayaan, suhu, dan efisiensi energi dalam satu rangkaian alat *Smart Class*.

Pada alat *Smart Class* ini memiliki kelebihan yaitu akan mengontrol secara keseluruhan dalam ruang lingkup satu kelas atau satu ruangan yaitu yang akan dikontrol adalah kualitas udara, kualitas cahaya, temperatur, dan penghematan daya. Komponen-komponen yang digunakan mempunyai spesifikasi yang sesuai dengan kebutuhan, sehingga *output* dari alat sesuai dengan harapan.

2.2 Dasar Teori

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, digunakan beberapa parameter yang terkait dengan alat yang akan dibuat. Pada alat ini akan mengontrol temperatur dan kelembaban ruangan, selain itu mengontrol kualitas udara dan kualitas cahaya. Alat ini juga dapat membantu dalam penghematan daya listrik pada suatu ruangan. Parameter-parameter tersebut akan diuraikan secara rinci, mencakup rentang nilai dari batas minimum hingga batas normal untuk setiap parameter tersebut.

2.2.1 Temperatur / Suhu

Temperatur / suhu adalah salah satu parameter lingkungan yang memiliki pengaruh yang sangat besar pada kenyamanan dan fungsi organisme hidup. Ini berlaku baik untuk manusia maupun organisme lainnya. Suhu yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat mempengaruhi kesehatan dan kinerja. Pada manusia, suhu tubuh yang stabil adalah penting untuk menjaga fungsi organ dan proses metabolisme yang optimal. Suhu yang ekstrem atau fluktuatif dapat mengakibatkan stres termal, penyakit terkait suhu, dan bahkan kematian. Oleh karena itu, pengaturan suhu dan pemantauan suhu adalah aspek penting dalam menjaga kesejahteraan manusia dan organisme lainnya terutama kualitas suhu pada suatu ruangan [9].

Suhu dalam ruangan kelas memiliki dampak signifikan pada produktivitas dan kenyamanan penghuni kelas, termasuk mahasiswa dan dosen. Suhu yang optimal dapat menciptakan lingkungan belajar yang lebih kondusif, sementara suhu yang tidak sesuai dapat mengganggu konsentrasi dan kinerja. Oleh karena itu, penting untuk memahami konsep suhu yang ideal dalam ruangan kelas dan standar yang mengaturnya.

Suhu ruangan kelas yang optimal adalah sekitar 24 hingga 27 derajat Celcius (77.5.2 hingga 80.6 derajat Fahrenheit). Suhu dalam kisaran ini umumnya dianggap nyaman dan mendukung konsentrasi mahasiswa. Suhu di bawah kisaran ini mungkin membuat siswa merasa kedinginan dan terganggu, sementara suhu di atasnya bisa membuat ruangan terasa panas dan mengantuk. Terlalu rendah atau terlalu tinggi, keduanya dapat mengurangi produktivitas dan kenyamanan [10]

2.2.2 Kualitas Udara

Kualitas udara terutama dalam ruangan kelas memiliki dampak yang signifikan pada kesehatan dan kenyamanan penghuni kelas, baik siswa maupun pengajar. Untuk menciptakan lingkungan belajar yang aman dan sehat, perlu memahami dan mematuhi standar kualitas udara dalam ruangan. Kualitas udara yang baik dalam ruangan kelas mencakup beberapa aspek kunci, seperti partikulat udara, kadar karbon monoksida (CO), kelembaban relatif, dan kontrol polusi udara dalam ruangan [11].

Standar kualitas udara dalam ruangan kelas sering kali mencakup parameter seperti kadar partikulat udara (PM_{2.5}), yang mengacu pada partikel-partikel kecil yang bisa terhirup oleh manusia. Standar umum adalah bahwa tingkat PM_{2.5} dalam ruangan tidak boleh melebihi 35 mikrogram per meter kubik ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) untuk memastikan udara yang bersih dan aman. Selain itu, pengukuran dan pemantauan kadar CO₂ juga krusial, dengan standar umum yang mengharuskan tingkat CO di bawah 25 parts per million (ppm) untuk memastikan ventilasi yang memadai [12].

Kelembaban relatif dalam ruangan juga merupakan faktor penting. Standar kualitas udara sering menyarankan bahwa kelembaban relatif optimal berada dalam kisaran 40-60%. Kebutuhan akan kelembaban yang tepat dapat bervariasi berdasarkan lokasi geografis dan musim, tetapi menjaga kelembaban dalam kisaran ini membantu mencegah masalah pernapasan dan kenyamanan yang berhubungan dengan udara kering atau terlalu lembab [9].

Pengendalian polusi udara dalam ruangan juga berdampak besar pada kualitas udara. Ini termasuk mengurangi emisi zat kimia berbahaya dari furniture, cat, dan produk-produk lain yang digunakan dalam ruangan kelas. Pemantauan polusi udara dalam ruangan adalah langkah penting dalam memastikan kualitas udara yang sehat dan aman.

2.2.3 Kualitas (intensitas) Cahaya

Kualitas cahaya dalam ruangan kelas adalah faktor yang sangat penting dalam menciptakan lingkungan belajar yang produktif dan nyaman. Intensitas dan kualitas cahaya memiliki dampak signifikan pada konsentrasi, kinerja, dan kesejahteraan siswa serta pengajar. Oleh karena itu, penting untuk memahami konsep kualitas cahaya dalam ruangan kelas dan standar yang harus dipenuhi untuk mencapai lingkungan belajar yang optimal.

Intensitas cahaya adalah salah satu aspek kualitas cahaya yang memiliki dampak besar. Ruangan kelas yang memiliki intensitas cahaya yang cukup dapat meningkatkan konsentrasi siswa dan membantu mengurangi kelelahan mata. Standar umum untuk intensitas cahaya dalam ruangan kelas adalah sekitar 300 hingga 500 lux, meskipun beberapa situasi khusus atau preferensi individu dapat mengharuskan penyesuaian [13]. Intensitas cahaya (lux) dapat diketahui juga dengan menggunakan persamaan sebagaimana pada persamaan (1) dibawah ini.

$$Lux = \frac{Lumen}{Area (m^2)} \quad (1)$$

Dengan:

- Lumen adalah unit pengukuran untuk fluks cahaya (jumlah total cahaya yang diterima permukaan)
- Area adalah luas area yang diamati

Selain intensitas cahaya, suhu warna cahaya juga mempengaruhi suasana dan produktivitas dalam ruangan kelas. Suhu warna mengacu pada karakteristik warna cahaya, yang dapat berupa hangat (suhu warna rendah) atau dingin (suhu warna tinggi). Suhu warna yang ideal untuk ruangan kelas biasanya berkisar antara 2700 hingga 3000 Kelvin, menciptakan suasana yang hangat dan nyaman. Cahaya dengan suhu warna yang lebih tinggi, seperti 4000 hingga 5000 Kelvin, mungkin lebih cocok untuk situasi di mana diperlukan tingkat kecerahan yang lebih tinggi.

Mengikuti standar intensitas cahaya dan suhu warna yang sesuai dalam ruangan kelas adalah langkah penting untuk meningkatkan produktivitas dan kenyamanan. Memahami preferensi individu dalam hal pencahayaan juga penting, karena beberapa siswa mungkin lebih nyaman dengan intensitas atau suhu warna yang sedikit berbeda. Dengan cara ini, kualitas cahaya yang optimal dapat menciptakan lingkungan belajar yang lebih kondusif bagi siswa dan pengajar, meningkatkan konsentrasi, kinerja, dan suasana belajar.

2.2.4 Konsumsi Daya

Konsumsi daya dalam ruangan kelas adalah aspek penting yang perlu dipertimbangkan dalam merancang dan mengelola lingkungan belajar yang efisien dan juga untuk sistem *Smart Class*. Konsumsi daya yang tidak terkendali tidak hanya berdampak pada aspek finansial, tetapi juga pada lingkungan dan keberlanjutan. Oleh karena itu, upaya untuk mengoptimalkan konsumsi daya dalam ruangan kelas memiliki dampak positif yang signifikan.

Salah satu komponen utama konsumsi daya dalam ruangan kelas adalah pencahayaan.

Sistem pencahayaan yang efisien, seperti lampu LED yang hemat energi, dapat membantu mengurangi konsumsi daya secara signifikan. Pilihan perangkat pencahayaan yang cerdas, yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan dan waktu, juga merupakan faktor penting dalam penghematan energi [14].

Selain itu, sistem pengaturan suhu dan ventilasi, seperti AC, juga berkontribusi pada konsumsi daya ruangan kelas. Penggunaan peralatan yang hemat energi dan sistem otomasi yang dapat mengatur suhu sesuai kebutuhan dapat membantu mengurangi konsumsi energi.

Konsumsi daya ruangan kelas dapat dihitung dengan menggunakan beberapa persamaan yang melibatkan faktor-faktor seperti daya listrik perangkat, waktu penggunaan, dan faktor koreksi yang sesuai [15]. Berikut beberapa persamaan umum yang digunakan:

1. *Daya Listrik (P) Perangkat Elektronik:*

Persamaan dasar untuk menghitung daya listrik (P) perangkat elektronik adalah:

$$P = V \times I \quad (2)$$

di mana:

P adalah daya listrik dalam watt (W).

V adalah tegangan listrik dalam volt (V).

I adalah arus listrik dalam ampere (A).

Untuk menghitung daya total perangkat dalam ruangan kelas, dapat menjumlahkan daya dari semua perangkat yang digunakan.

2. *Konsumsi Energi (E):*

Konsumsi energi adalah jumlah daya yang digunakan perangkat dalam waktu tertentu.

Persamaan untuk menghitung konsumsi energi adalah:

$$E = P \times t \quad (3)$$

di mana:

E adalah konsumsi energi dalam watt-jam (Wh).

P adalah daya listrik perangkat dalam watt (W).

t adalah waktu penggunaan perangkat dalam jam (h).

Dapat menghitung konsumsi energi perangkat individu dan kemudian menjumlahkannya

untuk mendapatkan konsumsi energi total ruangan kelas.

3. Biaya Energi (C):

Untuk menghitung biaya energi, Anda perlu mempertimbangkan tarif listrik (T) yang biasanya dinyatakan dalam rupiah per kilowatt-jam (Rp/kWh). Persamaan untuk biaya energi adalah:

$$C = E \times T \quad (4)$$

di mana:

C adalah biaya energi dalam rupiah (Rp).

E adalah konsumsi energi dalam kilowatt-jam (kWh).

T adalah tarif listrik dalam rupiah per kilowatt-jam (Rp/kWh).

Dengan menggunakan tarif listrik yang berlaku, Anda dapat menghitung biaya energi yang dikeluarkan oleh perangkat di ruangan kelas selama periode waktu tertentu.

Pemantauan dan pengukuran konsumsi daya adalah langkah awal yang penting dalam mengidentifikasi area-area yang membutuhkan perbaikan. Selain itu, mendidik penghuni kelas, baik siswa maupun pengajar, tentang praktik-praktik yang hemat energi dapat membantu meningkatkan kesadaran dan penggunaan energi yang lebih bijak.

Dengan mengoptimalkan konsumsi daya dalam ruangan kelas, institusi pendidikan dapat mengurangi biaya operasional, mengurangi jejak karbon, dan mendukung keberlanjutan. Selain manfaat ekonomi, pengelolaan energi yang efisien juga dapat menciptakan lingkungan belajar yang lebih nyaman dan produktif.

2.2.5 Penghematan Daya

Energi listrik merupakan salah satu elemen yang sangat penting dalam industri, perkantoran, universitas dan masih banyak lagi. AC (*Air Conditioner*) adalah salah satu peralatan yang banyak mengkonsumsi energi listrik dan di lingkungan universitas hampir semua ruangan menggunakan AC. Hal ini merupakan suatu pemborosan energi. Oleh karena itu, diperlukan cara agar penggunaan AC dapat optimal tetapi tidak mengkonsumsi energi listrik yang besar [16].

Penghematan daya pada penggunaan AC di FTI UII dibangun atas strategi yang terukur dan

efisien, dengan fokus pada penurunan serta peningkatan suhu secara bertahap. Langkah pertama dalam pendekatan ini adalah menurunkan suhu secara bertahap saat AC pertama kali diaktifkan. Dengan melibatkan penyesuaian yang progresif, sistem dapat menghindari lonjakan konsumsi energi yang signifikan yang sering terjadi saat AC diatur pada suhu rendah secara instan. Hal ini tidak hanya membantu mengurangi tekanan pada peralatan pendingin ruangan, tetapi juga memberikan kontribusi nyata terhadap penghematan energi secara keseluruhan [17].

Selanjutnya, setelah suhu mencapai tingkat yang dianggap nyaman, penerapan kontrol otomatis memungkinkan sistem untuk menjaga keseimbangan suhu tersebut tanpa harus terus-menerus menjalankan AC pada pengaturan tertinggi. Dengan demikian, langkah-langkah ini mengoptimalkan kinerja AC, menekan konsumsi daya, dan merespons dinamika kebutuhan ruangan secara cerdas [17].

Dengan langkah-langkah ini, FTI UII mengukuhkan komitmennya terhadap prinsip-prinsip UI GreenMetric. Penghematan daya pada penggunaan AC bukan hanya strategi efisien dalam mengelola sumber daya, tetapi juga merupakan langkah positif menuju peran perguruan tinggi yang berkelanjutan dan bertanggung jawab terhadap lingkungan.

2.2.6 IoT (Internet of Things)

Internet of Things (IoT) adalah revolusi digital yang memungkinkan berbagai perangkat fisik terhubung ke internet dan berinteraksi satu sama lain. Konsep dasar IoT melibatkan memberikan kemampuan kepada perangkat, mulai dari sensor kecil hingga kendaraan dan peralatan industri, untuk terhubung ke internet, mengumpulkan data, dan berkomunikasi dengan perangkat lain. Dengan menghubungkan perangkat ini, IoT memberikan kemampuan untuk mengambil data secara *real-time*, memberikan kontrol jarak jauh, dan mengoptimalkan operasional di berbagai sektor seperti pertanian, industri, rumah pintar, dan kesehatan. IoT memungkinkan pemantauan yang lebih baik, memungkinkan analisis data yang lebih cerdas, dan memberikan manfaat signifikan dalam hal efisiensi.

Meskipun IoT membawa banyak manfaat, terdapat tantangan yang perlu diatasi. Salah satu tantangan utama adalah keamanan dan privasi data. Dengan semakin banyak perangkat yang terhubung ke internet, terdapat potensi risiko serangan siber, dan privasi pengguna harus dilindungi secara cermat. Oleh karena itu, pengembangan solusi keamanan dan regulasi yang ketat sangat penting dalam ekosistem IoT.

Pertumbuhan IoT terus pesat, dengan semakin banyak perusahaan dan pengembang yang berinvestasi dalam ekosistem ini. Hal ini mencakup pengembangan perangkat keras yang lebih pintar, perangkat lunak yang lebih canggih, dan platform yang memungkinkan integrasi yang lebih mulus dari perangkat IoT. Dalam beberapa tahun mendatang, IoT diperkirakan akan menjadi bagian tak terpisahkan dalam kehidupan sehari-hari, membantu kita menjalani kehidupan yang lebih efisien, produktif, dan terkoneksi [18].

2.2.7 Web Server

Web Server adalah komponen kunci dalam ekosistem internet yang berfungsi sebagai perantara antara pengguna internet dan situs web atau aplikasi web yang mereka akses. Ini berperan dalam menerima permintaan dari perangkat klien, seperti komputer atau ponsel cerdas, dan mengirimkan konten yang diminta kepada pengguna. *Web Server* menjalankan perangkat lunak khusus yang mengelola permintaan, merespons dengan halaman web atau data yang diminta, dan menjaga koneksi antara klien dan server. Ini berperan penting dalam menjaga situs web atau aplikasi web tetap aktif dan responsif bagi pengguna.

Web Server memiliki beberapa tugas kunci, termasuk mengelola protokol HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) yang digunakan untuk berkomunikasi dengan perangkat klien. Ini juga mengelola permintaan dan respons, memastikan bahwa data dikirim dengan aman melalui jaringan, dan mengelola sesi pengguna. Beberapa perangkat lunak *web server* yang populer termasuk Apache, Nginx, *Microsoft Internet Information Services* (IIS), dan banyak lainnya, yang memiliki fitur-fitur unik dan kelebihan yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan [19].

Selain itu, keamanan *web server* adalah aspek yang sangat penting, mengingat *web server* adalah titik masuk utama bagi banyak serangan siber. Proteksi dan enkripsi data, *firewall*, serta pemantauan lalu lintas web adalah beberapa langkah yang dapat diambil untuk menjaga keamanan *web server*. Dalam era modern, *web server* juga memainkan peran penting dalam mendukung layanan web terkait dengan *Internet of Things* (IoT), *e-commerce*, hiburan daring, dan berbagai aplikasi berbasis web yang digunakan secara luas. *Web Server* terus berkembang dan menjadi semakin penting dalam menghubungkan pengguna dengan dunia digital yang terus berkembang pesat.

2.3 Analisis Stakeholder

Produk yang akan dibuat pada proyek kali ini merupakan sebuah sistem *Smart Class* yang mampu melakukan monitoring dan kontrol atas parameter-parameter sebagaimana yang sudah dijelaskan di bab sebelumnya. Karena proyek ini diutamakan untuk kelas-kelas yang ada di FTI UII (Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia) maka proyek ini memiliki beberapa stakeholder kunci yaitu Dekan FTI UII, mahasiswa, Dosen / Staf pengajar.

2.3.1 Pimpinan FTI UII

Pada penerapan alat *Smart Class* membutuhkan kelas sebagai uji coba atau sample, maka dari itu Dekan Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia sebagai penanggung jawab dari proyek ini memiliki peran yang cukup penting dalam perancangan proyek ini.

2.3.2 Mahasiswa

Pada produk ini mahasiswa sebagai pengguna ruangan kelas dan sistem *smart class*. Mahasiswa yang nantinya akan merasakan langsung kegunaan dari alat ini. Selain itu, mahasiswa ikut berpartisipasi dalam penggunaan alat ini serta memberikan umpan balik mengenai kinerja dari alat ini.

2.3.3 Dosen atau Staf Pengajar

Dosen serta staf pengajar sebagai penyampaian materi pembelajaran di ruangan tersebut. Penciptaan lingkungan pembelajaran yang nyaman dan optimal dapat meningkatkan fokus, konsentrasi dalam pembelajaran. Pengaruhnya ialah menggunakan serta memanfaatkan sistem untuk menciptakan lingkungan pembelajaran yang optimal.

2.4 Analisis Aspek yang Mempengaruhi Sistem

2.4.1 Aspek Ekonomi

Aspek ekonomi sangat perlu untuk diperhatikan dalam mengimplementasikan alat ini, dikarenakan investasi awal yang diperlukan untuk perangkat keras, perangkat lunak, dan instalasi. Analisis ekonomi harus mempertimbangkan biaya tersebut dan mengevaluasi tingkat pengembalian investasi (ROI) dalam jangka waktu tertentu. Biaya operasional dan pemeliharaan harus dipertimbangkan, termasuk biaya rutin untuk menjaga dan memperbaiki perangkat lunak atau perangkat keras. Pemeliharaan yang efisien mampu mengurangi biaya tambahan yang tak terduga.

2.4.2 Aspek Budaya

Tingkat kesadaran dan kepedulian lingkungan dalam budaya kampus dapat mempengaruhi penerimaan terhadap teknologi yang berfokus pada berkelanjutan, seperti *Smart Class*. Budaya yang mendorong berkelanjutan dapat menjadi pendorong positif untuk implementasi teknologi ini. Kebiasaan penggunaan teknologi di kalangan dosen serta mahasiswa saat ini dapat mempengaruhi penerimaan terhadap alat ini. Budaya penggunaan teknologi dalam konteks pembelajaran dan pengajaran dapat mempengaruhi sejauh mana alat ini akan diterima.

2.4.3 Aspek Sosial

Tingkat partisipasi dan keterlibatan mahasiswa dalam pengambilan keputusan dan implementasi teknologi akan mempengaruhi penerimaan dan keberlanjutan penggunaan *Smart Class*. Membangun kesadaran dan motivasi mahasiswa untuk terlibat dapat meningkatkan keberhasilan implementasi. Hubungan antara dosen dan mahasiswa dalam konteks penggunaan teknologi dapat mempengaruhi alat ini akan diterima. Pengenalan *Smart Class* dapat mempengaruhi dinamika pembelajaran dan interaksi sosial di dalam kelas.

2.4.4 Aspek Kesehatan

Sistem kontrol cahaya, temperatur, dan udara di ruang kelas FTI UII mendukung UI *GreenMetric* dengan desain yang maksimalkan cahaya alami dan penggunaan teknologi pintar berbasis sensor. Alat yang efisien menjaga kenyamanan dan mengurangi konsumsi energi. Sensor kualitas udara dan manajemen energi cerdas memantau dan mengoptimalkan kualitas udara serta penggunaan energi. Dengan demikian, FTI UII menciptakan *Smart Class* yang mendukung keberlanjutan dan kesehatan sesuai dengan standar UI *GreenMetric*.

2.5 Spesifikasi Sistem

- Sistem yang dibangun untuk mengontrol kualitas udara, temperature, kualitas cahaya, dan konsumsi daya pada kelas dengan luas 8 m x 6 m
- Dimensi alat pendeteksi orang yang ada di dalam ruangan adalah 15 cm x 10 cm x 7 cm
- Dimensi kotak sensor dan Air Conditioner Controller dengan ukuran 30 cm x 15 cm x 7cm
- Rentang suhu AC dari 23-27 derajat celcius

- Sumber tenaga listrik menggunakan tegangan AC (*Alternative Current*) tanpa baterai
- Komunikasi internet yang telah terhubung dengan *Web Server*

2.6 Standar Acuan

Dalam merancang alat *Smart Class* ini terdapat beberapa standar acuan yang harus diikuti. Hal tersebut dikarenakan alat *Smart Class* ini berdampak pada kegiatan manusia yang telah diatur pada Keputusan Menteri Kesehatan RI No.261/Menkes/SK/II/1998 Tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja berikut merupakan standar acuannya [20]:

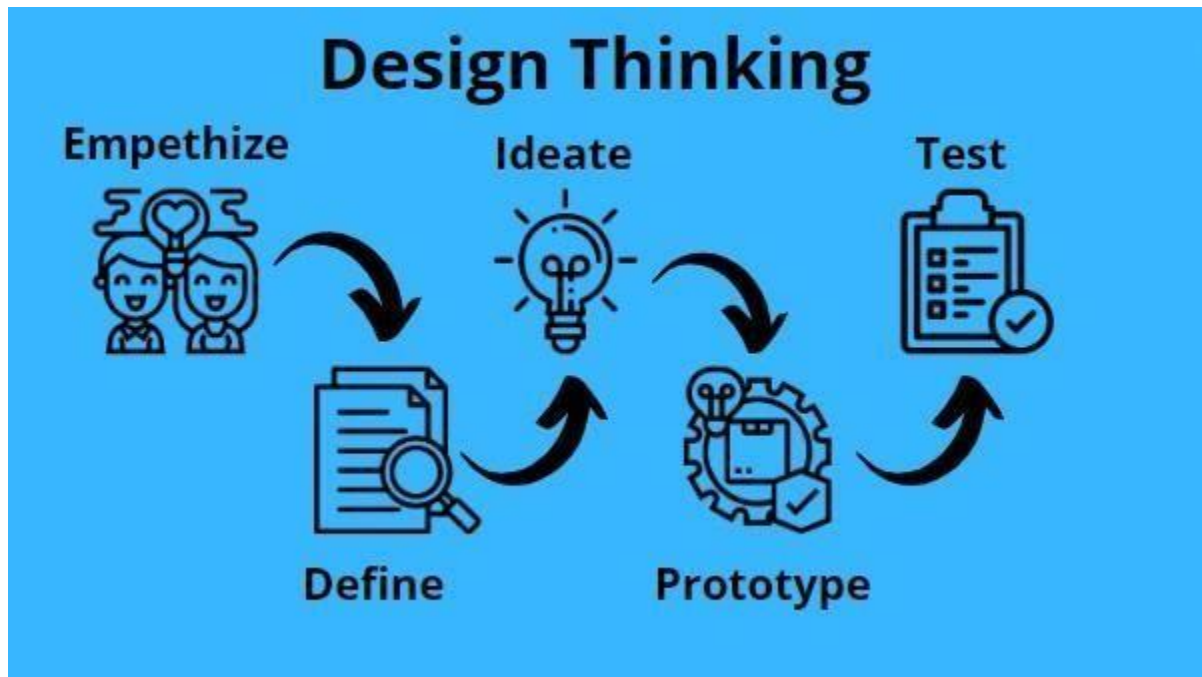
1. Pencahayaan 300-500 lux
2. Suhu antara 18 °C - 26 °C
3. Kelembaban 40% - 60%
4. Kualitas udara nilai CO maksimal 25 ppm

Selain itu ada juga standar acuan kelistrikan K3 yang menjadi pedoman yaitu Undang-undang No.1 tahun 1970 Keselamatan Kerja [21]:

1. Pasal 2 ayat (1) huruf q (Ruang Lingkup)
2. Pasal 3 ayat (1) huruf q (Objective)
3. No. Kep 75/Men/2022 Pemberlakuan PUIL 2000
4. Keputusan Menteri Energi & Sumber Daya Mineral No: 2046 K/40/MEN/2001

BAB 3. USULAN SOLUSI

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan pada bab 1 dapat diusulkan beberapa solusi yang mampu menyelesaikan permasalahan tersebut. Metode yang digunakan pada usulan solusi berikut yaitu melalui studi literatur serta menerapkan *design thinking*. *Design thinking* merupakan sebuah pola pikir untuk menyelesaikan masalah yang fokus pada manusia sebagai pengguna dengan melakukan beberapa langkah yaitu dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Langkah-langkah *design thinking*

Pada *design thinking* salah satu aspek yang cukup penting adalah penekanan pada proses berulang yang dimana ide atau gagasan dibuat dan setelah itu diuji kemudian ditingkatkan dengan siklus iteratif. Pada gambar 3.1 merupakan langkah-langkah pada *design thinking* yang akan diterapkan pada proses perancangan alat *Smart Class*. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing langkah pada *design thinking* [22] :

1. *Empathize*: Tahap ini merupakan tahap awal pada *design thinking*. Pada tahap ini bertujuan untuk mengetahui tentang kebutuhan, keinginan, serta tujuan dari pengguna. Pada proses perancangan ini dilakukan dengan wawancara, observasi, dan survei dengan dosen ataupun pihak yang terkait. Hal tersebut bertujuan untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan.

2. *Define*: Pada tahap ini melakukan identifikasi masalah atau hambatan yang dialami oleh pengguna. Pada project ini melakukan identifikasi permasalahan atau peluang utama terkait dengan kontrol cahaya, temperatur, dan udara ruangan. Selain itu, mendefinisikan dengan jelas tujuan serta sasaran implementasi *Smart Class* yang sesuai dengan prinsip-prinsip keberlanjutan UI *GreenMetric*.
3. *Ideate*: Pada tahap ini melakukan penyusunan ide-ide atau gagasan untuk menyelesaikan masalah. Pada tahap ketiga ini dilakukan *brainstorming* bersama tim dan pihak terkait untuk memunculkan ide-ide terkait kontrol cahaya, temperatur, dan udara pada ruangan. Setelah itu, menilai dan memilih ide-ide yang sesuai dengan kebutuhan dan tujuan yang telah ditetapkan.
4. *Prototype*: Pada tahap ini membuat visualisasi mengenai ide atau gagasan yang telah dipilih. Pada tahap keempat ini membuat *prototype* mengenai *Smart Class* yang meliputi desain alat, perancangan alat secara keseluruhan.
5. *Test*: Pada tahap ini melakukan pengujian terhadap *prototype* yang telah dibuat kepada pengguna dan hasil pengujian tersebut akan memberikan *feedback* positif maupun negatif yang berguna untuk perbaikan pada alat tersebut. Pada proses perancangan alat *Smart Class*, pada tahap ini melakukan pengawasan performa serta dampaknya terhadap kriteria keberlanjutan UI *GreenMetric*.

Usulan solusi yang akan dijelaskan terdapat tiga usulan solusi. Usulan solusi tersebut memiliki perbedaan dari desain maupun komponen yang digunakan serta ketiga usulan tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

Tabel 3. 1 Perbedaan masing-masing usulan

Perbedaan	Usulan 1	Usulan 2	Usulan 3
Pengontrolan Temperatur	Pengontrolan temperatur berdasarkan suhu ruangan dan menggunakan remot IR untuk mengontrol temperatur AC. Sistem kerjanya	Pengontrolan temperatur berdasarkan pendeteksian orang dan temperatur ruangan dengan menggunakan remot IR untuk mengontrol	Pengontrolan temperatur berdasarkan jumlah orang di dalam ruangan dan temperatur ruangan dengan remot IR untuk mengontrol

	adalah sensor DHT22 akan mengukur suhu ruangan, kemudian	temperatur AC. Sistem kerjanya adalah ESP32-CAM	temperatur AC. Sistem kerjanya adalah sensor IR
--	--	---	---

	<p>apabila suhu ruangan di atas 24 derajat celcius maka remot IR akan mengatur temperatur AC di angka 23 derajat celcius.</p>	<p>akan mendeteksi orang di dalam ruangan, apabila di dalam ruangan ada orang maka AC akan menyala dan selanjutnya sensor DHT 22 akan mengukur temperatur ruangan, apabila temperatur ruangan di atas 24 derajat celcius maka remot IR akan mengatur temperatur AC di temperatur 23 derajat celsius.</p>	<p>akan menghitung orang masuk dan keluar, kemudian jika didalam ruangan terdapat 5 orang maka AC akan menyala kemudian sensor DHT 22 akan mengukur temperatur ruangan, apabila temperatur ruangan di atas 24 derajat celcius dan jumlah orang didalam ruangan berjumlah di atas 15 orang, maka remot IR akan mengontrol temperatur AC dengan cara menurunkan secara bertahap.</p>
--	---	--	--

<p>Mendeteksi Jumlah Orang Didalam Ruangan</p>	<p>Dalam mendeteksi jumlah orang didalam ruangan menggunakan dua sensor ultrasonik yang terpasang pada pintu. Sistem kerjanya adalah sensor ultrasonik akan mendeteksi orang yang masuk dan keluar dengan menggunakan delay, sehingga apabila sensor ultrasonik “A” terlebih dahulu mendeteksi orang maka sensor ultrasonik “B” tidak akan mendeteksi.</p>	<p>Dalam mendeteksi orang didalam ruangan menggunakan ESP32-CAM. Sistem kerjanya adalah ESP32-CAM akan mendeteksi ada dan tidak adanya orang di dalam ruangan.</p>	<p>Dalam mendeteksi jumlah orang didalam ruangan menggunakan dua sensor IR. Sistem kerjanya adalah sensor IR akan mendeteksi orang yang masuk dan keluar dengan menggunakan counter, sehingga apabila sensor IR “A” terlebih dahulu mendeteksi orang maka akan terdeteksi masuk dan apabila sensor IR “B” terlebih dahulu mendeteksi orang maka akan terdeteksi keluar.</p>
--	--	--	---

Berdasarkan hasil perbandingan dari ketiga usulan yang memiliki perbedaan pada sub sistem pengontrol temperatur dan sub sistem menghitung jumlah orang didalam ruangan yang dapat dilihat pada tabel 3.1 yang memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Nama alat yang dipakai pada masing-masing usulan adalah “AVE” atau *Adaptive Classroom Energy Manager*.

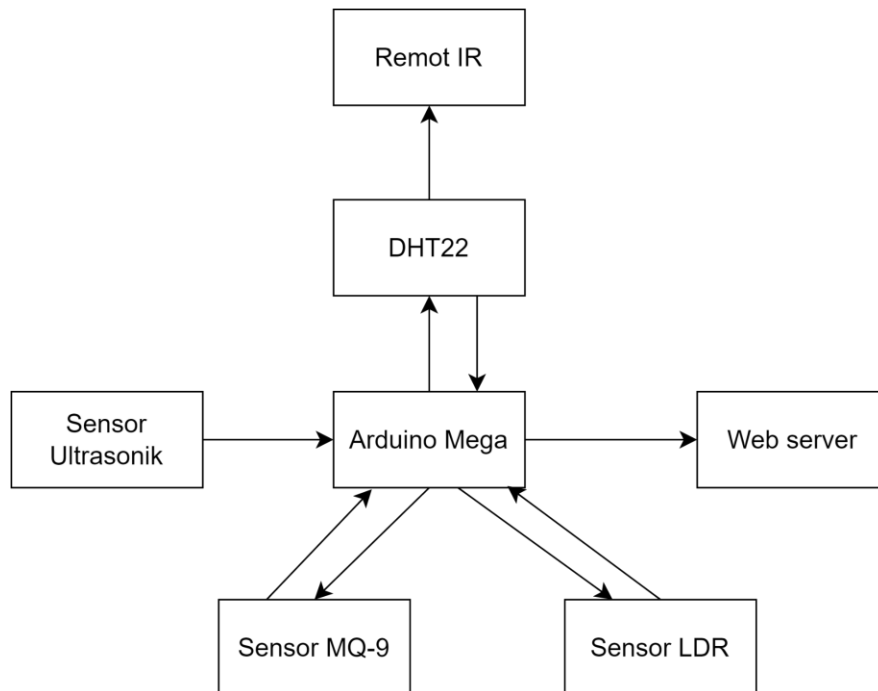
AVE atau *Adaptive Classroom Energy Manager* merupakan solusi cerdas yang dapat mengelola dan mengoptimalkan konsumsi daya diruangan kelas. Alat ini tidak hanya memberikan pemantauan waktu secara *real-time* terhadap penggunaan energi perangkat, tetapi juga secara adaptif merespons perubahan kebutuhan lingkungan kelas. Dengan teknologi adaptifnya, AVE dapat secara dinamis mengatur penggunaan daya berdasarkan aktivitas di dalam ruangan, suhu, dan faktor lingkungan lainnya. Dengan demikian, AVE membantu menciptakan kelas yang lebih efisien secara energi dan responsif terhadap kebutuhan siswa dan pengajar, mencapai tujuan keberlanjutan dan efisiensi energi.

3.1 Usulan Solusi 1

Usulan 1 ini dibuat berdasarkan pertimbangan-pertimbangan dari permasalahan yang ada di Bab 1 yaitu dengan membuat suatu sistem *smart class* yang mampu memonitoring kondisi ruangan yaitu kualitas udara, cahaya, temperature, kelembaban serta konsumsi daya pada AC yang terpasang di kelas. Selain itu nyala dan mati AC beserta temperaturnya berubah berdasarkan temperature ruangan dan jumlah orang di dalam ruangan. Jumlah orang di dalam ruangan dideteksi menggunakan sensor ultrasonik yang berada di pintu bagian depan dan belakang untuk mengetahui orang yang masuk dan keluar. Untuk kontrol AC menggunakan mikrokontroler dan IR *blaster/receiver* untuk melakukan kontrol pada AC.

3.1.1 Desain Sistem 1

Desain sistem usulan 1 menggunakan sensor ultrasonik untuk data input yaitu untuk menghitung jumlah orang yang masuk atau keluar dari ruangan tersebut. Desain sistem 1 ini akan memberikan data secara *real-time* yang terintegrasi dengan web server. Dapat dilihat pada gambar 3.2 yaitu blok diagram desain sistem 1. Pada desain sistem 1 menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 Rev3 dikarenakan mempunyai penyimpanan atau RAM yang cukup besar.

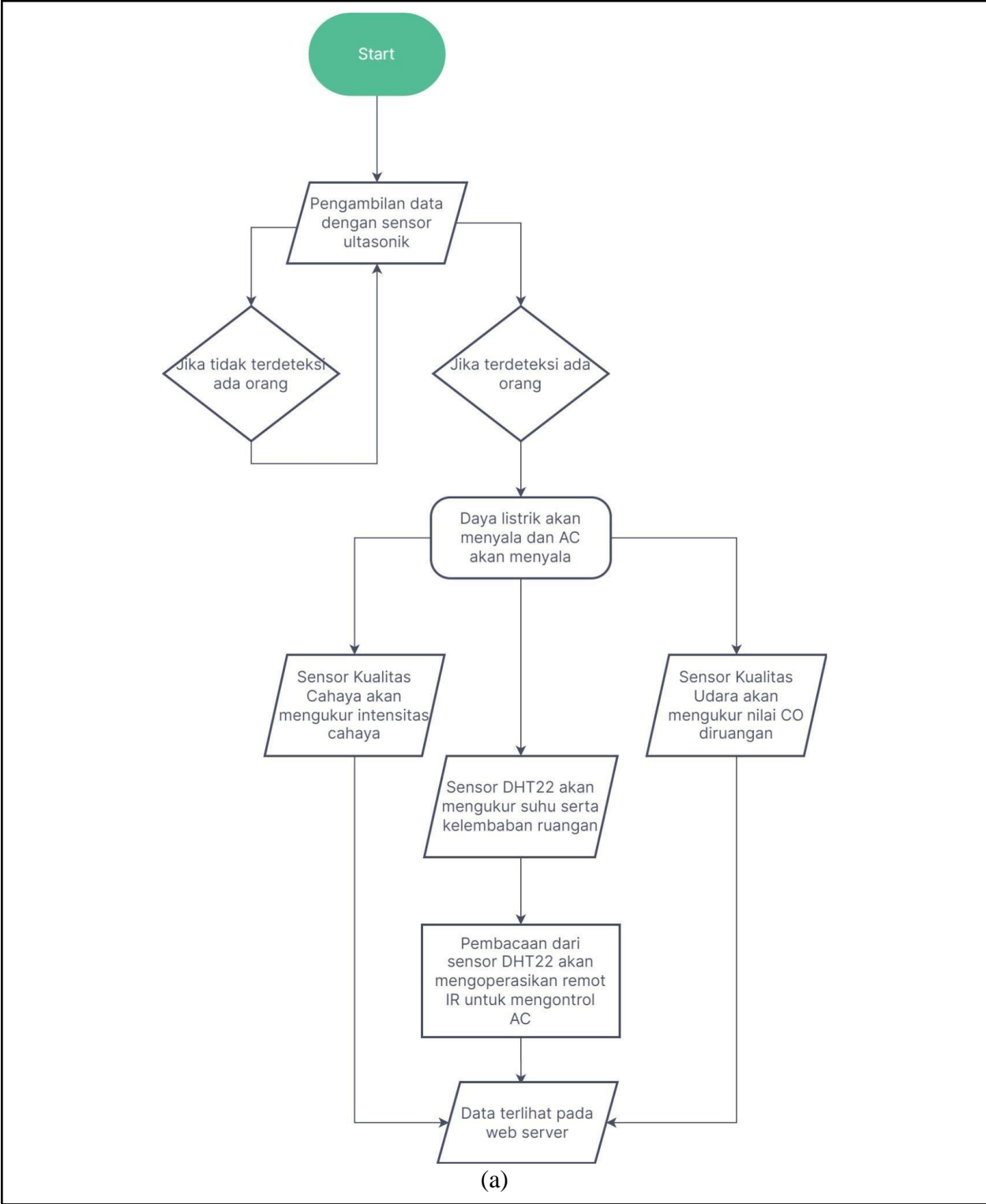


Gambar 3. 2 Diagram blok design sistem 1

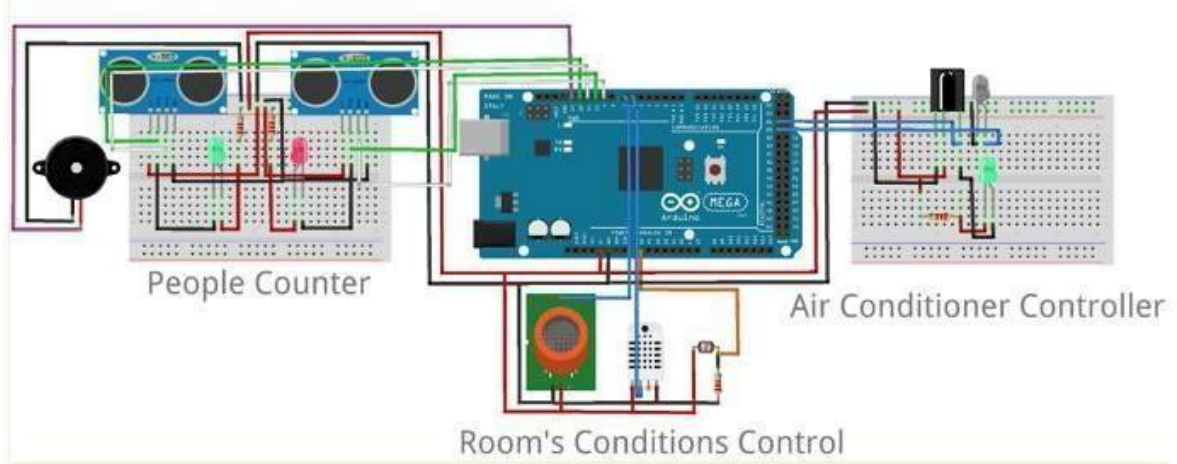
Pada desain sistem 1 ini dapat mengontrol kualitas udara, kualitas cahaya dan temperatur dengan mengontrol AC pada ruangan. Cara kerja dari alat ini yaitu sensor ultrasonik akan mendeteksi orang dengan cara menghitung jumlah yang masuk dan keluar ruangan dengan menggunakan relay agar pembacaan sensor sesuai. Apabila sensor ultrasonik mendeteksi ada orang yang masuk maka data tersebut akan dikirimkan ke mikrokontroler. Kemudian mikrokontroler akan memproses data tersebut dan daya pada ruangan tersebut akan menyala otomatis, selain itu mikrokontroler akan memberi perintah kepada *remote IR* untuk mengontrol temperatur AC sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan. Kemudian sensor kualitas cahaya akan mengirimkan data mengenai besarnya lux pada ruangan tersebut dan sensor kualitas udara akan mengirimkan data mengenai nilai ppm pada ruangan tersebut yang akan ditampilkan pada *web server* dengan menggunakan wi-fi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar a untuk cara kerja dari desain sistem 1.

Pada desain sistem 1 mengenai kelistrikan menggunakan beberapa sensor yaitu sensor ultrasonik untuk menghitung jumlah orang di ruangan, kemudian sensor kualitas cahaya yaitu menggunakan sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) untuk mengukur intensitas cahaya. Selain itu, menggunakan sensor MQ-9 untuk mengukur kualitas udara dengan mendeteksi kebocoran gas, kemudian menggunakan sensor DHT22 untuk mengontrol temperatur ruangan dengan

menggunakan remot IR yang terhubung dengan AC ruangan. Selanjutnya sensor-sensor tersebut dihubungkan dengan mikrokontroler agar saling terintegrasi dengan terhubung pada port yang telah disesuaikan. Dapat dilihat pada gambar-gambar dibawah ini untuk lebih jelasnya mengenai desain kelistrikannya



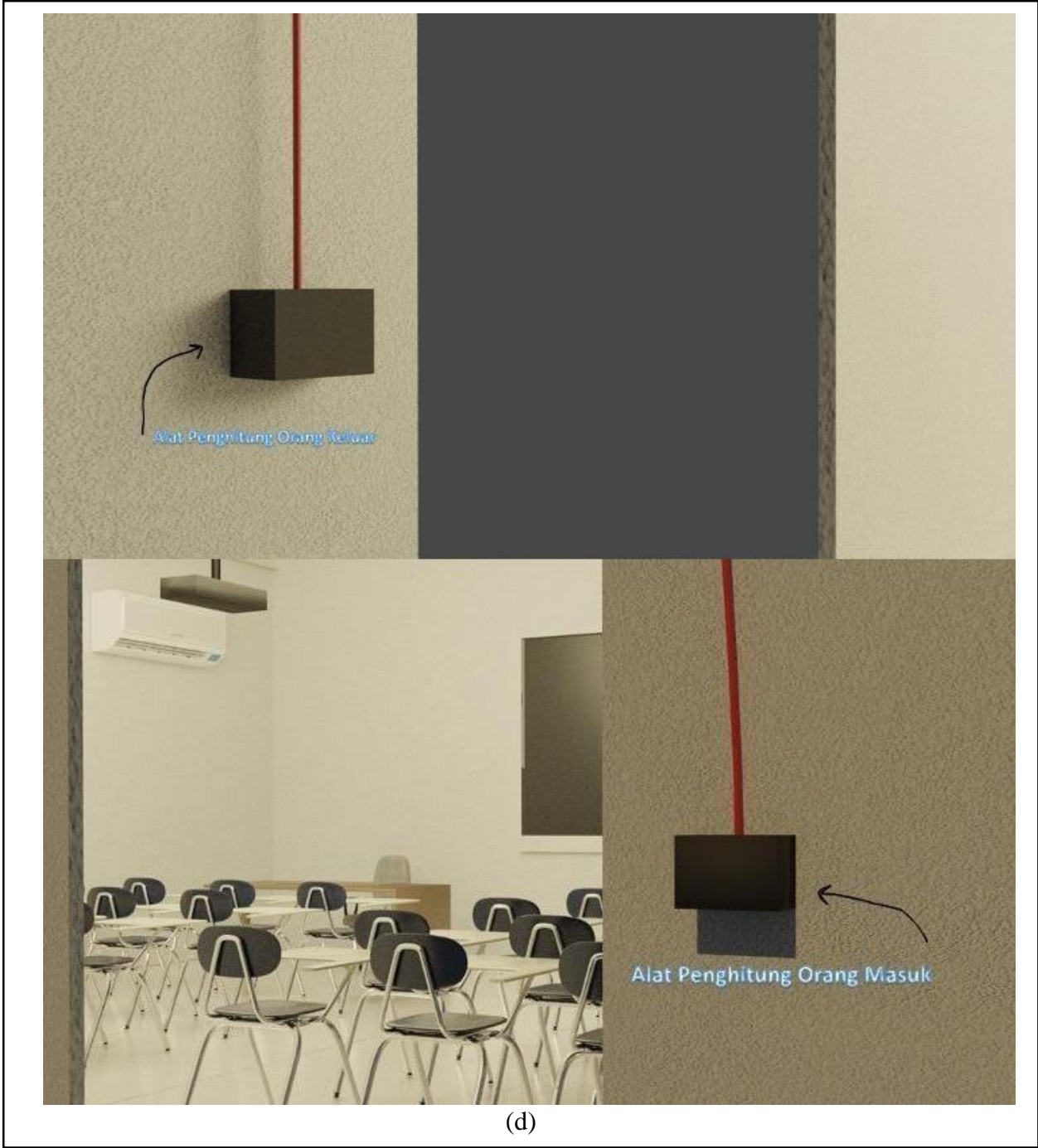
Desain Rangkaian Elektronik Usulan 1



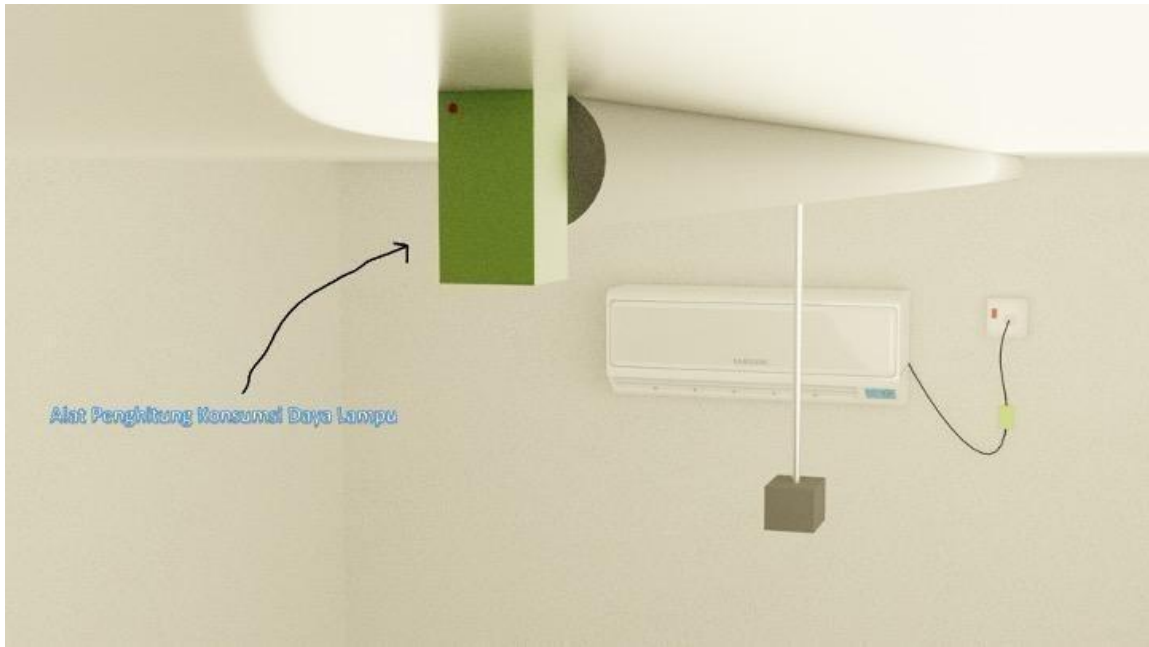
(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar 3. 3 Ilustrasi usulan rancangan sistem secara umum (a) Proses cara kerja sistem, (b) Desain rangkaian elektronik usulan 1, (c), (d) dan (e) Desain model sistem dan gambaran pengaplikasian alat

Pada desain sistem 1 memerlukan inventaris kebutuhan sistem perangkat keras. Inventaris kebutuhan sistem diperlukan untuk memenuhi usulan solusi 1. Tabel 3.2 sampai Tabel 3.4 memperlihatkan kebutuhan sistem sesuai usulan dan spesifikasi yang dibutuhkan.

Tabel 3. 2 Inventaris Kebutuhan Usulan Sistem Perangkat Keras Kualitas Udara

No	Nama Alat	Keterangan
1	Arduino Mega 2560 R3	Mikrokontroler yang digunakan ialah Arduino Mega 2560, karena memiliki memori yang besar yaitu 256 KB untuk memori flash, 8KB untuk memori RAM serta 4KB untuk memori EEPROM. Arduino Mega digunakan untuk mengontrol alat ini dengan menghubungkan port-port yang ada ke semua sensor.
2	MQ 9	Sensor MQ-9 merupakan sensor untuk mendeteksi kebocoran gas di suatu ruangan. Sensor MQ-9 digunakan pada alat ini untuk mendeteksi kualitas udara pada ruangan dengan cara mendeteksi gas CO pada ruangan dan akan mengirimkan data secara <i>real-time</i> .

3	Casing Alat	Casing alat berguna untuk tempat alat tersebut dan untuk melindungi alat dari hal-hal yang dapat merusak dari luar.
---	-------------	---

Tabel 3. 3 Inventarisasi kebutuhan usulan sistem perangkat keras Sistem Kualitas Cahaya

No	Nama Alat	Keterangan
1	Arduino Mega 2560 R3	Mikrokontroler yang digunakan ialah Arduino Mega 2560, karenamemiliki memori yang besar yaitu 256 KB untuk memori flash, 8KB untuk memori RAM serta 4KB untuk memori EEPROM. Arduino Mega digunakan untuk mengontrol alat ini dengan menghubungkan port-port yang ada ke semua sensor.
2	LDR	Sensor LDR (<i>Light Dependent Resistor</i>) merupakan sensor untuk mengukur intensitas cahaya. Sensor LDR digunakan pada alat untuk mengukur kualitas cahaya di ruangan dengan nilai lux 300-500 lux dan akan mengirimkan data secara <i>real-time</i> .
3	Casing Alat	Casing alat berguna untuk tempat alat tersebut dan untuk melindungialat dari hal-hal yang dapat merusak dari luar.

Tabel 3. 4 Inventarisasi kebutuhan usulan sistem perangkat keras Sistem Kontrol AC Otomatis

No	Nama Alat	Keterangan
1	Arduino Mega 2560 R3	Mikrokontroler yang digunakan ialah Arduino Mega 2560, karenamemiliki memori yang besar yaitu 256 KB untuk memori flash, 8KB untuk memori RAM serta 4KB untuk memori EEPROM. Arduino Mega digunakan untuk mengontrol alat ini dengan menghubungkan port-port yang ada ke semua sensor.
2	DHT22	Sensor DHT22 merupakan sensor yang berfungsi mengukur temperatur dan kelembaban di suatu ruangan. Sensor DHT22 pada alat berguna untuk mengukur temperatur dan kelembaban pada ruangan, selain itu pembacaan sensor akan menjadi acuan untuk mengontrol AC dengan remot IR.
3	Sensor IR	Sensor IR (<i>Infra Red</i>) adalah sensor yang mengukur dan mendeteksi radiasi inframerah di lingkungan sekitarnya. Sensor IR digunakan pada alat untuk menjadi remot yang dapat

		mengontrol temperatur AC dengan pembacaan nilai pada sensor DHT22 sebagai acuannya.
4	Sensor Ultrasonic	Sensor ultrasonic memiliki fungsi untuk mengubah besaran fisis menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Sensor ultrasonik pada alat digunakan untuk menghitung jumlah orang yang masuk serta keluar ruangan yang nantinya akan menghidupkan serta mematikan daya secara otomatis.
5	Relay	Relay memiliki fungsi untuk mengalirkan listrik dan sebagai pengendali aliran listrik. Relay pada alat berfungsi untuk pengendali aliran listrik pada sensor ultrasonik supaya saat mendeteksi orang masuk dan keluar lebih akurat.

6	Modul Sensor Daya AC (ACS712)	Sensor ACS712 merupakan sensor yang memiliki fungsi untuk pembacaan arus AC maupun DC. Pada alat sensor ACS712 berguna untuk mengukur dan mendeteksi ada atau tidaknya arus pada ruangan.
7	Casing Alat	Casing alat berguna untuk tempat alat tersebut dan untuk melindungi alat dari hal-hal yang dapat merusak dari luar.

Dikarenakan sistem ini tidak hanya menggunakan sistem perangkat keras, namun juga *web server*, maka dalam usulan perancangan ini, kami juga melakukan usulan sistem tampilan *web server* yang digunakan. *Web server* didesain semenarik mungkin dan berisi informasi dari pembacaan sensor secara *real-time*. *Web server* digunakan agar semua pihak yang ingin mengetahui kondisi suatu ruangan dapat mudah untuk mengaksesnya. Desain *web server* dibuat dengan desain tampilan seperti Gambar 3.4 berikut.



(a)



(b)

Gambar 3. 4. Usulan rancangan User Interface (UI) pada Web Server untuk pengguna AVE. (a) Tampilan UI pada perangkat mobile, (b) Tampilan UI pada perangkat Desktop.

3.1.2. Rencana Anggaran Desain Sistem 1

Tabel 3. 5 Rencana anggaran pengembangan alat AVE

No.	Item/Pengeluaran	Satuan	Harga satuan	Jumlah	Harga Total
1	Arduino Mega 2560	Pcs	Rp. 900.000, -	1	Rp. 900.000, -
2	Sensor DHT22	Pcs	Rp. 25.000, -	1	Rp. 25.000, -
3	Sensor LDR	Pcs	Rp. 10.000, -	1	Rp. 10.000, -
4	Sensor MQ-9	Pcs	Rp. 40.000, -	1	Rp. 40.000, -
5	Ir Led	Pcs	Rp. 500, -	2	Rp. 1.000, -

No.	Item/Pengeluaran	Satuan	Harga satuan	Jumlah	Harga Total
6	TSOP1738	Pcs	Rp. 16.000, -	2	Rp. 32.000, -
7	Sensor Ultrasonic	Pcs	Rp. 18.000, -	2	Rp. 36.000, -
8	Kabel dan Peralatan Solder	Paket	Rp 380.000,-	1	Rp 380.000,-
9	3D Printing Casing	Pcs	Rp 70.000,-	4	Rp 280.000,-
Total Belanja					Rp. 1.704.000, -

3.1.3 Analisis Risiko Desain 1

Pada desain alat 1 terdapat beberapa analisis risiko yang akan terjadi, yaitu sebagai berikut:

A. Risiko Teknik

1. Gagal operasi teknik: Risiko bahwa alat pengontrol tidak berfungsi dengan benar, mengakibatkan ketidakstabilan atau ketidaksesuaian dalam pengaturan kualitas udara, kualitas cahaya, atau suhu AC.
2. Kegagalan pada sensor: Sensor yang digunakan untuk mendeteksi parameter seperti suhu, kualitas udara, atau tingkat cahaya mungkin gagal atau memberikan pembacaan yang tidak akurat.

B. Risiko Keamanan dan Privasi

1. Kehilangan data atau pencurian informasi: Risiko bahwa data yang dikumpulkan oleh alat pengontrol dapat hilang atau diakses oleh pihak yang tidak sah.
2. Ketidakamanan jaringan: Jika alat terhubung ke jaringan, ada risiko keamanan terkait dengan potensi serangan siber atau akses yang tidak sah.

C. Risiko Penyimpanan data

1. Kurangnya tempat untuk menyimpan data yang berasal dari pembacaan sensor.
2. Data akan otomatis hilang apabila sudah memenuhi kapasitas.

3.1.4 Pengukuran Performa

Dalam mengukur performa usulan desain alat 1 ini akan dilakukan beberapa pengujian terhadap parameter-parameter yang telah ditetapkan, yaitu uji error, uji ketahanan, dan uji respon. Parameter-parameter tersebut akan dianalisis secara cermat untuk memastikan ketepatannya dan sejauh mana alat dapat beroperasi sesuai harapan. Berikut penjelasannya secara rinci:

1. Uji Error

Uji error dilakukan untuk menilai akurasi alat dalam membaca dan mengukur data dari masing-masing sensor. Proses pengujian ini mencakup perbandingan hasil pembacaan sensor dengan nilai sebenarnya yang diukur menggunakan alat ukur yang sesuai. Hasil perbandingan tersebut memberikan *feedback* sejauh mana alat dapat menghasilkan data yang akurat.

2. Uji Ketahanan

Uji ketahanan dilakukan untuk mengetahui kemampuan alat dalam beroperasi dan seberapa kuat alat bertahan dalam berbagai kondisi lingkungan yang mungkin dihadapi ketika digunakan. Pengujian ini dilakukan dengan melibatkan variabel seperti kelembaban, suhu, tekanan dan faktor- faktor yang dapat mempengaruhi alat.

3. Uji Respon

Uji respon dilakukan untuk mengukur seberapa cepat alat memberikan tanggapan terhadap perubahan kondisi atau *input* yang diberikan. Pada pengujian ini akan melakukan perubahan disengaja diinduksi pada sensor untuk mengevaluasi sejauh mana alat dapat merespon secara cepat dan tepat.

Dengan menjalankan serangkaian uji ini, pengembang atau pengguna dapat mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang kualitas dan kinerja alat, serta mengidentifikasi area yang perlu perbaikan atau peningkatan untuk meningkatkan fungsionalitas alat tersebut.

3.2 Usulan Solusi 2

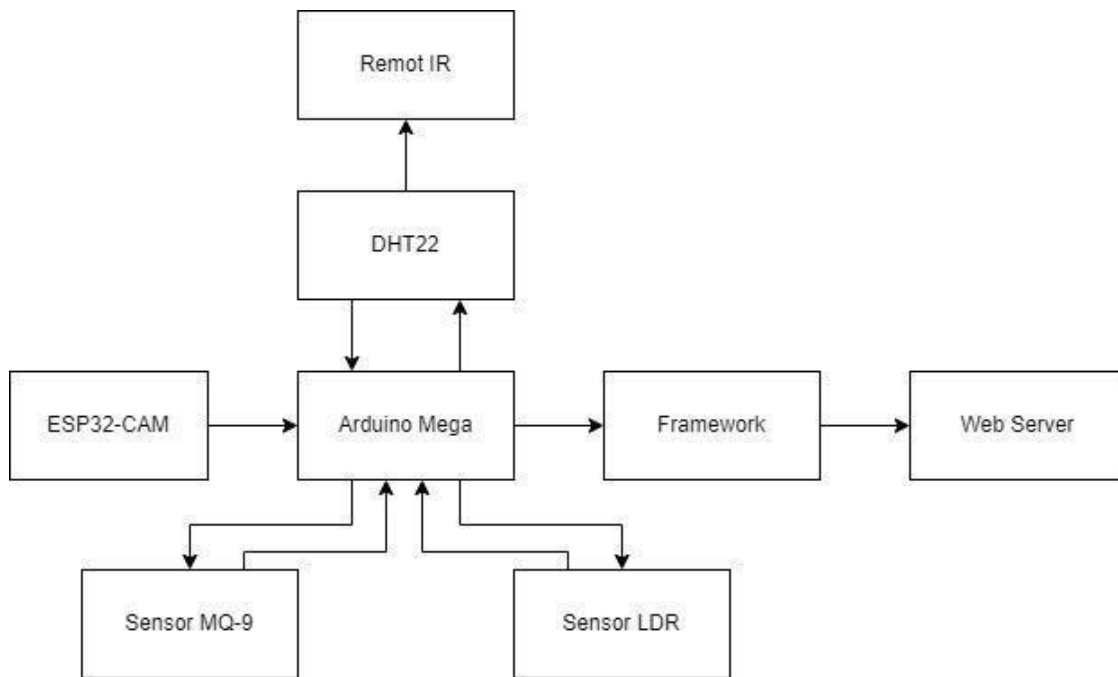
Usulan solusi 2 adalah sistem *Smart Class* yang mampu mengontrol kualitas udara, kualitas cahaya serta temperatur AC dengan desain alat serta komponen yang berbeda dengan usulan solusi 1. Pada usulan solusi 2 memiliki perbedaan pada usulan solusi 1 yaitu terletak pada mendeteksi orang didalam ruangan dan pengontrolan temperatur ruangan serta tempat penyimpanan data yang berasal dari pembacaan sensor, pada usulan solusi 2 ini menggunakan ESP32-CAM sebagai mendeteksi ada atau tidak adanya orang didalam ruangan.

Pada usulan solusi 2 ini mengontrol temperatur AC dengan menggunakan kamera yang berguna untuk mendeteksi orang di dalam ruangan. Alat ini akan mendeteksi orang yang ada di ruangan dengan menggunakan kamera yang terhubung pada mikrokontroler. Alat ini akan mendeteksi orang pada ruangan secara *real-time* yang nantinya data akan dikirimkan ke *web server* dengan menggunakan jaringan wi-fi. Alat ini berfokus pada penghematan daya dengan mengontrol

AC secara otomatis yaitu dapat menghidupkan, mematikan serta mengontrol temperatur AC secara otomatis sesuai dengan ada atau tidak ada nya orang didalam ruangan guna mengurangi pemakaian daya secara berlebihan.

3.2.1 Desain Sistem 2

Desain sistem usulan 2 memiliki perbedaan terhadap usulan solusi 1. Sistem usulan 1 menggunakan sensor ultrasonik untuk data input yaitu untuk menghitung jumlah orang yang masuk atau keluar dari ruangan tersebut, sedangkan desain sistem 2 ini menggunakan kamera pada ESP32-CAM yang nantinya hasil dari pembacaan kamera akan dapat digunakan untuk mengontrol temperatur AC pada ruangan secara otomatis. Dapat dilihat pada gambar 3.5 untuk diagram bloknnya.



Gambar 3. 5 Diagram blok desain sistem 2

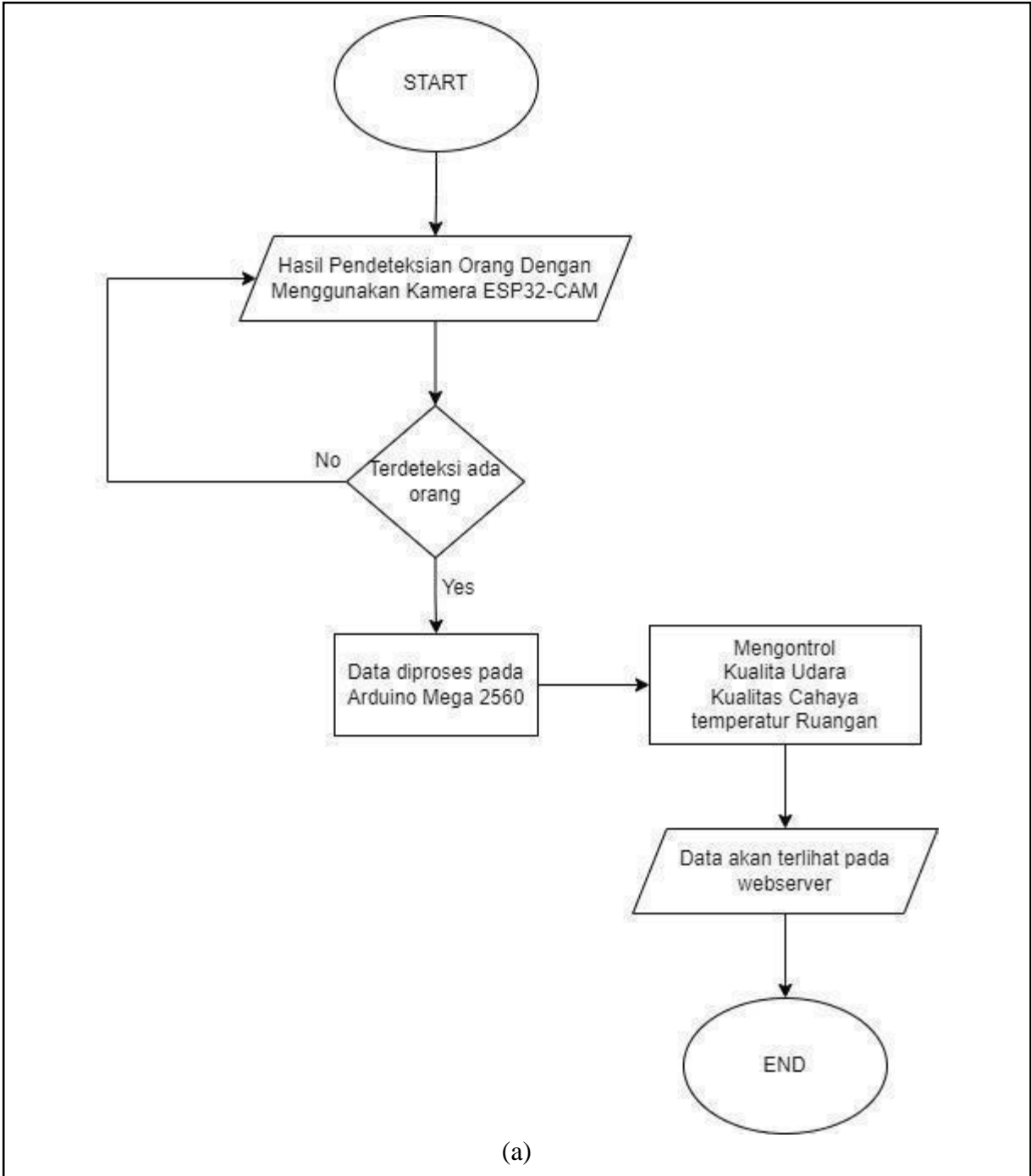
Pada desain sistem 2 ini memiliki fungsi yaitu dapat mengontrol kualitas udara, kualitas cahaya dan mengontrol temperatur AC pada ruangan secara otomatis terhadap ada atau tidak adanya orang yang berada didalam ruangan. Cara kerja dari alat ini yaitu kamera yang dipasang pada atas ruangan akan mendeteksi keberadaan orang di ruangan tersebut. Kemudian hasil dari pembacaan kamera akan diproses pada mikrokontroler Arduino Mega 2560 yang nantinya akan memerintahkan untuk menghidupkan dan mematikan AC secara otomatis dengan menggunakan remot IR, selanjutnya temperatur yang akan menyesuaikan

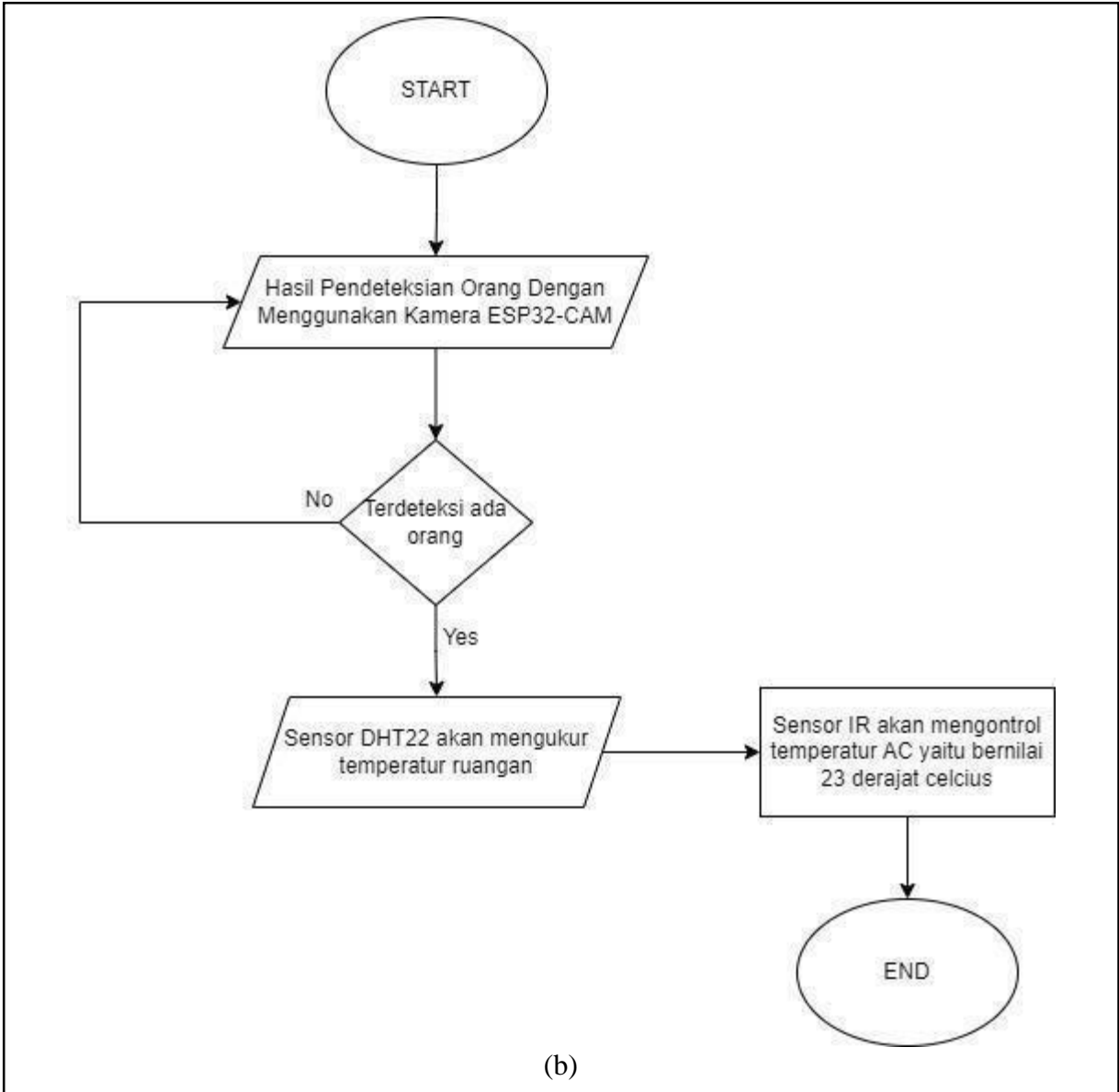
secara otomatis sesuai dengan keberadaan orang didalam ruangan dan temperatur ruangan dengan algoritma sebagai berikut :

1. Apabila orang didalam ruangan terdeteksi ada orang dan temperatur ruangnya diatas 24 derajat maka temperatur AC akan diatur atau ditetapkan pada suhu 22 derajat.
2. Apabila tidak terdeteksi orang didalam ruangan maka AC akan mati secara otomatis.

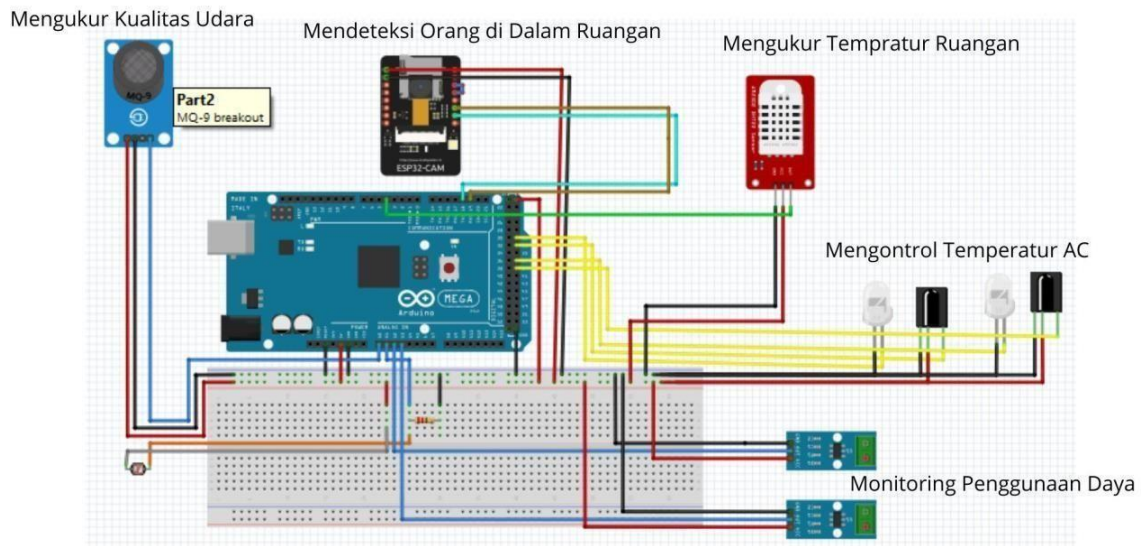
Selanjutnya mikrokontroler akan memerintahkan sensor MQ-9 serta sensor DHT22 untuk mendeteksi kualitas udara dan sensor LDR untuk membaca besarnya intensitas cahaya pada ruangan tersebut. Selanjutnya data atau informasi dari hasil pembacaan sensor MQ-9, DHT22 dan LDR akan ditampilkan pada *web server* secara *real-time*. Kemudian, data-data tersebut akan disimpan di *framework* supaya data-data tersebut dapat diambil kembali untuk keperluan tertentu. Untuk lebih jelasnya dapat melihat Gambar 3.6.

Pada desain sistem 2 mengenai kelistrikan menggunakan beberapa sensor dan kamera yang terhubung pada Arduino Mega 2560. Sensor yang digunakan merupakan sensor MQ-9, sensor DHT22, dan sensor LDR. Pada masing-masing sensor memiliki fungsi masing-masing, pada sensor MQ-9 berfungsi untuk mendeteksi kebocoran gas pada ruangan, selanjutnya sensor DHT22 berfungsi untuk mengukur temperatur ruangan serta kelembaban pada ruangan. Pada kedua sensor tersebut bekerja untuk mengukur kualitas ruangan. Kemudian sensor LDR berguna untuk mengukur besarnya intensitas cahaya pada ruangan. Pada sensor ini bekerja untuk mengukur kualitas cahaya. Kemudian kamera yang memiliki fungsi untuk mengetahui keberadaan orang yang berada di kelas dan untuk mengontrol temperatur AC berdasarkan hasil pembacaan kamera. Masing-masing komponen terhubung pada mikrokontroler Aduino Mega 2560 guna untuk mengontrol semua komponen-komponen tersebut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.6.





Desain Rangkaian Elektronik Usulan 2



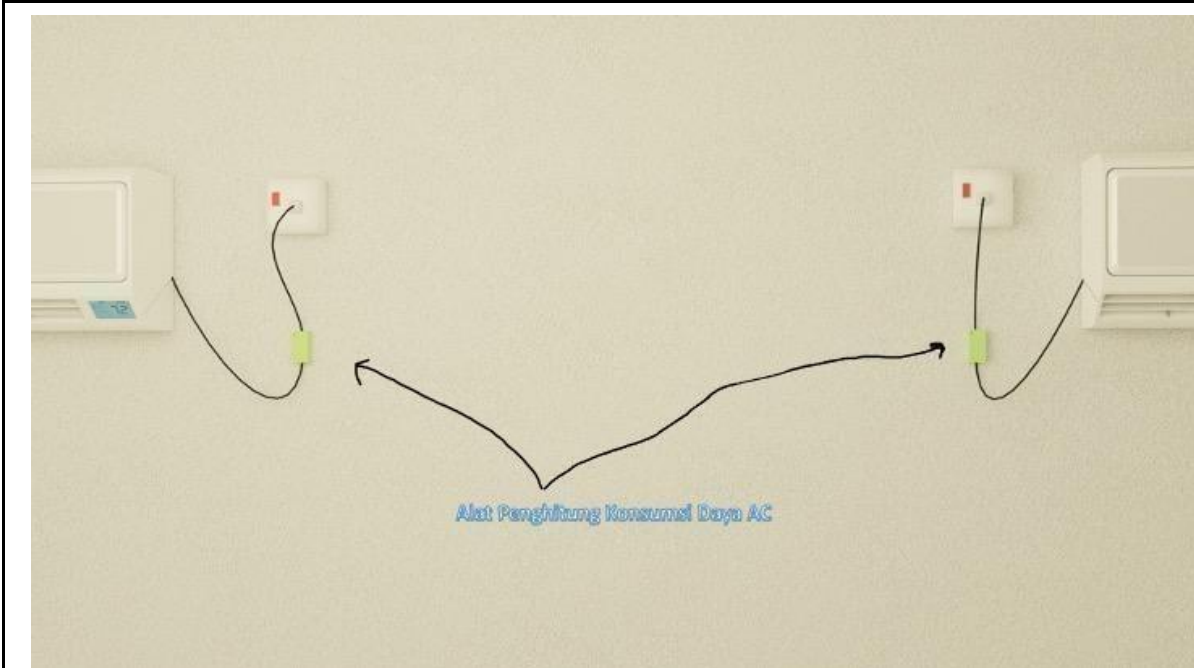
(c)



(d)



(e)



(g)

Gambar 3. 6 Ilustrasi usulan rancangan sistem secara umum. (a) & (b) Proses kerja sistem, (c) desain rangkaian elektronik usulan 2, (d) Penempatan kamera pendeteksi orang, (e) Penempatan sistem controlling AC, (f) & (g) Penempatan sensor konsumsi daya lampu dan AC

Pada desain sistem 2 memerlukan inventaris kebutuhan sistem perangkat keras. Inventaris kebutuhan sistem diperlukan untuk memenuhi usulan solusi 2. Tabel 3.6, Tabel

3.7 dan Tabel 3.8 memperlihatkan kebutuhan sistem sesuai usulan dan spesifikasi yang dibutuhkan.

Tabel 3. 6 Inventarisasi kebutuhan usulan sistem perangkat keras Sistem Kualitas Udara

No	Nama Alat	Keterangan
1	Arduino Mega 2560 R3	Mikrokontroler yang digunakan ialah Arduino Mega 2560, karena memiliki memori yang besar yaitu 256 KB untuk memori flash, 8KB untuk memori RAM serta 4KB untuk memori EEPROM. Arduino Mega digunakan untuk mengontrol alat ini dengan menghubungkan port-port yang ada ke semua sensor.
2	MQ 9	Sensor MQ-9 merupakan sensor untuk mendeteksi kebocoran gas di suatu ruangan. Sensor MQ-9 digunakan pada alat ini untuk mendeteksi kualitas udara pada ruangan dengan cara mendeteksi gas CO pada ruangan dan akan mengirimkan data secara <i>real-time</i> .
3	Casing Alat	Casing alat berguna untuk tempat alat tersebut dan untuk melindungi alat dari hal-hal yang dapat merusak dari luar.

Tabel 3. 7 Inventarisasi kebutuhan usulan sistem perangkat keras Sistem Kualitas Cahaya

No	Nama Alat	Keterangan
1	Arduino Mega 2560 R3	Mikrokontroler yang digunakan ialah Arduino Mega 2560, karena memiliki memori yang besar yaitu 256 KB untuk memori flash, 8KB untuk memori RAM serta 4KB untuk memori EEPROM. Arduino Mega digunakan untuk mengontrol alat ini dengan menghubungkan port-port yang ada ke semua sensor.
2	LDR	Sensor LDR (<i>Light Dependent Resistor</i>) merupakan sensor untuk mengukur intensitas cahaya. Sensor LDR digunakan pada alat untuk mengukur kualitas cahaya di ruangan dengan nilai lux 300-500 lux dan akan mengirimkan data secara <i>real-time</i> .
3	Casing Alat	Casing alat berguna untuk tempat alat tersebut dan untuk melindungi alat dari hal-hal yang dapat merusak dari luar.

Tabel 3. 8 Inventarisasi kebutuhan usulan sistem perangkat keras Sistem Kontrol AC Otomatis

No	Nama Alat	Keterangan
1	Arduino Mega 2560 R3	Mikrokontroler yang digunakan ialah Arduino Mega 2560, karena memiliki memori yang besar yaitu 256 KB untuk memori flash, 8KB untuk memori RAM serta 4KB untuk memori EEPROM. Arduino Mega digunakan untuk mengontrol alat ini dengan menghubungkan port-port yang ada ke semua sensor.
2	DHT 22	Sensor DHT22 merupakan sensor yang berfungsi mengukur temperatur dan kelembaban di suatu ruangan. Sensor DHT22 pada alat berguna untuk mengukur temperatur dan kelembaban pada ruangan, selain itu pembacaan sensor akan menjadi acuan untuk mengontrol AC dengan remot IR.
3	Sensor IR	Sensor IR (<i>Infra Red</i>) adalah sensor yang mengukur dan mendeteksi radiasi inframerah di lingkungan sekitarnya. Sensor IR digunakan pada alat untuk menjadi remot yang dapat mengontrol temperatur AC dengan pembacaan nilai pada sensor DHT22 sebagai acuannya.
4	ESP32-Cam	mikrokontroler yang dilengkapi dengan internal kamera 2MP, kartu microSD dan perlengkapan untuk menggunakan antena eksternal. Modul ESP32-CAM juga dilengkapi dengan dukungan library untuk mengimplementasikan kemampuan face recognition. Semua fitur ini masih memiliki akses ke beberapa pin GPIO, WiFi dan kemampuan Bluetooth. Pada alat ini ESP32-CAM berguna untuk mendeteksi orang di ruangan yang nantinya data atau informasi yang didapat dikirimkan ke mikrokontroler Arduino Mega 2560.
5	Relay	Relay memiliki fungsi untuk mengalirkan listrik dan sebagai pengendali aliran listrik. Relay pada alat berfungsi untuk pengendali aliran listrik pada sensor ultrasonik supaya saat mendeteksi orang masuk dan keluar lebih akurat.
6	Modul Sensor Daya AC (ACS712)	Sensor ACS712 merupakan sensor yang memiliki fungsi untuk pembacaan arus AC maupun DC. Pada alat sensor ACS712 berguna untuk mengukur dan mendeteksi ada atau tidaknya arus pada ruangan.
7	Casing Alat	Casing alat berguna untuk tempat alat tersebut dan untuk melindungi alat dari hal-hal yang dapat merusak dari luar.

Dikarenakan sistem ini tidak hanya menggunakan sistem perangkat keras, namun juga web server, maka dalam usulan perancangan ini, kami juga melakukan usulan sistem tampilan web server yang digunakan. Web server didesain semenarik mungkin dan berisi informasi dari pembacaan sensor secara *real-time*. Web server digunakan agar semua pihak yang ingin mengetahui kondisi suatu ruangan dapat mudah untuk mengaksesnya. Desain web server dibuat dengan desain tampilan seperti Gambar 3.7 berikut.



(a)



(b)

Gambar 3. 7 Usulan rancangan User Interface (UI) pada Web Server untuk pengguna AVE. (a) Tampilan UI pada perangkat mobile, (b) Tampilan UI pada perangkat Desktop.

3.2.2 Rencana Anggaran Desain 2

Tabel 3. 9 Rencana anggaran pengembangan alat AVE

No.	Item/Pengeluaran	Satuan	Harga satuan	Jumlah	Harga Total
1	Arduino Mega 2560 Rev3	Pcs	Rp. 900.000, -	1	Rp. 900.000, -
2	Sensor DHT22	Pcs	Rp. 25.000, -	1	Rp. 25.000, -
3	Sensor LDR	Pcs	Rp. 10.000, -	1	Rp. 10.000, -
4	Sensor MQ-9	Pcs	Rp. 40.000, -	1	Rp. 40.000, -

5	IR Led	Pcs	Rp. 500, -	2	Rp. 1.000, -
6	TSOP1738	Pcs	Rp. 16.000,-	2	Rp. 32.000,-
7	ESP32-Cam	Pcs	Rp. 256.000, -	2	Rp. 256.000, -
8	Kabel dan peralatan solder	Paket	Rp. 380.000, -	1	Rp. 380.000, -
9	3D Printing Casing	Pcs	Rp. 70.000,-	4	Rp. 280.000,-
10	Sewa server		Rp. 850.000,-	1	Rp. 850.000,-
Total Belanja					Rp 2.774.000, -

3.2.3 Analisis Risiko Desain

Pada desain alat 2 terdapat beberapa analisis risiko yang akan terjadi, yaitu sebagai berikut:

A. Risiko Teknik

1. Gagal operasi teknik : Risiko bahwa alat pengontrol tidak berfungsi dengan benar, mengakibatkan ketidakstabilan atau ketidaksesuaian dalam pengaturan kualitas udara, kualitas cahaya, atau suhu AC.
2. Kegagalan pada pendeteksian orang : ESP32-CAM yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan orang mengalami kegagalan dalam mendeteksi, sehingadata yang dikirim atau diterima user tidak sesuai.
3. Ketidakakuratan pada pendeteksian temperatur, kualitas udara, dan kualitas cahaya : Sensor-sensor yang digunakan untuk mendeteksi temperatur, kualitas udara, kualitas cahaya pada ruangan mungkin mengalami ketidakakuratan dalam hasil pengukuran atau monitoring.

B. Risiko Keamanan dan Privasi

1. Kehilangan data atau pencurian informasi : Risiko bahwa data yang dikumpulkan oleh alat pengontrol dapat hilang atau diakses oleh pihak yang tidak sah.
2. Ketidakamanan jaringan : Jika alat terhubung ke jaringan, ada risiko keamanan terkait dengan potensi serangan siber atau akses yang tidak sah.

C. Risiko Penyimpanan Data

1. Kemungkinan akan adanya *down* pada *server* dikarenakan jaringan ataupun data yang terlalu banyak.

3.2.4 Pengukuran Performa

Dalam mengukur performa usulan desain alat 1 ini akan dilakukan beberapa pengujian terhadap parameter-parameter yang telah ditetapkan, yaitu uji error, uji ketahanan, dan uji respon. Parameter-parameter tersebut akan dianalisis secara cermat untuk memastikan ketepatannya dan sejauh mana alat dapat beroperasi sesuai harapan. Berikut penjelasan nya secara rinci :

1. Uji Error

Uji error dilakukan untuk menilai akurasi alat dalam membaca dan mengukur data dari masing-masing sensor. Proses pengujian ini mencakup perbandingan hasil pembacaan sensor dengan nilai sebenarnya yang diukur menggunakan alat ukur yang sesuai. Hasil perbandingan tersebut memberikan *feedback* sejauh mana alat dapat menghasilkan data yang akurat.

2. Uji Ketahanan

Uji ketahanan dilakukan untuk mengetahui kemampuan alat dalam beroperasi dan seberapa kuat alat bertahan dalam berbagai kondisi lingkungan yang mungkin dihadapi ketika digunakan. Pengujian ini dilakukan dengan melibatkan variabel seperti kelembaban, suhu, tekanan dan faktor- faktor yang dapat mempengaruhi alat.

3. Uji Respon

Uji respon dilakukan untuk mengukur seberapa cepat alat memberikan tanggapan terhadap perubahan kondisi atau *input* yang diberikan. Pada pengujian ini akan melakukan perubahan disengaja diinduksi pada sensor untuk mengevaluasi sejauh mana alat dapat merespon secara cepat dan tepat.

Dengan menjalankan serangkaian uji ini, pengembang atau pengguna dapat mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang kualitas dan kinerja alat, serta mengidentifikasi area yang perlu perbaikan atau peningkatan untuk meningkatkan fungsionalitas alat tersebut.

3.3 Usulan Solusi 3

Berdasarkan masalah yang ada di bab 1, maka didapatkan usulan ketiga yaitu sebuah sistem *Smart Class* dengan fokus pada monitoring temperatur ruangan, kualitas udara, kelembaban dan intensitas cahaya. Selain itu juga terdapat fitur monitoring total daya pada ruangan kelas yang dapat dilakukan monitoring secara *real-time* menggunakan web dan juga sistem kontrol pada temperatur dan mati nyala AC (*Air Conditioner*). Data-data yang didapatkan akan tersimpan didalam memori SD card yang dapat diakses oleh user. Perbedaan usulan solusi 3 ini dari usulan solusi 1 dan 2 adalah penggunaan komponen dan algoritmanya untuk mengontrol AC. Pada usulan solusi 3 ini menggunakan modul sensor IR sebagai pendeteksi jumlah orang didalam ruangan. Sedangkan algoritma untuk set temperatur AC berubah berdasarkan jumlah orang yang ada di dalam ruangan dengan sensor DHT22 sebagai parameter awal. Lalu untuk mencapai tujuan penghematan daya, temperatur pada AC akan diubah secara bertahap untuk mencapai temperatur yang diinginkan apabila gap nya terlalu jauh antara temperatur ruangan yang diinginkan dengan temperatur *real-time* pada DHT22. Selain itu, pada usulan 3 ini juga digunakan modul RTC dan SD card yang berperan sebagai database dari sistem ini.

3.2.1 Desain Sistem 3

Desain sistem yang ke-3 ini menggunakan Arduino Mega 2560 R3 sebagai mikrokontroler utama yang ditunjang dengan sensor-sensor yang akan digunakan yaitu modul IR, MQ-7, DHT22 dan sensor PIR. Sistem keseluruhan terdiri dari beberapa subsistem, pertama adalah subsistem monitoring *environment* (temperatur, kelembaban, kadar CO pada udara dan intensitas cahaya) yang terdiri dari sensor DHT22, MQ-7 dan sensor PIR. Hasil pembacaan dari subsistem *environment* akan dikirim ke *web server* agar bisa dilakukan monitoring.

Selanjutnya adalah subsistem pendeteksian jumlah orang yang ada di dalam ruangan dengan menggunakan Modul sensor IR yang diletakan di sisi luar dan dalam untuk mendeteksi orang masuk dan keluar yang datanya akan dikirim ke *web server* juga. Lalu ada subsistem *controlling* untuk AC (*Air Conditioner*) yang dilakukan dengan menggunakan modul IR untuk menghidupkan, mematikan, menaikkan dan menurunkan temperatur pada AC.

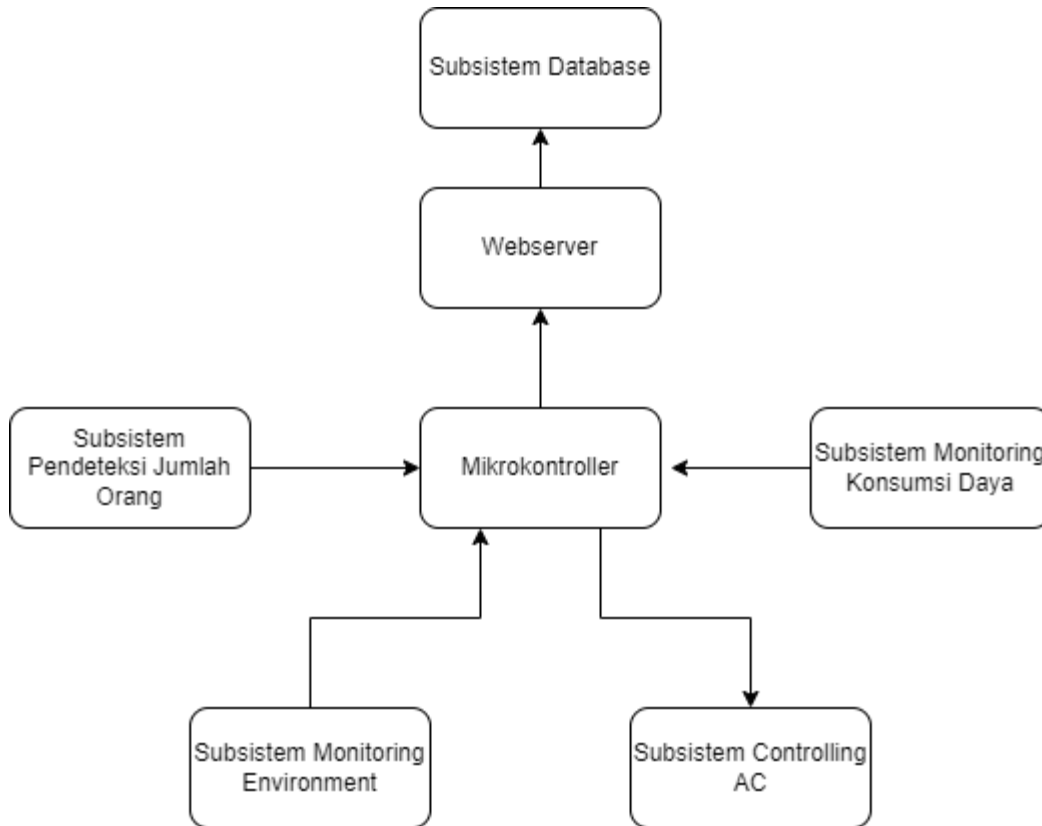
Temperatur pada AC akan diturunkan apabila temperatur yang terbaca pada DHT22

dias 25 derajat celcius dan akan ditingkatkan apabila dibawah 24. Jumlah orang didalam ruangan juga berpengaruh pada algoritma AC untuk menghidupkan dan mematikan, selain itu juga jumlah orang didalam ruangan mempengaruhi algoritma penurunan dan peningkatan temperatur pada AC sebagaimana pada penjelasan berikut.

1. AC akan menyala otomatis apabila terdeteksi ada 5 orang atau lebih pada subsistem pendeteksian jumlah orang di dalam ruangan, selanjutnya AC akan mati otomatis apabila di dalam ruangan sudah kosong (jumlah orang adalah nol di dalam ruangan).
2. Temperatur pada AC akan diturunkan apabila terbaca temperatur pada DHT22 diatas atau sama dengan 25 derajat celcius dengan ketentuan:
 - Apabila temperatur pada DHT22 terdeteksi sebesar 27°C sampai 31°C dengan jumlah orang didalam ruangan 15 orang sampai 32 orang, maka temperatur akan diturunkan sampai pada DHT22 terdeteksi 24°C dengan menurunkan temperatur pada AC secara bertahap dengan selisih 3°C penurunan sampai temperatur di DHT22 terbaca 25°C.
 - Apabila dengan kondisi temperatur yang sama dan terdeteksi orang didalam ruangan sebanyak 15 orang atau kebawah, maka suhu AC langsung diturunkan ke 24°C. Selanjutnya apabila temperatur pada DHT22 terdeteksi 25°C sampai 26°C maka temperatur pada AC langsung di set ke 24°C.
3. Temperatur pada AC akan ditingkatkan apabila temperatur pada DHT22 terdeteksi dibawah atau sama dengan 23°C dengan ketentuan apabila temperatur tersebut pada DHT22 bertahan selama 5 menit maka temperatur pada AC akan dinaikan 1°C secara bertahap setiap 15 menit sampai temperatur pada DHT22 terdeteksi 24°C.

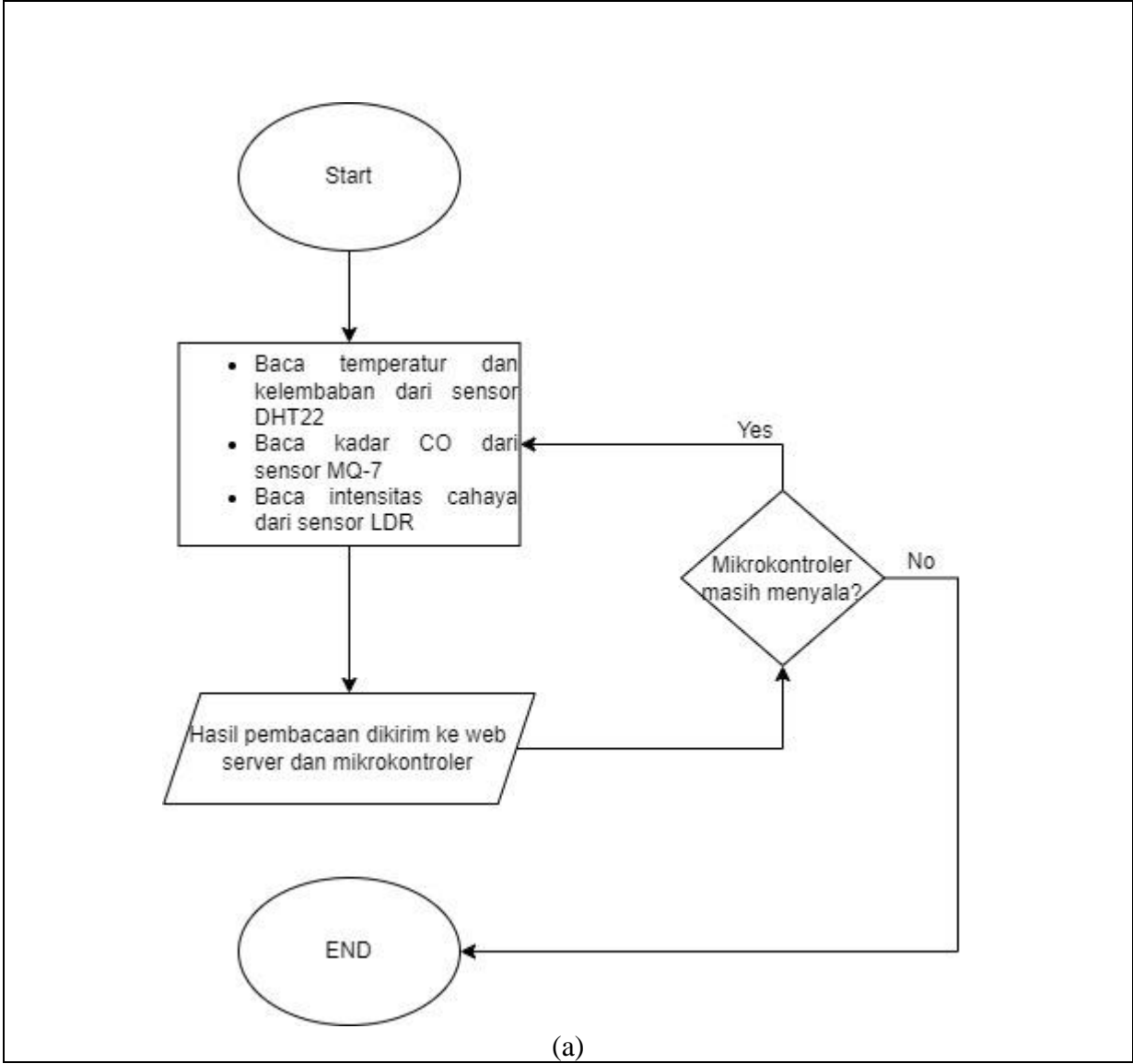
Selanjutnya ada subsistem database yang terdiri dari RTC DS1307, Modul Micro SD card dan Micro SD Card. RTC digunakan sebagai pengatur waktu yang akan disimpan kedalam Micro SD card seperti detik, menit, jam dan tanggal. Modul Micro SD Card digunakan sebagai socket penghubung antara Micro SD Card dengan Mikrokontroler.

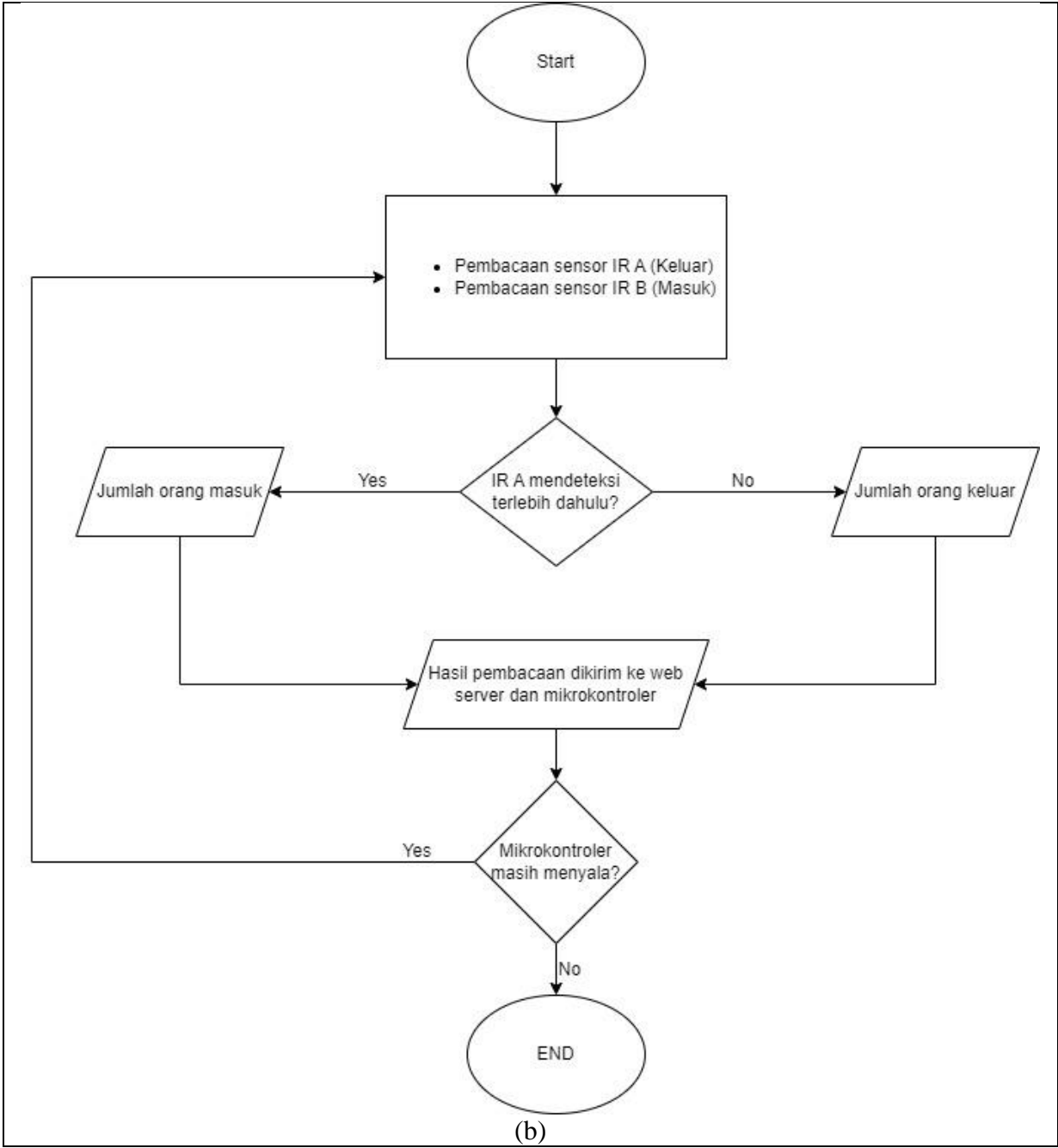
Terakhir adalah subsistem pengukuran dan monitoring daya yang digunakan di dalam kelas. Subsistem ini bekerja dengan menggunakan modul sensor daya ACS712 yang dihubungkan ke AC dan jaringan penerangan kelas. Data yang didapatkan akan dikirimkan ke Mikrokontroler untuk diupload ke jaringan *web server*.

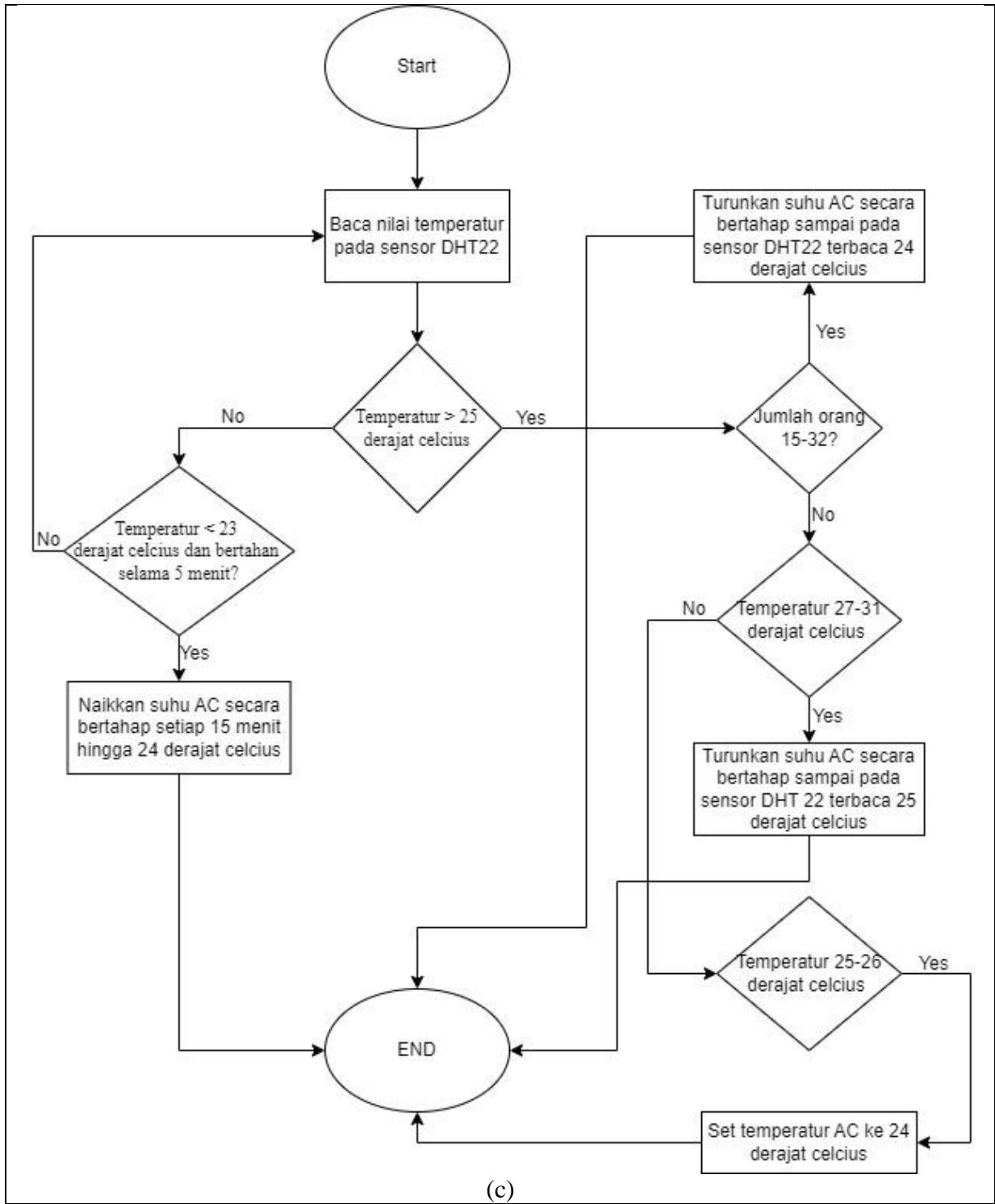


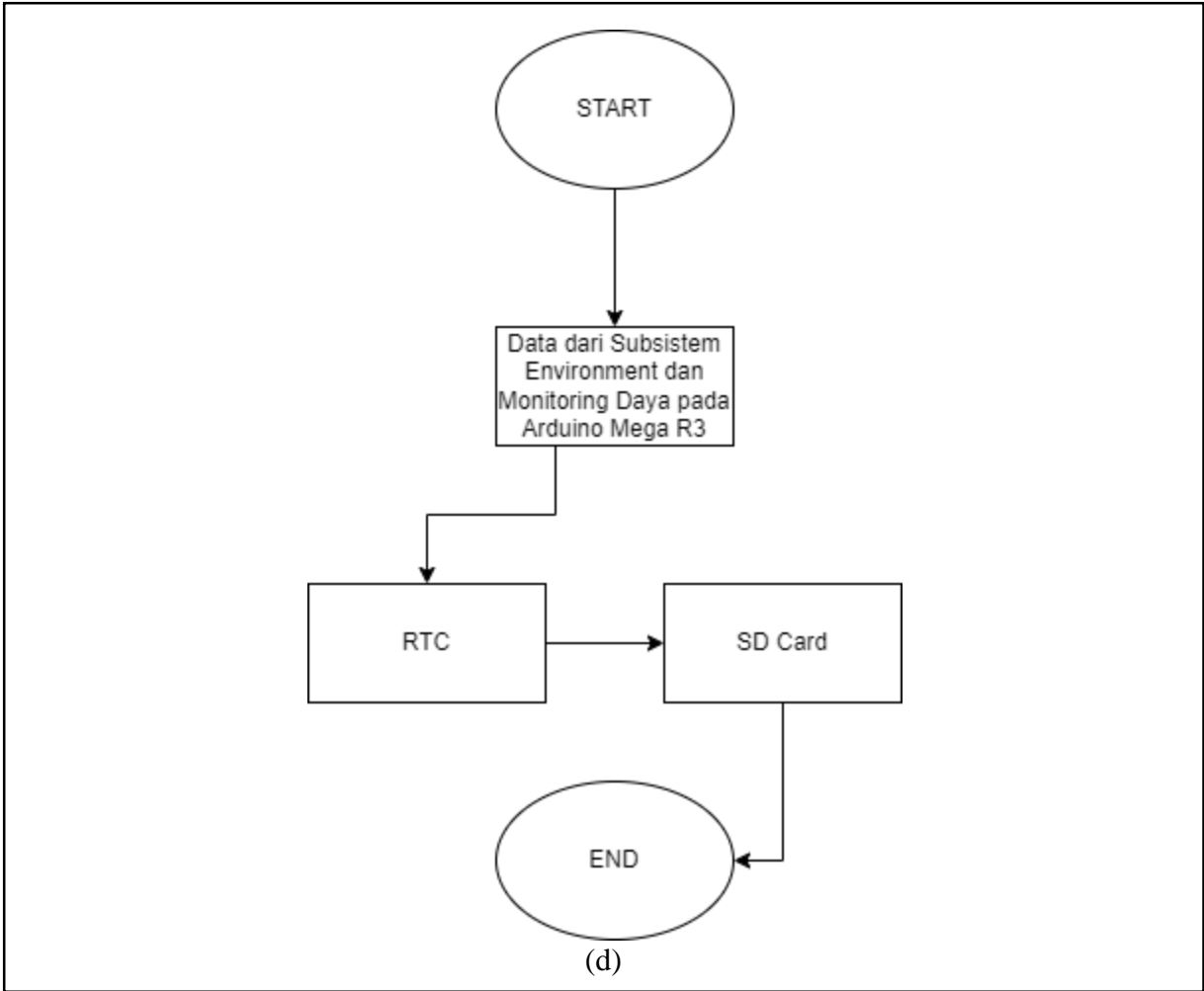
Gambar 3. 8 Diagram Blok Sistem Usulan 3

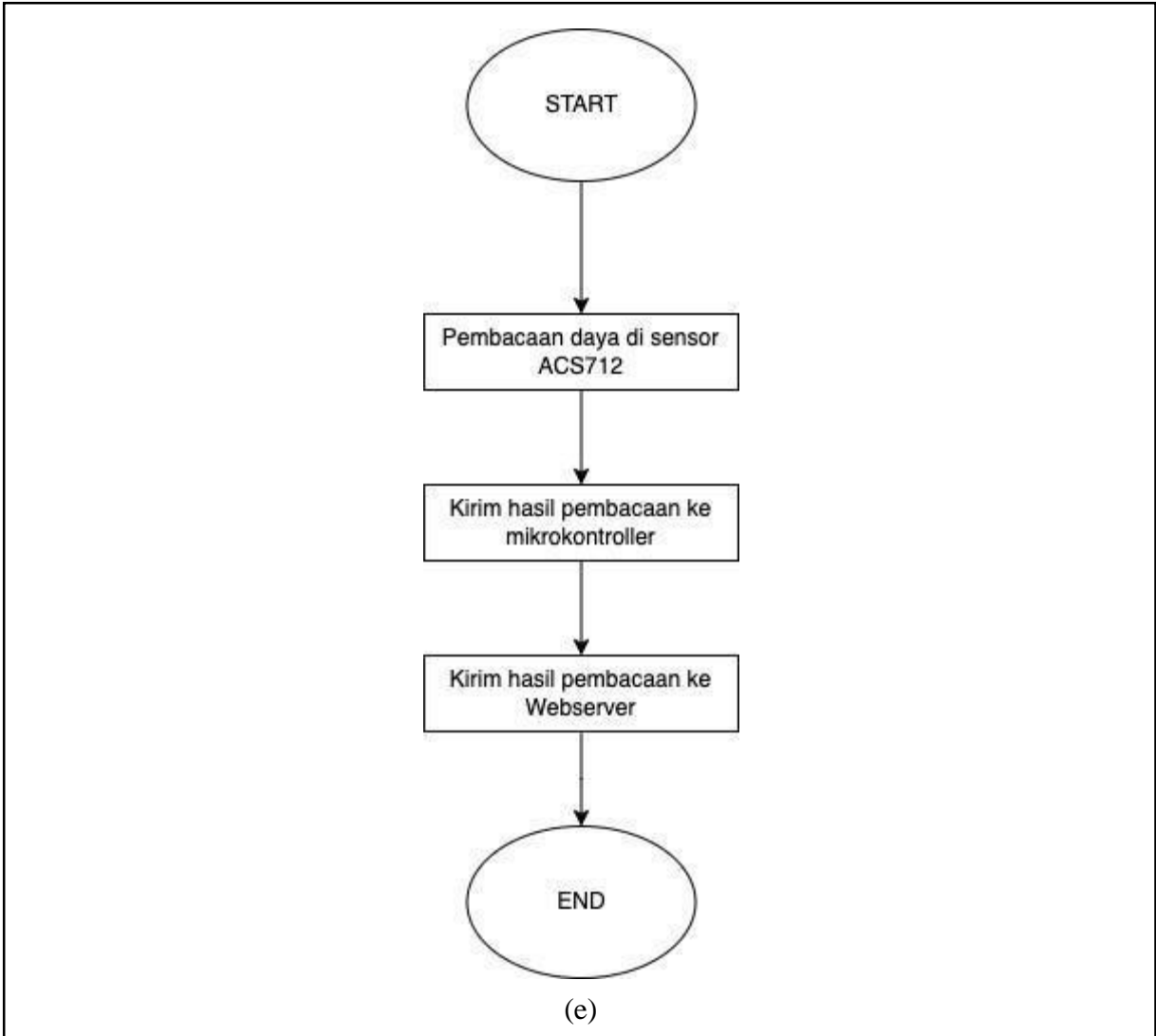
Pada Gambar 3.8 merupakan gambar diagram blok dari sistem untuk usulan ketiga ini yaitu semua data dari sensor-sensor akan dikumpulkan dan diproses oleh Mikrokontroller. Hasil dari pemrosesan akan menghasilkan output yang berupa data *real-time* pada *web server* dan juga kontrol pada AC agar dapat mencapai penghematan daya. Data-data yang didapat (temperatur, kelembaban, intensitas cahaya, kadar CO dan Konsumsi Daya) akan dikirimkan juga ke dalam subsistem database. Untuk rincian desain sistemnya dapat dilihat pada Gambar 3.9 berikut.

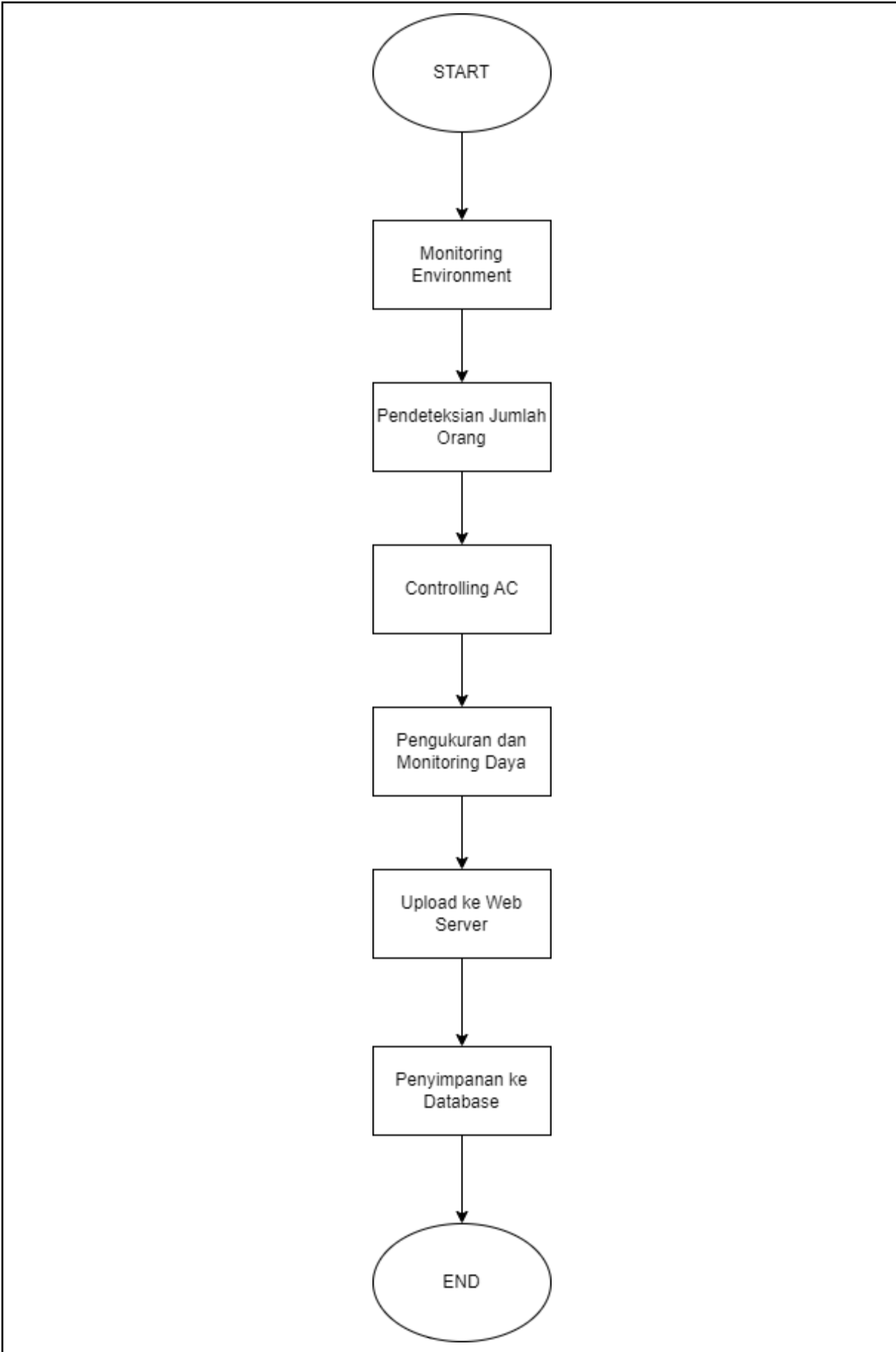






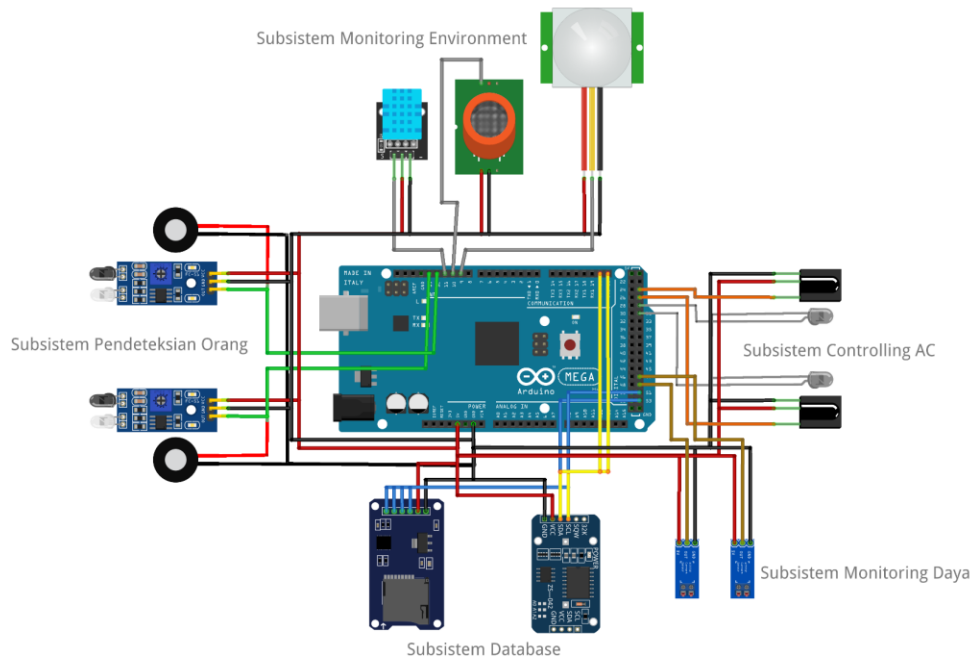






(f)

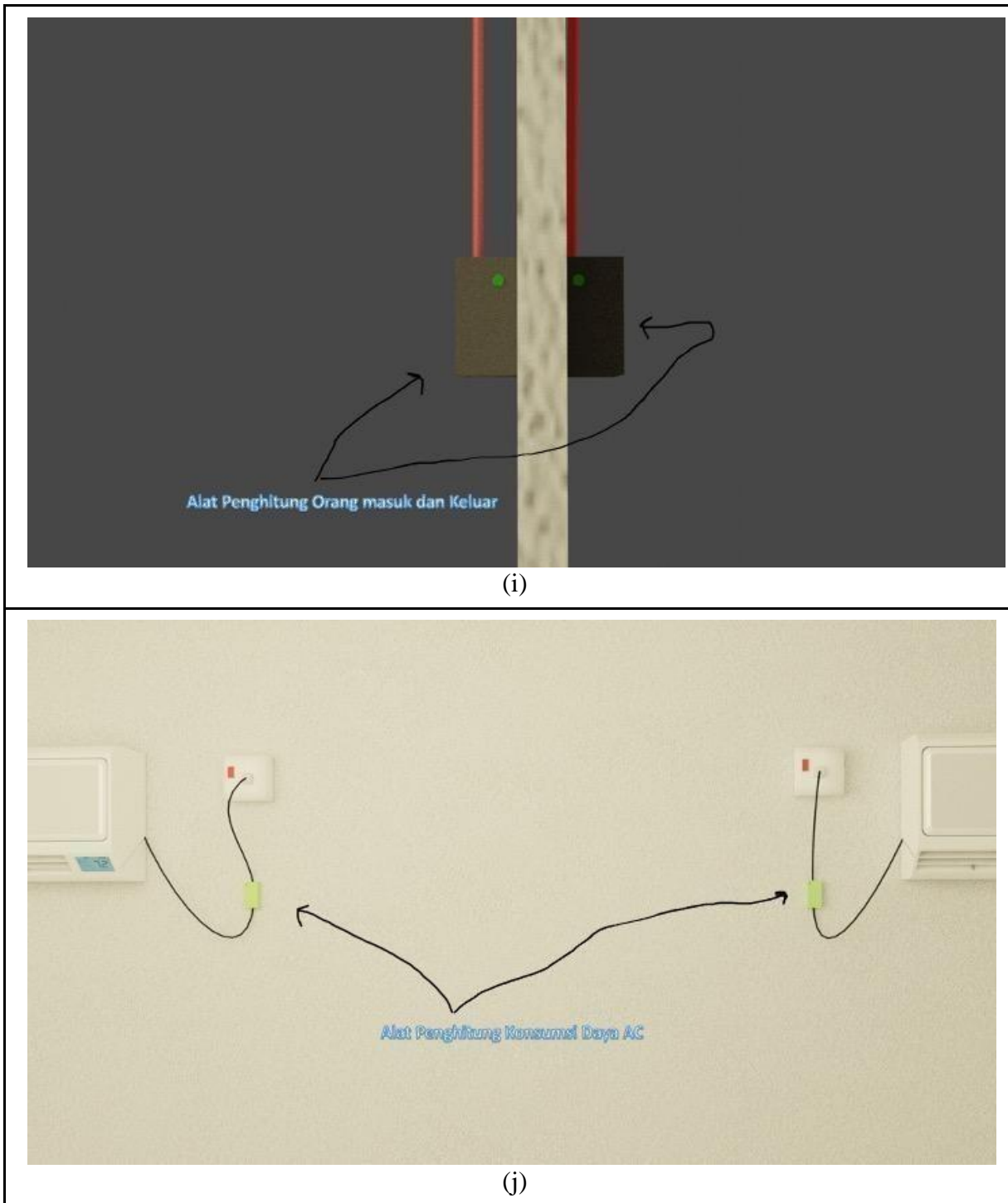
Desain Rangkaian Elektronik Usulan 3



(g)



(h)



Gambar 3. 9 Ilustrasi usulan rancangan sistem secara umum.

Pada desain sistem 3 memerlukan inventaris kebutuhan sistem perangkat keras. Inventaris kebutuhan sistem diperlukan untuk memenuhi usulan solusi 3. Tabel 3.10, Tabel 3.11, Tabel 3.12, Tabel 3.13 dan Tabel 3.14 memperlihatkan kebutuhan sistem sesuai usulan dan spesifikasi yang dibutuhkan.

Tabel 3. 10 Inventarisasi kebutuhan usulan 3 (inventaris utama)

No	Nama Alat	Keterangan
1	Arduino Mega 2560 R3	Mikrokontroler yang digunakan ialah Arduino Mega 2560, karena memiliki memori yang besar yaitu 256 KB untuk memori flash, 8KB untuk memori RAM serta 4KB untuk memori EEPROM. Arduino Mega digunakan untuk mengontrol alat ini dengan menghubungkan port-port yang ada ke semua sensor.
2	Casing Alat	Casing alat berguna untuk tempat alat tersebut dan untuk melindungi alat dari hal-hal yang dapat merusak dari luar.

Tabel 3. 11 Inventarisasi kebutuhan usulan 3 (subsistem monitoring environment)

No	Nama Alat	Keterangan
1	LDR	Sensor LDR (<i>Light Dependent Resistor</i>) merupakan sensor untuk mengukur intensitas cahaya. Sensor LDR digunakan pada alat untuk mengukur kualitas cahaya di ruangan dengan nilai lux 300-500 lux dan akan mengirimkan data secara <i>real-time</i> .
2	DHT22	Sensor DHT22 merupakan sensor yang berfungsi mengukur temperatur dan kelembaban di suatu ruangan. Sensor DHT22 pada alat berguna untuk mengukur temperatur dan kelembaban pada ruangan, selain itu pembacaan sensor akan menjadi acuan untuk mengontrol AC dengan remot IR.
3	MQ 9	Sensor MQ-9 merupakan sensor untuk mendeteksi kebocoran gas di suatu ruangan. Sensor MQ-9 digunakan pada alat ini untuk mendeteksi kualitas udara pada ruangan dengan cara mendeteksi gas CO pada ruangan dan akan mengirimkan data secara <i>real-time</i> .

Tabel 3. 12 Inventarisasi kebutuhan usulan 3 (subsistem pendeteksian jumlah orang)

No	Nama Alat	Keterangan
1	Sensor IR	Sensor IR (<i>Infra Red</i>) adalah sensor yang mengukur dan mendeteksi radiasi inframerah di lingkungan sekitarnya. Sensor IR digunakan pada alat untuk menjadi remot yang dapat mengontrol temperatur AC dengan pembacaan nilai pada sensor DHT22 sebagai acuannya dan juga sebagai pendeteksian apabila ada orang yang masuk ataupun keluar.

Tabel 3. 13 Inventarisasi kebutuhan usulan 3 (subsistem controlling AC)

No	Nama Alat	Keterangan
1	Sensor IR	Sensor IR (<i>Infra Red</i>) adalah sensor yang mengukur dan mendeteksi radiasi inframerah di lingkungan sekitarnya. Sensor IR digunakan pada alat untuk menjadi remot yang dapat mengontrol temperatur AC dengan pembacaan nilai pada sensor DHT22 sebagai acuannya dan juga sebagai pendeteksian apabila ada orang yang masuk ataupun keluar.
2	TSOP1738	TSOP1738 adalah suatu sensor inframerah (IR) yang umumnya digunakan sebagai penerima sinyal remote control pada perangkat elektronik seperti TV, AC, atau peralatan elektronik lainnya. Komponen ini memiliki kemampuan untuk mendeteksi sinyal inframerah yang dikirimkan oleh remote control dan mengubahnya menjadi sinyal listrik yang dapat diinterpretasikan oleh mikrokontroler atau IC pengolah sinyal.

Tabel 3. 14 Inventarisasi kebutuhan usulan 3 (subsistem monitoring konsumsi daya)

No	Nama Alat	Keterangan
1	Modul Sensor DayaAC (ACS712)	Sensor ACS712 merupakan sensor yang memiliki fungsi untuk pembacaan arus AC maupun DC. Pada alat sensor ACS712 berguna untuk mengukur dan mendeteksi ada atau tidaknya arus pada ruangan.

Tabel 3. 15 Inventarisasi kebutuhan usulan 3 (subsistem database)

No	Nama Alat	Keterangan
1	RTC DS1307	RTC DS1307 merupakan device clock yang suplai daya berasal dari mikrokontroler. Device ini berguna untuk menentukan satuan waktu pada data yang akan disimpan ke SD card.
2	Modul Micro SD Card	Modul Micro SD Card berfungsi sebagai socket/tempat dari micro SDcard yang akan digunakan untuk penyimpanan data Arduino Mega.
3	V-GEN Micro SD Card 64 GB	Micro SD Card berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan data-data yang diinginkan dari hasil pembacaan sensor-sensor yang terpasang pada Arduino Mega 2560.

Dikarenakan sistem ini tidak hanya menggunakan sistem perangkat keras, namun juga *web server*, maka dalam usulan perancangan ini, kami juga melakukan usulan sistem tampilan *web server* yang digunakan. *Web server* didesain semenarik mungkin dan berisi informasi dari pembacaan sensor secara *real-time*. *Web server* digunakan agar semua pihak yang ingin mengetahui kondisi suatu ruangan dapat mudah untuk mengaksesnya. Desain *web server* dibuat dengan desain tampilan seperti gambar 3.2 berikut.



(a)



(b)

Gambar 3. 10 Usulan rancangan User Interface (UI) pada Web Server untuk pengguna AVE. (a) Tampilan UI pada perangkat mobile, (b) Tampilan UI pada perangkat Desktop.

3.2.1 Rencana Anggaran Desain 3

Tabel 3. 16 Rencana anggaran pengembangan sistem AVE

No.	Item/Pengeluaran	Satuan	Harga satuan	Jumlah	Harga Total
1	Arduino Mega 2560 Rev3	Pcs	Rp. 900.000, -	1	Rp. 900.000, -
2	Sensor DHT22	Pcs	Rp. 25.000, -	1	Rp. 25.000, -
3	Sensor LDR	Pcs	Rp. 10.000, -	1	Rp. 10.000, -
4	Sensor MQ-9	Pcs	Rp. 40.000, -	1	Rp. 40.000, -
5	IR Led	Pcs	Rp. 500, -	4	Rp. 2.000, -

6	TSOP1738	Pcs	Rp. 16.000,-	2	Rp. 32.000,-
7	Kabel dan peralatan solder	Paket	Rp. 380.000, -	1	Rp. 380.000, -
8	3D Printing Casing	Pcs	Rp. 70.000,-	4	Rp. 280.000,-
9	RTC DS1307	Pcs	Rp. 7.200,-	1	Rp. 7.200,-
10.	Modul Micro SD Card	Pcs	Rp. 11.000,-	1	Rp. 11.000,-
11	V-GEN Micro SD Card 64 GB	Pcs	Rp. 99.800,-	1	Rp. 99.800,-
Total Belanja					Rp. 1.787.000, -

3.2.1 Analisis Risiko Desain

Pada desain alat usulan 3 ini terdapat beberapa analisis risiko yang kemungkinan akan terjadi, yaitu sebagai berikut :

A. Risiko Teknik

1. Gagal operasi teknik : Risiko bahwa alat pengontrol tidak berfungsi dengan benar, mengakibatkan ketidakstabilan atau ketidaksesuaian dalam pengaturan kualitas udara, kualitas cahaya, atau suhu AC.
2. Kegagalan pada sensor : Sensor yang digunakan untuk mendeteksi parameter seperti suhu, kualitas udara, atau tingkat cahaya mungkin gagal atau memberikan pembacaan yang tidak akurat. Selain itu ada kemungkinan sensor IR tidak sengaja mendeteksi keberadaan orang yang lewat padahal tidak masuk/keluar ruangan kelas.

B. Risiko Keamanan dan Privasi

1. Kehilangan data atau pencurian informasi : Risiko bahwa data yang dikumpulkan oleh alat pengontrol dapat hilang atau diakses oleh pihak yang tidak sah.
2. Ketidakamanan jaringan : Jika alat terhubung ke jaringan, ada risiko keamanan terkait dengan potensi serangan siber atau akses yang tidak sah.

B. Pengukuran Performa

Dalam mengukur performa usulan desain alat 1 ini akan dilakukan beberapa pengujian terhadap parameter-parameter yang telah ditetapkan, yaitu uji error, uji ketahanan, dan uji respon. Parameter-parameter tersebut akan dianalisis secara cermat untuk memastikan

ketepatannya dan sejauh mana alat dapat beroperasi sesuai harapan. Berikut penjelasannya secara rinci :

1. Uji Error

Uji error dilakukan untuk menilai akurasi alat dalam membaca dan mengukur data dari masing-masing sensor. Proses pengujian ini mencakup perbandingan hasil pembacaan sensor dengan nilai sebenarnya yang diukur menggunakan alat ukur yang sesuai. Hasil perbandingan tersebut memberikan *feedback* sejauh mana alat dapat menghasilkan data yang akurat.

2. Uji Ketahanan

Uji ketahanan dilakukan untuk mengetahui kemampuan alat dalam beroperasi dan seberapa kuat alat bertahan dalam berbagai kondisi lingkungan yang mungkin dihadapi ketika digunakan. Pengujian ini dilakukan dengan melibatkan variabel seperti kelembaban, suhu, tekanan dan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi alat.

3. Uji Respon

Uji respon dilakukan untuk mengukur seberapa cepat alat memberikan tanggapan terhadap perubahan kondisi atau *input* yang diberikan. Pada pengujian ini akan melakukan perubahan disengaja diinduksi pada sensor untuk mengevaluasi sejauh mana alat dapat merespon secara cepat dan tepat.

Dengan menjalankan serangkaian uji ini, pengembang atau pengguna dapat mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang kualitas dan kinerja alat, serta mengidentifikasi area yang perlu perbaikan atau peningkatan untuk meningkatkan fungsionalitas alat tersebut.

3.3 Analisis dan Penentuan Usulan Solusi/Desain Terbaik

Untuk menentukan usulan terbaik maka akan digunakan metode SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities dan Threats*) dan juga perbandingan biaya dari ketiga usulan. Untuk analisis SWOT dari ketiga usulan dapat dilihat pada tabel 3.16.

Tabel 3. 17 Analisis SWOT dari ketiga usulan

	Strengths	Weaknesses	Opportunities	Threats
Usulan 1	<ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan sensor ultrasonik yang efektif untuk menghitung jumlah orang. - Kontrol AC menggunakan besar temperatur ruangan 	<ul style="list-style-type: none"> - Algoritma pendeteksian jumlah orang kurang efisien. - Pengontrolan temperatur AC mungkin tidak optimal. - Data-data yang telah didapatkan dapat hilang secara otomatis, dikarenakan tidak adanya tempat penyimpanan data yang memadai. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dapat dikembangkan dengan penambahan fitur untuk meningkatkan fungsionalitas. - Dapat ditambahkan sistem penyimpanan data supaya data-data tersebut dapat digunakan kembali sesuai dengan kebutuhan 	<ul style="list-style-type: none"> - Kemungkinan kegagalan operasional teknis dan keamanan data.
Usulan 2	<ul style="list-style-type: none"> - Penggunaan ESP32-CAM untuk mendeteksi keberadaan orang secara real-time. - Kontrol otomatis AC berdasarkan deteksi orang. - Penggunaan server untuk menyimpan data. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kemungkinan kegagalan pada pendeteksian orang oleh ESP32-CAM. - Keterbatasan dalam kontrol AC. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dapat dioptimalkan Dengan pembaruan pada algoritma dan sensor. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kemungkinan kegagalan operasi teknis dan keamanan data.
Usulan 3	<ul style="list-style-type: none"> - Kontrol AC yang disesuaikan berdasarkan jumlah orang dan temperatur. - Pendeteksian menggunakan 	<ul style="list-style-type: none"> - Kompleksitas algoritma untuk pengontrolan AC. - Potensi ketidakakuratan dalam pengukuran sensor IR. 	<ul style="list-style-type: none"> -Pengembangan lebih lanjut Untuk meningkatkan efisiensi dan keakuratan. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gagal operasi teknis dan keamanan data.

	sensor IR yang akurat untuk pendeteksian manusia. - Menggunakan sistem database tertanam			
--	---	--	--	--

Dalam proses menentukan usulan terbaik, perbandingan biaya menjadi kriteria utama untuk evaluasi. Usulan 1 memerlukan biaya sebesar Rp. 1.704.000,-, sementara Usulan 2 memiliki biaya yang lebih tinggi, yakni Rp. 2.774.000,-. Sebaliknya, Usulan 3 menarik perhatian dengan estimasi biaya yang lebih rendah dari usulan kedua, yaitu Rp. 1.787.000,-. Angka-angka ini menjadi landasan awal dalam penilaian karena memberikan gambaran jelas tentang kebutuhan finansial yang terkait dengan masing-masing usulan.

Berdasarkan pertimbangan dengan menggunakan metode SWOT dan juga perbandingan biaya dari masing-masing usulan, maka didapatkan bahwa usulan 3 lebih unggul baik itu pada analisis SWOT dan juga perbandingan biaya. Pada usulan ketiga sistem dari alat lebih baik secara keseluruhan, dimulai dari pendeteksian jumlah orang didalam ruangan, pengontrolan temperatur AC berdasarkan jumlah orang didalam ruangan dan temperatur ruangan, hal tersebut berdampak pada penggunaan daya yang hemat. Selain itu, dari segi ekonomi usulan ketiga lumayan terjangkau dengan biaya dibawah 2 juta rupiah, namun kualitas alat dan kemampuan alat lebih baik. Maka dari kesimpulan yang didapat, ditetapkan usulan 3 sebagai usulan terbaik dan akan diambil untuk dikembangkan lebih lanjut.

3.4 Gantt Chart

Dalam proses perancangan alat *Smart Class* ini untuk memudahkan ketika pengerjaan alat ini, dibutuhkan suatu perencanaan atau manajemen supaya dalam pembagian tugas dan target pencapaian dapat terpenuhi. Perencanaan disini meliputi beberapa tahapan dalam perancangan alat *Smart Class* dan dilaksanakan selama 2 semester (Tugas Akhir 1 dan Tugas Akhir 2) menggunakan *Gantt chart* seperti pada Tabel 3.18 berikut.

Tabel 3. 18 Gantt chart pelaksanaan Capstone Project sistem AVE

No.	Kegiatan/Capaian	2023				2024					
		Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
1	Survei dan identifikasi permasalahan	A,T	A,T								
2	Mencari literatur dan informasi untuk kebutuhan dan spesifikasi sistem		A,T	A,T							
3	Mengumpulkan seluruh ide solusi dan finalisasi usulan perancangan sistem beserta manajemen dan rancangan belanja			A,T	A,T						
4	Pengumpulan proposal Tugas Akhir 1/Capstone Project dan seminar				A,T						
5	Pembelian alat dan bahan					A,T	A,T				
6	Perancangan sistem sesuai						A,T	A,T	A,T	A,T	
7	Testing dan Validasi									A,T	A,T
8	Expo dan pengumpulan laporan akhir										A,T

Ket. : PIC – *Person in Charge* (Pihak yang bertanggung untuk kegiatan tersebut) A : Adhitya, T : Taruna

3.5 Realisasi Pelaksanaan Tugas Akhir 1

Berdasarkan *Gantt Chart* yang telah dibuat, maka perlu direalisasikan supaya mengetahui target-target yang telah dicapai dan yang belum dicapai. Sehingga, perancangan alat *Smart Class* ini dapat diselesaikan tepat waktu. Pada Tabel 3. 19. merupakan aktivitas yang telah dilakukan, berisi hari, durasi pengerjaan, serta aktivitas yang telah dilakukan.

Tabel 3. 19 Realisasi aktivitas pelaksanaan tugas akhir 1

No	Hari, Tanggal, Durasi (jam atau hari)	Aktivitas	Pelaksana
1	Jum'at, 22 September 2023, 2 jam 30 menit	Bimbingan pertama, membahas TA1 dan judul capstone	Adhit, Taruna
2	Rabu, 27 September 2023, 2 jam	Mempelajari UI GreenMetric	Adhit, Taruna
3	Jum'at, 29 September 2023, 1 jam	Bimbingan kedua, membahas identifikasi masalah	Adhit, Taruna
4	Senin, 2 Oktober 2023, 30 menit	Bertemu Dekan FTI UII, membahas identifikasi masalah	Adhit, Taruna
5	Selasa, 3 Oktober 2023, 30 menit	Melakukan survey kelas	Adhit, Taruna
6	Jum'at, 6 Oktober 2023, 3 jam	Mencari paper atau jurnal	Adhit, Taruna
7	Minggu, 8 Oktober 2023, 3 jam	Mencari literatur dan informasi	Adhit, Taruna
8	Rabu, 11 Oktober 2023, 1 jam 30 menit	Melakukan revisi atau perbaikan mengenai penulisan bab 1	Adhit, Taruna
9	Jum'at, 13 Oktober 2023, 20 menit	Melakukan wawancara dengan Aslab Ergonomi	Adhit, Taruna
10	Senin, 20 November 2023, 4 jam	Melakukan desain alat	Adhit, Taruna

11	Selasa, 28 November 2023, 2 jam 30 menit	Melakukan revisi atau perbaikan mengenai desain alat	Adhit, Taruna
----	---	---	---------------

BAB 4. HASIL RANCANGAN DAN METODE PENGUKURAN

4.1 Hasil Rancangan Sistem

Berdasarkan usulan solusi pada bab sebelumnya, pada bab kali ini akan menjelaskan hasil perancangan sebuah Sistem Kontrol Cahaya, Temperatur, dan Kualitas Udara Ruang Kelas (Smart Class) untuk mendukung program UI *GreenMetric*. Sistem ini dirancang untuk menciptakan lingkungan kelas yang optimal, efisien, dan ramah lingkungan demi mendukung pembelajaran yang nyaman dan produktif bagi mahasiswa. Sistem ini mengintegrasikan pengaturan pencahayaan, pengendalian suhu ruangan, serta pemantauan dan pengaturan kualitas udara dalam ruang kelas secara otomatis. Dengan mengimplementasikan sistem ini, FTI UII tidak hanya dapat meningkatkan kenyamanan dan efisiensi penggunaan energi di dalam kelas, tetapi juga berkontribusi pada upaya mewujudkan kampus yang berkelanjutan sesuai dengan prinsip-prinsip UI *GreenMetric*. Penjelasan kali ini akan memaparkan perancangan sistem meliputi rangkaian elektronik, gambar desain tiga dimensi, *software*, dan foto hasil akhir perancangan.

4.1.1 Rangkaian Elektronik

Dalam merancang alat AVE (*Adaptive Environment Energy Manager*), rangkaian elektronik memegang peranan penting. Rangkaian elektronik ini terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terintegrasi untuk menjalankan fungsi-fungsi sistem kontrol secara efektif. Fungsi komponen-komponen tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Fungsi masing-masing komponen

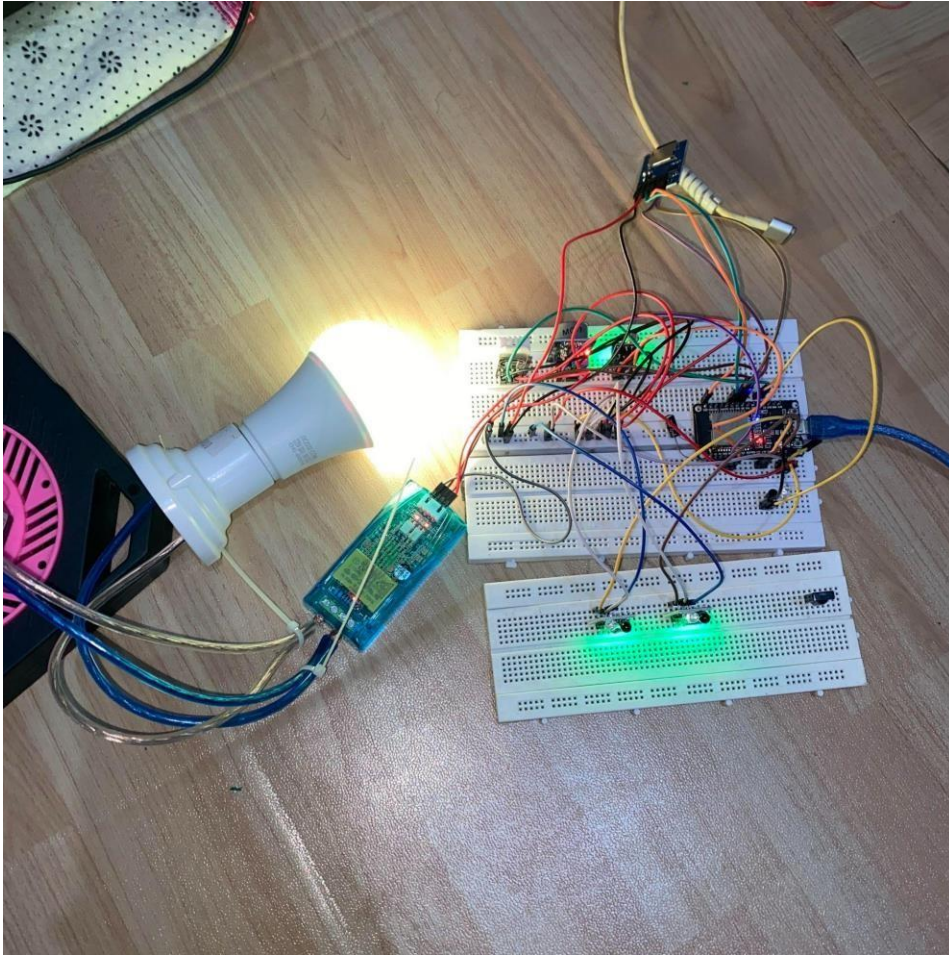
No	Nama Alat	Keterangan
1	ESP32 Devkit V1	ESP32 merupakan sebuah platform papan sirkuit pengembang berukuran kecil yang didalamnya terdapat chip Bluetooth Low Energy (BLE) dan modul Wi-Fi. ESP32 pada

		alat AVE digunakan sebagai mikrokontroler dan akan mengirim data ke web server melalui jaringan internet.
2	Sensor LDR	Sensor LDR (<i>Light Dependent Resistor</i>) merupakan sensor untuk mengukur intensitas cahaya. Sensor LDR digunakan pada alat untuk mengukur kualitas cahaya di ruangan dengan nilai lux 300-500 lux dan akan mengirimkan data secara <i>real-time</i> .
3	Sensor MQ-9	Sensor MQ-9 merupakan sensor untuk mendeteksi kebocoran gas di suatu ruangan. Sensor MQ-9 digunakan pada alat ini untuk mendeteksi kualitas udara pada ruangan dengan cara mendeteksi gas CO pada ruangan dan akan mengirimkan data secara <i>real-time</i> .
4	Sensor DHT 22	Sensor DHT22 merupakan sensor yang berfungsi mengukur temperatur dan kelembaban di suatu ruangan. Sensor DHT22 pada alat berguna untuk mengukur temperatur dan

		kelembaban pada ruangan, selain itu pembacaan sensor akan menjadi acuan untuk mengontrol AC dengan remot IR.
5	Sensor IR	Sensor IR (<i>Infra Red</i>) adalah sensor yang mengukur dan mendeteksi radiasi inframerah di lingkungan sekitarnya. Sensor IR digunakan pada alat untuk menjadi remot yang dapat mengontrol temperatur AC dengan pembacaan nilai pada sensor DHT22 sebagai acuannya dan juga sebagai pendeteksian apabila ada orang yang masuk ataupun keluar.
6	LCD 16x2	LCD 16x2 berfungsi untuk menampilkan IP address.
7	PZEM-004T	Sensor PZEM-004T ialah sensor yang memiliki fungsi untuk pembacaan arus, daya, tegangan, power factor pada listrik AC. Pada alat sensor PZEM-004T berguna untuk mengukur dan memonitoring daya pada AC ruangan.

8	Casing Alat AVE	Casing alat berguna untuk tempat alat tersebut dan untuk melindungi alat dari hal-hal yang dapat merusak dari luar.
9	Modul Micro SD Card	Modul Micro SD Card berfungsi sebagai socket/tempat dari micro SD card yang akan digunakan untuk penyimpanan data ESP32.

Pada tabel XX merupakan penjelasan dari komponen-komponen yang digunakan pada alat AVE. Selanjutnya, komponen-komponen tersebut akan dirangkai yang dapat dilihat pada gambar 4.1.



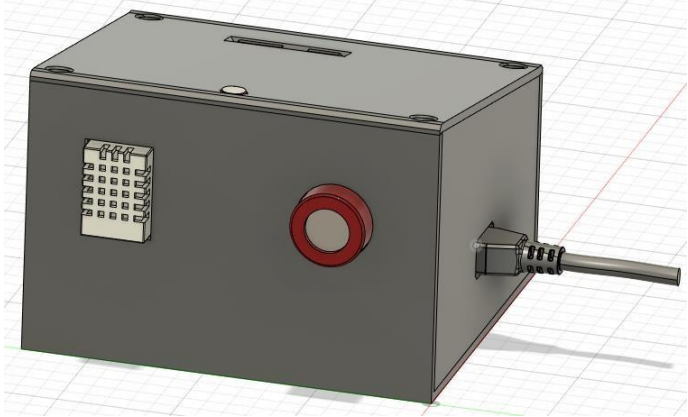
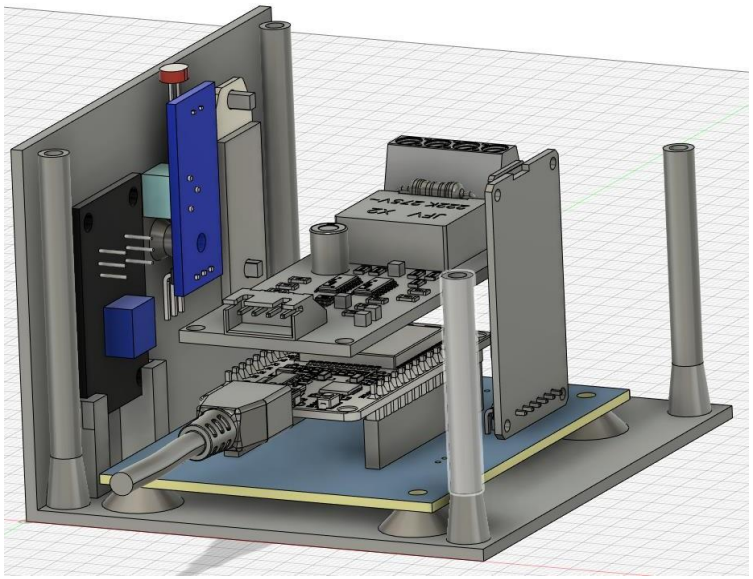
Gambar 4. 1 Rangkaian prototype

Pada gambar 4.1 dapat dilihat rangkaian sementara (*prototype*) yang akan digunakan pada sistem AVE. Rangkaian elektronik ini dirancang untuk bekerja secara terintegrasi dan otomatis, sehingga dapat menciptakan lingkungan kelas yang optimal, efisien, dan ramah lingkungan.

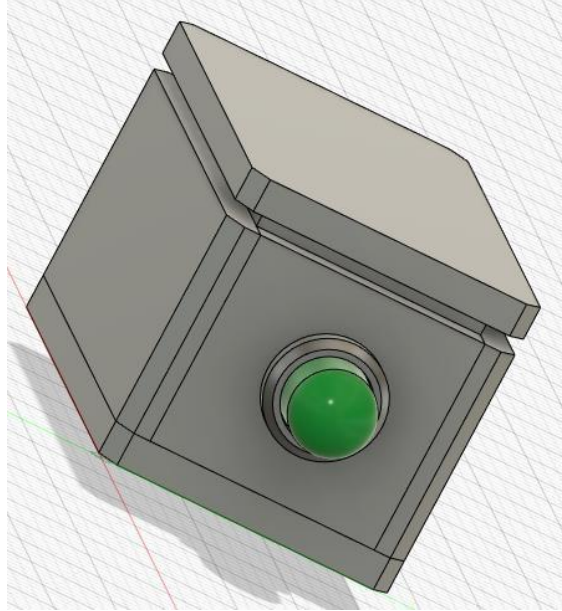
4.1.2 Gambar Desain Tiga Dimensi

Selain rancangan rangkaian elektronik, pengembangan alat AVE (*Adaptive Environment Energy Manager*) juga mencakup pembuatan desain tiga dimensi. Desain 3D ini bertujuan untuk memvisualisasikan wujud fisik dari sistem AVE yang dirancang, sehingga dapat diperoleh gambaran yang jelas mengenai tata letak komponen, dimensi, dan bentuk akhir alat AVE. Proses perancangan desain 3D dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak Fusion 360. Melalui software ini dapat membuat model virtual 3D yang detail dan realistis, serta melakukan berbagai modifikasi dan penyesuaian hingga mencapai desain yang optimal. Agar lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4.2.

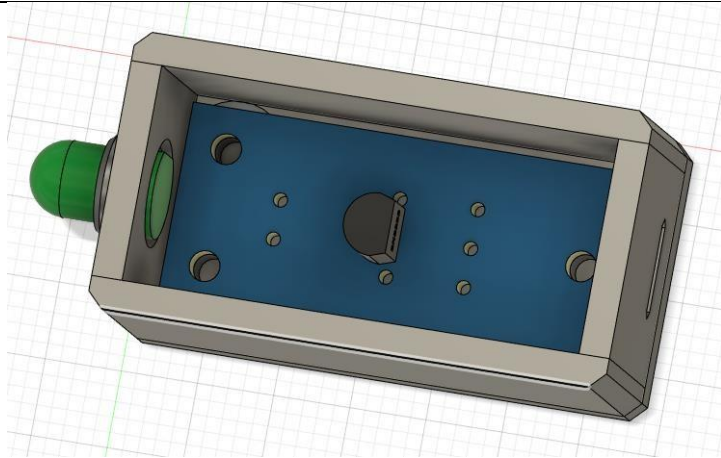
Tabel 4. 2 Keterangan pada desain 3D

Keterangan	Desain 3D
<p>Desain 3D box <i>environment</i> tampak luar. Pada desain ini terdapat tempat untuk sensor DHT22, sensor MQ-7, sensor LDR, modul simcard adapter dan kabel-kabel.</p>	
<p>Desain 3D bagian dalam pada box <i>environment</i>. Pada desain 3D ini memperlihatkan isi dari box <i>environment</i> yaitu terdiri dari PCB, ESP32, sensor PZEM 004T, modul simcard adapter, sensor DHT22, sensor MQ-7, sensor LDR.</p>	

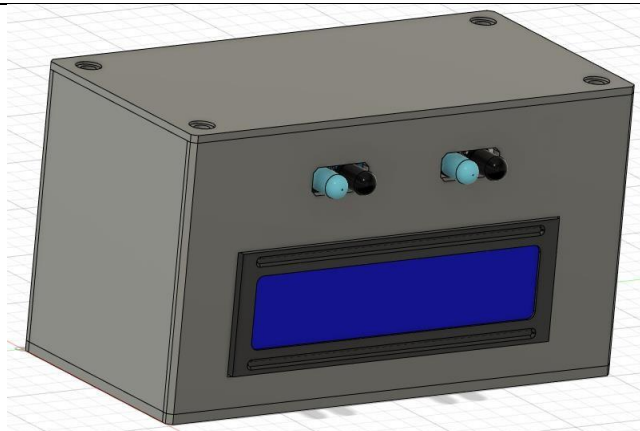
Desain 3D pada box control AC. Desain 3D ini memperlihatkan tampak luar dari box control AC yang terdapat lubang untuk IR LED.



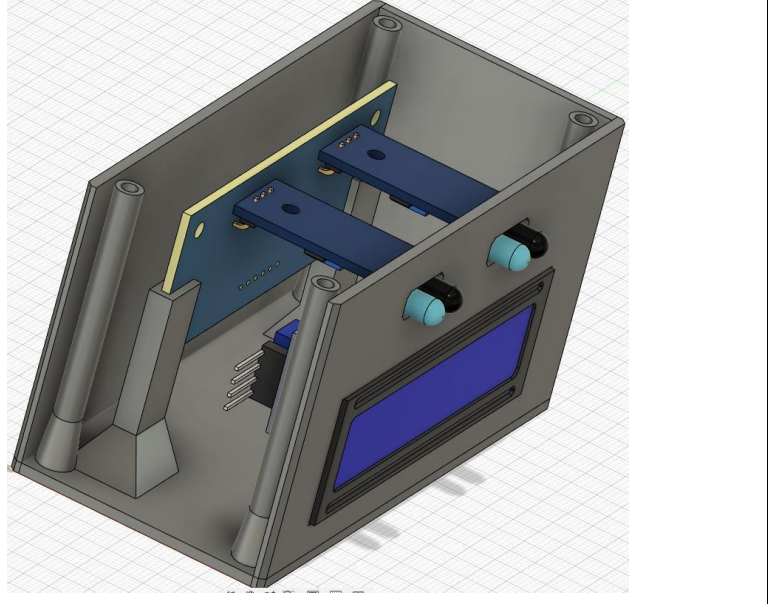
Desain 3D bagian dalam pada box control AC yang memperlihatkan isi pada box control AC yaitu PCB, transistor 2N2222 dan IR LED.



Desain 3D pada box menghitung jumlah orang tampak luar. Pada Desain 3D ini memperlihatkan tempat untuk sensor modul IR dan LCD 16x2.



Desain 3D bagian dalam pada box penghitung jumlah orang. Pada desain 3D ini memperlihatkan isi dari box yaitu terdiri dari PCB, sensor modul IR, dan LCD 16x2.



Gambar desain 3 dimensi ini akan mencakup beberapa tampilan, seperti pandangan atas, pandangan samping, dan potongan memanjang maupun melintang yang dapat dilihat pada tabel 4.2. Hal ini bertujuan untuk memberikan informasi yang komprehensif mengenai wujud fisik alat, termasuk dimensi, tata letak komponen, dan integrasi antar bagian. Dengan demikian, desain 3D ini dapat menjadi panduan yang jelas bagi proses fabrikasi dan perakitan sistem AVE.

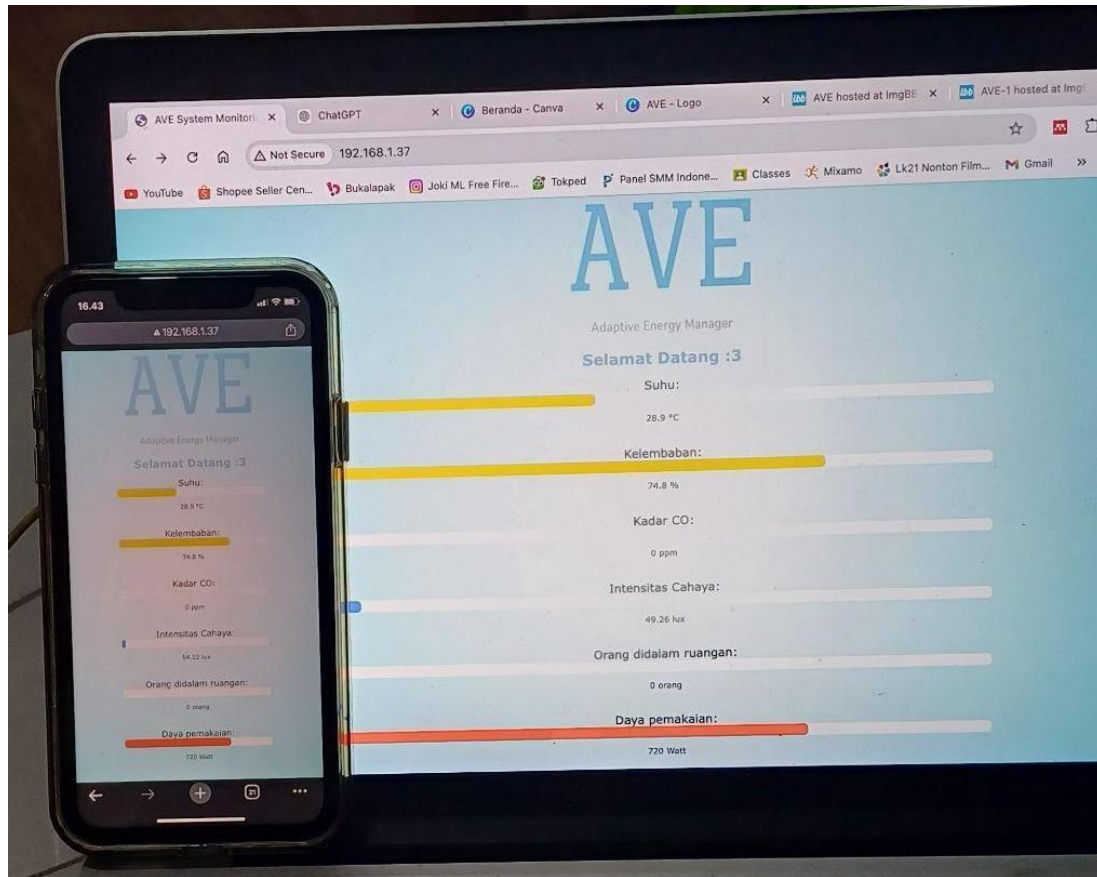
4.1.3 Software

Selain perancangan rangkaian elektronik dan visualisasi desain 3 dimensi, pengembangan alat AVE (Adaptive Environment Energy Manager) juga melibatkan perancangan dan pengembangan perangkat lunak (software) yang akan menjalankan sistem kontrol secara keseluruhan. Perangkat lunak ini merupakan komponen krusial yang menjembatani antara perangkat keras elektronik dengan kebutuhan pengguna dan lingkungan kelas. Perangkat lunak yang dikembangkan mencakup beberapa modul utama, antara lain:

1. Modul Antarmuka Pengguna (User Interface): Menyediakan tampilan visual bagi pengguna untuk memantau status kondisi ruangan pada web server.
2. Modul Akuisisi Data: Bertanggung jawab dalam membaca data sensor, mengumpulkan, dan menyimpan data pengukuran lingkungan kelas.
3. Modul Algoritma Kontrol: Menjalankan logika pengambilan keputusan dalam mengontrol aktuator berdasarkan data sensor dan parameter yang ditetapkan.

4. Modul Komunikasi: Mengelola konektivitas sistem dengan jaringan internet, memungkinkan pemantauan jarak jauh.

Tampilan pada web server dapat dilihat pada gambar 4.2.



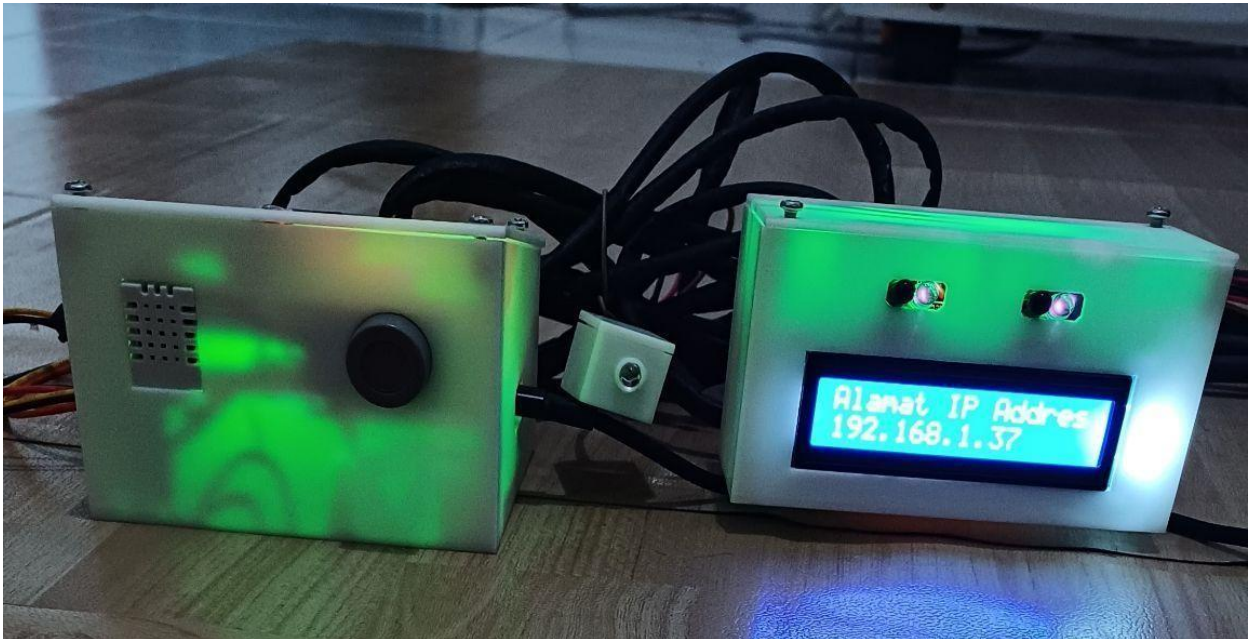
Gambar 4. 2 Tampilan *User Interface*

Pada gambar 4.2 merupakan tampilan visual pada web server yang dapat dilihat oleh pengguna ruangan kelas. Perancangan perangkat lunak ini akan memastikan integrasi yang harmonis antara komponen-komponen elektronik, sehingga sistem kontrol dapat berjalan dengan lancar, adaptif, dan responsif terhadap kondisi lingkungan kelas. Lebih lanjut, modul-modul perangkat lunak ini akan diimplementasikan dengan menggunakan bahasa pemrograman dan teknologi terkini untuk memberikan pengalaman pengguna yang intuitif dan efisien.

4.1.4 Foto Hasil Akhir Perancangan

Setelah melalui proses perancangan elektronik, pembuatan desain 3 dimensi, dan pengembangan perangkat lunak, langkah terakhir dalam pengembangan alat AVE (*Adaptive Environment Energy Manager*) adalah memvisualisasikan hasil akhir dari seluruh proses tersebut.

Pada sub bab ini, akan disajikan foto-foto yang menampilkan wujud fisik dari sistem AVE yang telah dirancang yang dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Hasil Perancangan

Pada gambar 4.3 merupakan hasil perancangan dari sistem AVE. Gambar 4.3 ini akan memberikan gambaran yang jelas mengenai bentuk akhir, dimensi, tata letak komponen, serta integrasi antara perangkat keras elektronik dan perangkat lunak. Berbagai sudut pandang, seperti pandangan atas, samping, dan potongan, akan ditampilkan agar pembaca dapat memperoleh pemahaman yang komprehensif.

Selain itu, gambar 4.3 ini juga akan menunjukkan kesesuaian ukuran, kerapian pemasangan, serta kesiapan sistem untuk dioperasikan. Dengan demikian, dokumentasi visual ini akan melengkapi informasi yang telah disajikan pada subbab-subbab sebelumnya. Melalui gambar 4.3 hasil perancangan ini, diharapkan pembaca dapat memvisualisasikan wujud nyata dari sistem AVE yang telah dirancang, serta memperoleh gambaran yang utuh mengenai alat AVE.

4.2 Metode Pengukuran Kinerja Hasil Perancangan

Metode pengukuran kinerja hasil perancangan sistem AVE dilakukan dengan mengukur beberapa parameter yang menjadi indikator utama pada sistem. Parameter-parameter tersebut adalah temperatur ruangan, kelembaban, kadar CO, intensitas cahaya ruangan, jumlah orang di

dalam ruangan, daya yang sedang digunakan dan respon AC terhadap kontrol otomatis. Berikut adalah penjelasan mengenai parameter-parameter yang diukur dan langkah pengukurannya:

1. Temperatur Ruangan

- Sensor yang digunakan: DHT22 dan Lutron MHB-328SD.
- Langkah pengukuran:
 - a. Memasang sensor DHT22 di lokasi yang strategis yaitu di tengah ruangan untuk memastikan pembacaan suhu yang akurat.
 - b. Data suhu sensor DHT22 pada ESP32 dikumpulkan dan dicatat pada setiap ruangan untuk mengetahui keakuratan sensor terhadap variasi temperatur.
 - c. Dilakukan juga pengukuran suhu pada lokasi yang sama menggunakan alat ukur temperatur ruangan yang sudah terkalibrasi yaitu Lutron MHB-328SD.
 - d. Membandingkan hasil pengukuran pada DHT22 dengan alat ukur suhu yang sudah terkalibrasi untuk validasi.

2. Kelembaban Ruangan

- Sensor yang digunakan: DHT22 dan Lutron MHB-328SD.
- Langkah pengukuran:
 - a. Memasang sensor DHT22 di lokasi yang sama seperti pengukuran temperatur ruangan yaitu di tengah ruangan untuk memastikan pembacaan suhu yang akurat.
 - b. Data kelembaban sensor DHT22 pada ESP32 dikumpulkan dan dicatat pada setiap ruangan untuk mengetahui keakuratan sensor terhadap variasi kelembaban.
 - c. Dilakukan juga pengukuran kelembaban pada lokasi sama menggunakan alat ukur kelembaban ruangan yang sudah terkalibrasi yaitu Lutron MHB-328SD.
 - d. Membandingkan hasil pengukuran pada DHT22 dengan alat ukur kelembaban yang sudah terkalibrasi untuk validasi.

3. Kadar CO

- Sensor yang digunakan: MQ7 dan Wohler KM-410
- Langkah pengukuran:

- a. Memasang sensor MQ7 di lokasi yang strategis yaitu di belakang knalpot motor dengan jarak 10 cm untuk memastikan pembacaan kadar CO yang akurat.
- b. Data kadar CO sensor MQ7 pada ESP32 dikumpulkan dan dicatat dalam rentang tarikan gas dari 0% hingga 100%.
- c. Dilakukan juga pengukuran kadar CO pada rentang tarikan gas yang sama menggunakan alat ukur kadar CO yang sudah terkalibrasi di dalam ruangan.
- d. Membandingkan hasil pengukuran pada MQ7 dengan alat ukur kadar CO yang sudah terkalibrasi untuk validasi.

4. Intensitas Cahaya Ruangan

- Sensor yang digunakan: LDR dan Lutron LM-8000A
- Langkah pengukuran:
 - a. Memasang sensor LDR dibawah senter kamera pada handphone dengan jarak sekitar 20 cm.
 - b. Data intensitas cahaya sensor LDR pada ESP32 dikumpulkan dan dicatat berdasarkan tingkat pencahayaan pada senter untuk mengetahui variasi intensitas cahaya.
 - c. Dilakukan juga pengukuran intensitas cahaya pada rentang jarak dan tingkat pencahayaan yang sama menggunakan lux meter di dalam ruangan.
 - d. Membandingkan hasil pengukuran pada LDR dengan lux meter untuk validasi.

5. Jumlah Orang di dalam Ruangan

- Sensor yang digunakan: 2 modul sensor IR
- Langkah pengukuran:
 - a. Memasang modul sensor secara horizontal dengan pintu masuk dengan sensor untuk orang masuk di sisi pintu luar dan sensor untuk orang keluar di sisi dalam pintu.
 - b. Mencatat data yang diperoleh dari 2 modul sensor IR pada ESP32 dan juga pengamatan secara manual terhadap 10 orang yang masuk dan keluar.
 - c. Melakukan validasi perbandingan antara data yang didapat dari sensor dengan data dari pengamatan secara manual.

6. Pengukuran Daya

- Sensor yang digunakan: PZEM-004T
- Langkah pengukuran:
 - a. Pasang sensor PZEM-004T pada jalur listrik beban untuk mengukur daya yang digunakan oleh perangkat di dalam ruangan.
 - b. Data daya pada sensor PZEM-004T di ESP32 dikumpulkan dan dicatat berdasarkan variasi dan jumlah beban dan jenisnya.
 - c. Dilakukan juga pendataan output daya pada masing-masing beban yang akan diukur berdasarkan keterangan pada spesifikasinya.
 - d. Membandingkan data hasil pengukuran pada PZEM-004T dengan output daya yang ada di keterangan spesifikasi masing-masing beban untuk validasi.

7. Respon AC Terhadap Kontrol Otomatis

- Sensor yang digunakan: IR Led
- Langkah Pengukuran:
 - a. Menempatkan IR LED pada posisi yang dapat mengirim sinyal ke AC tanpa halangan.
 - b. Menjalankan program ESP32 untuk mengirimkan sinyal IR sesuai dengan algoritma kontrol suhu yang didasarkan pada jumlah orang dan suhu ruangan.
 - c. Mengukur waktu respon AC dari saat sinyal dikirim hingga AC merespon.
 - d. Melakukan pengujian pada berbagai jarak dan sudut antara IR LED dan AC untuk memastikan keandalan komunikasi IR.

8. Pengendalian AC Menggunakan Algoritma

- Algoritma pengendalian:
 - a. Sistem akan mengontrol suhu AC berdasarkan jumlah orang di dalam ruangan dan temperatur terkini.
 - b. Jika jumlah orang meningkat, suhu AC akan diatur agar lebih dingin, dan sebaliknya.

- c. AC akan dimatikan jika tidak ada orang di dalam ruangan selama periode waktu tertentu.
- d. Data pengendalian AC dikumpulkan dan dibandingkan dengan setpoint yang diatur oleh algoritma.

Dengan mengukur parameter-parameter tersebut, kinerja sistem AVE dapat dievaluasi secara komprehensif. Pengukuran dilakukan secara terus-menerus dan data dikumpulkan untuk dianalisis lebih lanjut. Hasil pengukuran akan dibandingkan dengan standar yang ada untuk memastikan keakuratan dan keefektifan sistem dalam memonitor dan mengontrol lingkungan ruangan kelas. Respon AC terhadap kontrol otomatis juga diukur untuk memastikan bahwa sistem dapat mengatur suhu ruangan secara efektif dan efisien sesuai dengan algoritma yang dirancang.

BAB 5. HASIL PENGUKURAN DAN ANALISIS

Bab ini memaparkan hasil pengukuran dan analisis yang telah dilakukan dalam penelitian ini. Pengukuran dan analisis merupakan bagian penting untuk mengevaluasi kinerja sistem atau metode yang diusulkan serta memvalidasi hipotesis yang diajukan. Dalam bab ini, data yang diperoleh dari serangkaian eksperimen akan disajikan secara sistematis dan jelas.

Pembahasan dimulai dengan menjelaskan metode pengukuran yang digunakan, meliputi parameter-parameter yang diukur, peralatan yang digunakan, serta prosedur pengambilan data. Selanjutnya, hasil pengukuran akan ditampilkan dalam bentuk tabel, grafik, atau visualisasi lainnya yang sesuai untuk memudahkan pemahaman dan interpretasi data.

Digunakan juga perhitungan dengan persamaan MAE (Mean Absolute Error) dan MAPE (Mean Absolute Percentage Error) untuk mengetahui akurasi dari masing-masing sensor dan alat. Adapun persamaannya yaitu:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (5)$$

Di mana:

- n adalah jumlah total data
- y_i adalah nilai sebenarnya
- \hat{y}_i adalah nilai yang diprediksi

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \times 100\% \quad (6)$$

Di mana:

- n adalah jumlah total data
- y_i adalah nilai sebenarnya
- \hat{y}_i adalah nilai yang diprediksi

Jadi, pengujian akurasi dan analisis digunakan metode sebagaimana pada persamaan (5) dan persamaan (6).

5.1. Analisis Hasil

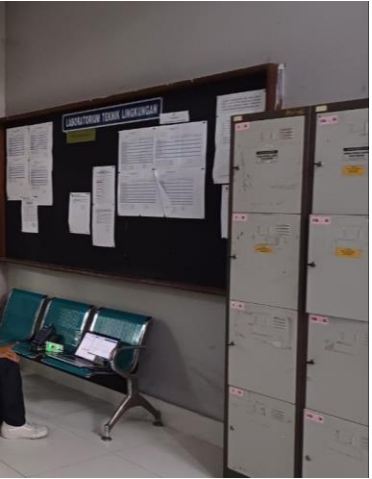
5.1.1 Hasil dan Analisis Pengujian Indikator



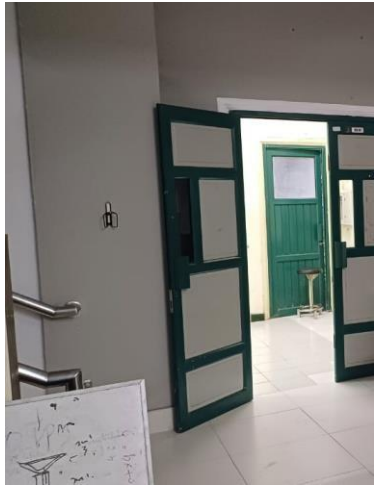
Setelah dilakukan pengukuran kinerja hasil perancangan, didapatkan data-data sebagai berikut untuk dilakukan analisis:


1. Temperatur Ruangan

Pengukuran temperatur ruangan diukur menggunakan sensor DHT22 yang dilakukan di ruangan-ruangan yang ada di laboratorium Teknik Lingkungan FTSP UII. Untuk detail ruangan bisa dilihat pada Tabel. 5.1 Berikut.

Tabel 5. 1 Pengambilan Data Temperatur

No.	Nama Ruangan	Gambar Ruangan
1	Ruangan 1	

2	Ruangan 2	
3	Ruangan 3	
4	Ruangan 4	

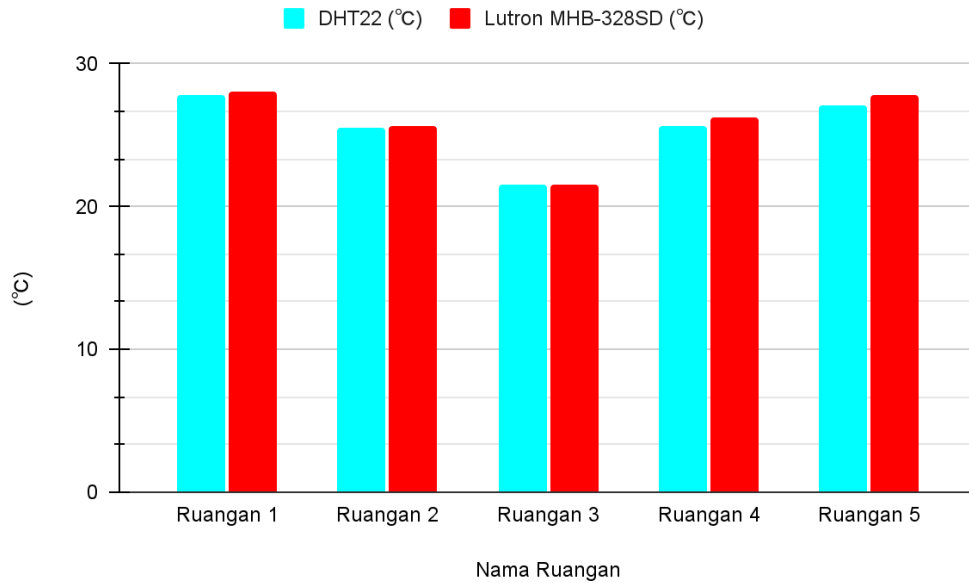
5	Ruangan 5	
---	-----------	--

Digunakan Lutron MHB-328SD sebagai alat ukur pembanding dan didapatkan hasil pengukuran pada Tabel. 5.2 berikut.

Tabel 5. 2 Hasil Pengukuran Temperatur

No.	DHT22 (°C)	Lutron MHB-328SD (°C)	Lokasi	Selisih Pengukuran (°C)
1	27.80	28.00	Ruangan 1	0.2
2	25.50	25.60	Ruangan 2	0.1
3	21.50	21.60	Ruangan 3	0.1
4	25.70	26.30	Ruangan 4	0.6
5	27.10	27.80	Ruangan 5	0.7

Setelah dilakukan pengukuran dengan variasi temperatur yang diukur mulai dari 21 derajat celsius sampai 28 derajat celsius didapatkan variasi hasil yang berbeda-beda antar alat ukur. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 5.1 yang merupakan grafik hasil pengukuran.



Gambar 5. 1 Grafik Hasil Pengukuran Temperatur

Berdasarkan hasil pengukuran, akurasi pengukuran temperatur ruangan dengan menggunakan DHT22 memiliki nilai selisih absolut rata-rata 0,34 presentase sebesar 1.298 %. Hasil diatas didapatkan dari perhitungan:

$$MAE = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 |y_i - \hat{y}_i| = 0.34$$

$$MAPE = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \times 100\% = 1.298\%$$

Diketahui juga bahwa DHT22 akurasinya menurun seiring dengan semakin besarnya temperatur ruangan.

2. Kelembaban Ruangan

Pengukuran kelembaban ruangan diukur menggunakan menggunakan DHT22 yang dilakukan di ruangan-ruangan yang ada di laboratorium Teknik Lingkungan FTSP UII dengan lokasi yang sama seperti pada Tabel 5.2 pada pengukuran temperatur ruangan. Digunakan Lutron MHB-328SD sebagai alat ukur pembanding dan didapatkan hasil pengukuran pada Tabel. 5.3 berikut.

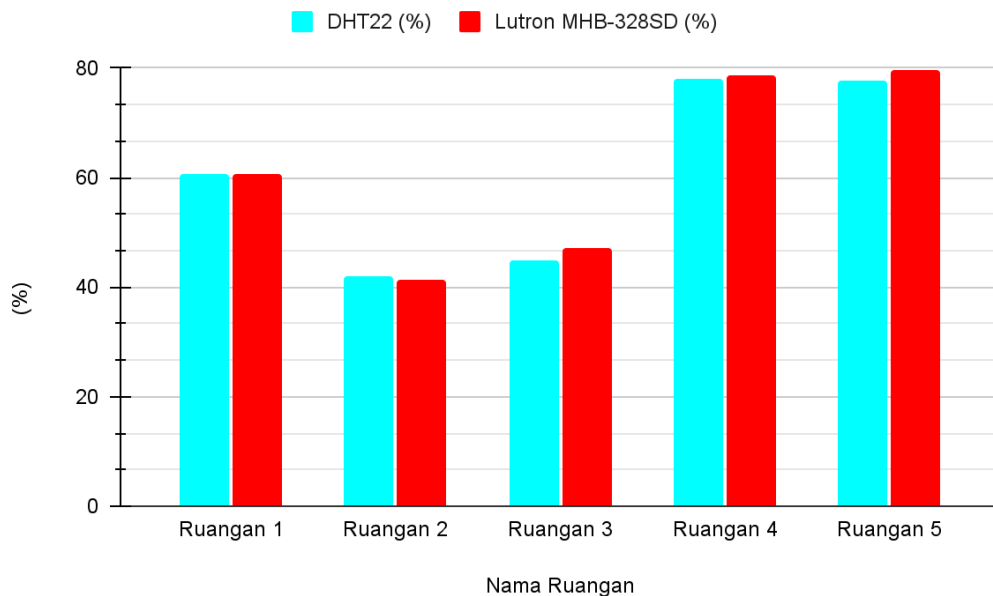
Tabel 5. 3 Hasil Pengukuran Kelembaban

No	DHT22 (%)	Lutron MHB-328SD (%)	Lokasi	Selisih Pengukuran

1	60.60	60.60	Ruangan 1	0
2	42	41.50	Ruangan 2	0.5
3	44.90	47.1	Ruangan 3	2.2

4	78.10	78.70	Ruangan 4	0.6
5	77.80	79.80	Ruangan 5	2

Setelah dilakukan pengukuran dengan variasi kelembaban yang diukur mulai dari 42% sampai 79% didapatkan variasi hasil yang berbeda-beda antar alat ukur. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 5.2 yang merupakan grafik hasil pengukuran.



Gambar 5. 2 Grafik pengukuran kelembaban

Berdasarkan hasil pengukuran, akurasi pengukuran kelembaban ruangan dengan menggunakan DHT22 memiliki tingkat absolut error rata-rata 1.06 sehingga memiliki persentase error sebesar 1.88 %.

$$MAE = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 |y_i - \hat{y}_i| = 1.06$$

$$MAPE = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \times 100\% = 1.88 \%$$

Diketahui juga bahwa DHT22 akurasinya menurun seiring dengan semakin tingginya kelembaban ruangan.

3. Kadar CO (*Carbon Monoxide*)

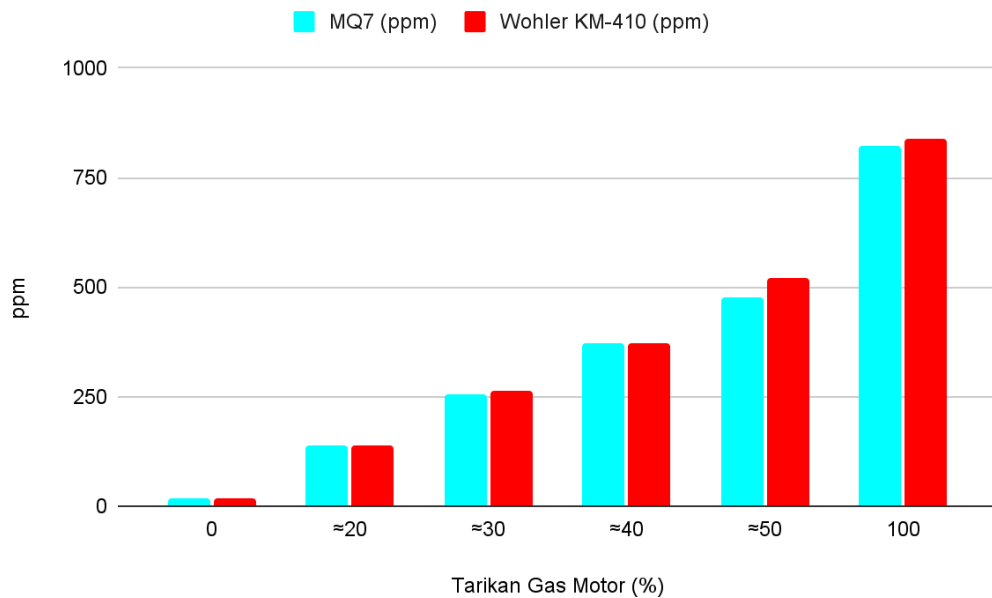
Pengukuran kadar CO dilakukan dengan menggunakan sensor MQ-7 dari

hasil pembakaran sempurna yang terjadi di knalpot motor. Gas motor ditarik dengan perkiraan tarikan dari 0% (tidak di gas, hanya didiamkan menyala mesinnya) sampai 100% (gas ditarik full). Digunakan Wohler KM-410 sebagai alat ukur pembanding dan didapatkan hasil pengukuran pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5. 4 Hasil pengukuran kadar CO

No.	MQ7 (ppm)	Wohler KM-410 (ppm)	Tarikan gas motor (%)	Selisih Pengukuran (ppm)
1	18	19	0	1
2	137	140	≈20	3
3	257	264	≈30	7
4	371	372	≈40	1
5	476	520	≈50	44
6	821	838	100	17

Setelah dilakukan pengukuran dengan variasi tarikan gas yang diukur mulai dari 0% sampai 100% didapatkan variasi hasil yang berbeda-beda antar alat ukur. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 5.3 yang merupakan grafik hasil pengukuran.



Gambar 5. 3 Grafik hasil pengukuran kadar CO

Berdasarkan hasil pengukuran, akurasi pengukuran kadar CO dengan menggunakan MQ-7 memiliki tingkat error absolut rata-rata 12.17 sehingga memiliki persentase error sebesar 3.675%.

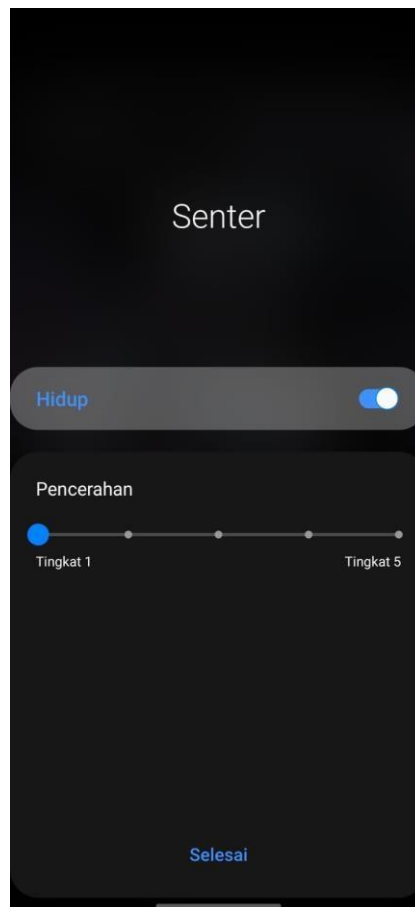
$$MAE = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 |y_i - \hat{y}_i| = 12.17$$

$$MAPE = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \times 100\% = 3.675 \%$$

Diketahui juga bahwa MQ-7 akurasinya menurun seiring dengan semakin tingginya kadar CO yaitu setelah kadar CO lebih dari 400 ppm.

4. Intensitas Cahaya Ruangan

Pengukuran intensitas cahaya ruangan dilakukan dengan menggunakan sensor LDR berdasarkan tingkat pencerahan senter yang ada di HP (*handphone*) seperti pada Gambar 5.4 dibawah ini.



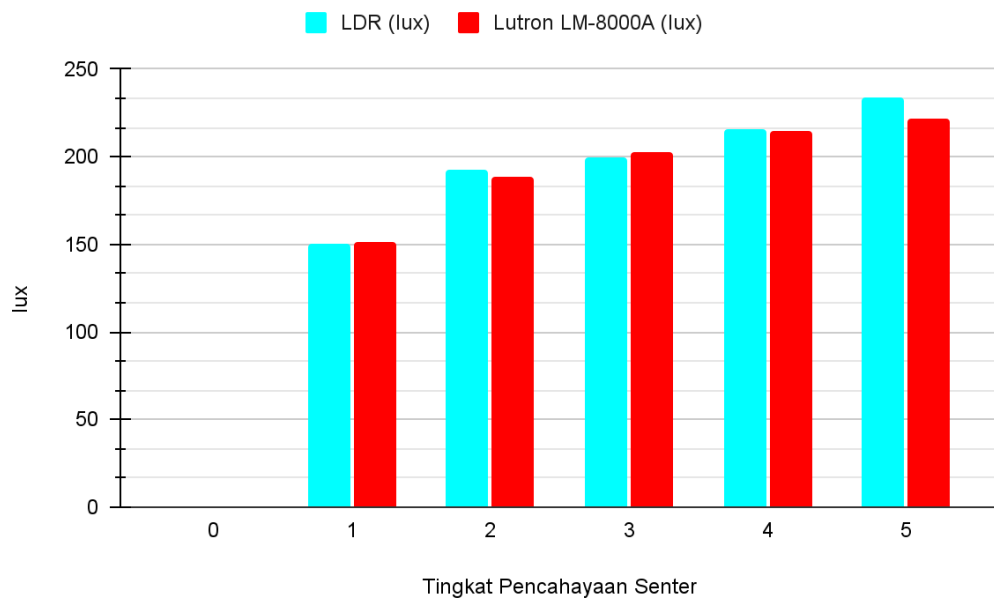
Gambar 5. 4 Tingkat pencahayaan senter pada hp

Digunakan Lutron LM-8000A sebagai alat ukur pembanding dan didapatkan hasil pengukuran pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5. 5 Hasil pengukuran intensitas cahaya

No.	LDR (lux)	Lutron LM-8000A (lux)	Tingkat Pencahayaan Senter HP	Selisih Pengukuran (lux)
1	0	0	0	0
2	150	151	1	1
3	192.3	189	2	3.30
4	200.07	203	3	2.93
5	215.56	215	4	0.56
6	234	222	5	12

Setelah dilakukan pengukuran dengan variasi tingkat pencahayaan yang diukur mulai dari tingkat 1 sampai tingkat 5 didapatkan variasi hasil yang berbeda-beda antar alat ukur. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 5.5 yang merupakan grafik hasil pengukuran.



Gambar 5. 5 Grafik hasil pengukuran intensitas cahaya

Berdasarkan hasil pengukuran, akurasi pengukuran intensitas cahaya dengan menggunakan sensor LDR memiliki tingkat error absolut rata-rata 3.30 sehingga memiliki persentase error sebesar 1.85 %.

$$MAE = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 |y_i - \hat{y}_i| = 3.30$$

$$MAPE = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \times 100\% = 1.85 \%$$

Diketahui juga bahwa sensor LDR akurasinya menurun seiring dengan semakin tingginya intensitas cahaya yaitu setelah intensitas cahaya lebih dari 215 lux.

5. Jumlah Orang di dalam Ruangan

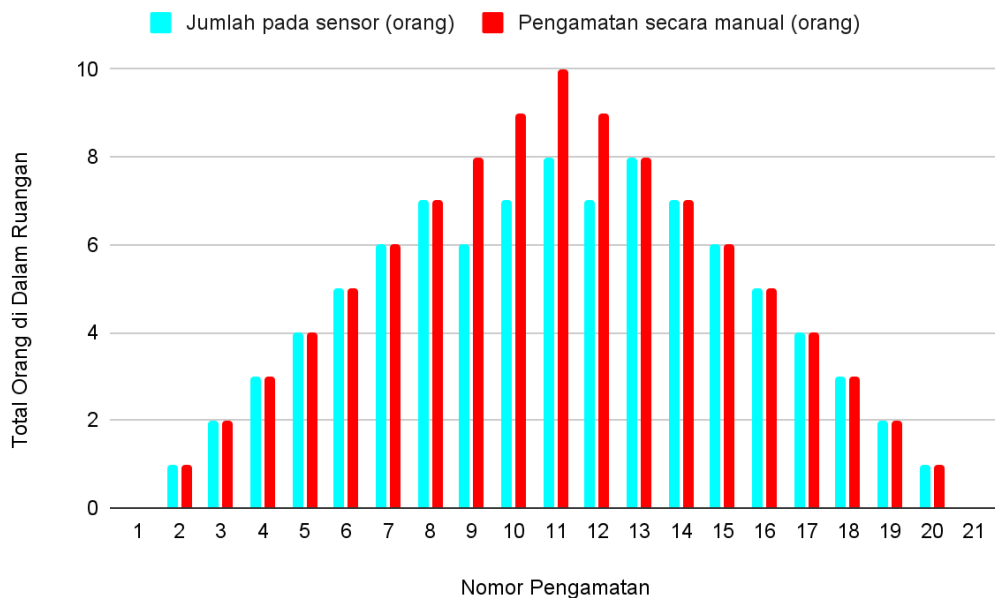
Pengukuran tingkat akurasi jumlah orang didalam ruangan dilakukan dengan mengamati jumlah orang masuk dan keluar yang terdeteksi dengan modul sensor IR dan pengamatan secara manual.

Tabel 5. 6 Hasil pengukuran akurasi jumlah orang

No.	Jumlah pada sensor (orang)	Pengamatan secara manual (orang)	Selisih Pengukuran (orang)
1	0	0	0
2	1	1	0
3	2	2	0
4	3	3	0
5	4	4	0
6	5	5	0
7	6	6	0
8	7	7	0
9	6	8	2
10	7	9	2
11	8	10	2
12	7	9	2

13	8	8	0
14	7	7	0
15	6	6	0
16	5	5	0
17	4	4	0
18	3	3	0
19	2	2	0
20	1	1	0
21	0	0	0

Setelah dilakukan pengamatan dengan orang masuk satu persatu dan keluar satu persatu dengan total ada 10 orang didapatkan variasi hasil yang berbeda-beda. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 5.6 yang merupakan grafik hasil pengukuran.



Gambar 5. 6 Grafik hasil pengukuran akurasi jumlah orang

Berdasarkan hasil pengamatan, akurasi pengukuran jumlah orang didalam ruangan dengan menggunakan modul sensor IR memiliki tingkat error absolut

rata-rata 0.38 sehingga memiliki persentase error sebesar 4.71 %.

$$MAE = \frac{1}{21} \sum_{i=1}^{21} |y_i - \hat{y}_i| = 0.38$$

$$MAPE = \frac{1}{21} \sum_{i=1}^{21} \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \times 100\% = 4.71 \%$$

Berdasarkan pengamatan, error terjadi karena objek yang diukur memiliki jarak yang terlalu jauh dari sensor.

6. Konsumsi Daya

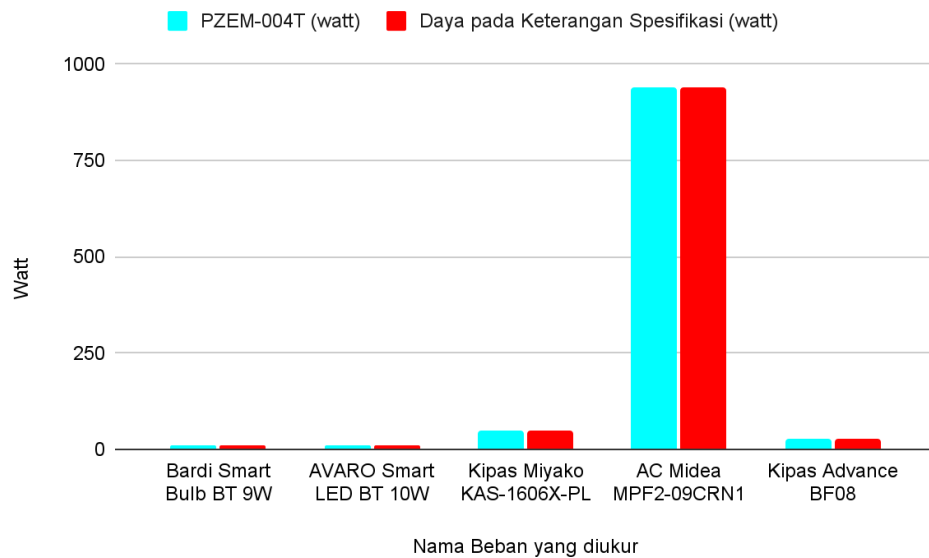
Pengukuran tingkat akurasi sensor PZEM-004T dilakukan dengan melakukan perbandingan antara hasil yang terukur oleh sensor dengan daya yang berada pada keterangan spesifikasi pada masing-masing beban. Beban lampu diukur pada saat lampu berada pada pencahayaan maksimal, begitu pula pada kipas. Untuk AC diukur pada pengaturan normal yaitu pada set temperatur 26 dengan mode cool dan fan speed medium. Hasil pengamatan dan pengukuran bisa dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5. 7 Hasil pengukuran Daya

No.	PZEM-004T (watt)	Daya pada Keterangan Spesifikasi (watt)	Nama Beban yang diukur	Selisih Pengukuran (watt)
1	8.67	9	Bardi Smart Bulb BT 9W	0,33
2	9.82	10	AVARO Smart LED BT 10W	0,18
3	47.35	50	Kipas Miyako KAS-1606X-PL	2,65
4	938.44	940	AC Midea MPF2-09CRN1	1,56

5	27.92	28	Kipas Advance BF08	0,08
---	-------	----	--------------------	------

Setelah dilakukan pengukuran dengan variasi jenis beban yang diukur yaitu lampu, kipas dan AC sehingga didapatkan variasi hasil yang berbeda-beda antara alat ukur dan keterangan spesifikasi daya pada masing-masing beban. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 5.7 yang merupakan grafik hasil pengukuran.



Gambar 5. 7 Grafik hasil pengukuran daya

Berdasarkan hasil pengamatan, akurasi pengukuran daya dengan menggunakan PZEM004-T memiliki tingkat error absolut rata-rata 0.96 sehingga memiliki persentase error sebesar 2.25 %.

$$MAE = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 |y_i - \hat{y}_i| = 0.96$$

$$MAPE = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \times 100\% = 2.25 \%$$

Berdasarkan pengamatan, error semakin besar seiring dengan besar daya yang diukur.

7. Respon AC Terhadap Kontrol Otomatis

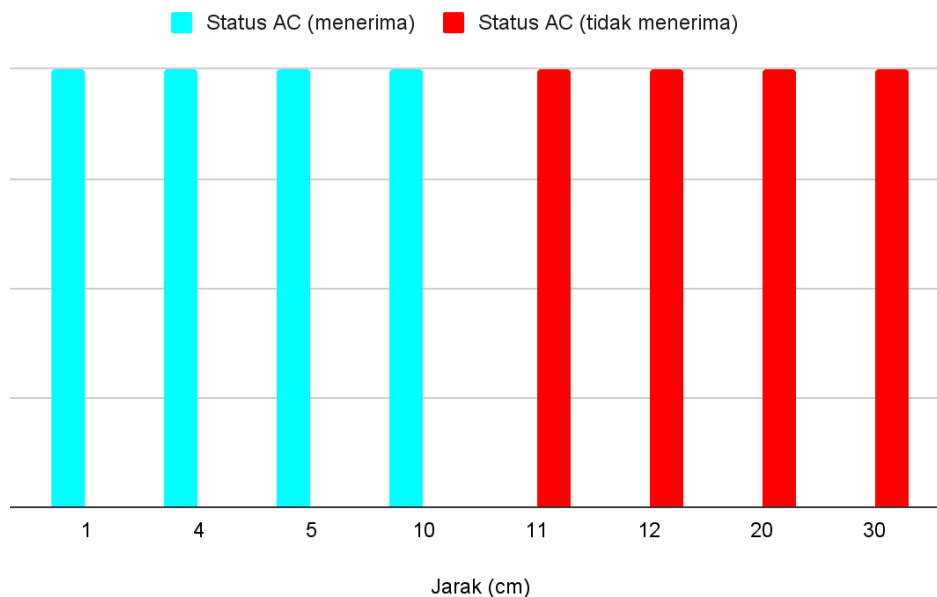
Pengamatan respon AC dilakukan dengan menempatkan sensor IR berdasarkan jarak antara sensor dengan AC sehingga didapatkan hasil seperti

berikut.

Tabel 5. 8 Hasil pengukuran respon kontrol AC

No.	Jarak (cm)	Status AC (menerima/tidak)
1	<1	Menerima
2	4	Menerima
3	5	Menerima
4	10	Menerima
5	11	Tidak
6	12	Tidak
7	20	Tidak
8	30	Tidak

Setelah dilakukan pengamatan, sensor IR memiliki batasan jarak sehingga AC tidak mampu lagi menerima sinyal IR. Hasil bisa diamati melalui grafik seperti pada Gambar 5.8 berikut.



Gambar 5. 8 Grafik hasil pengukuran respon kontrol AC

Setelah dilakukan pengukuran dan pengamatan, diketahui bahwa sensor ir sudah tidak dapat terdeteksi oleh AC pada jarak lebih dari 10 cm sehingga sensor

IR harus diletakan dekat dengan AC.

8. Pengendalian AC Menggunakan Algoritma

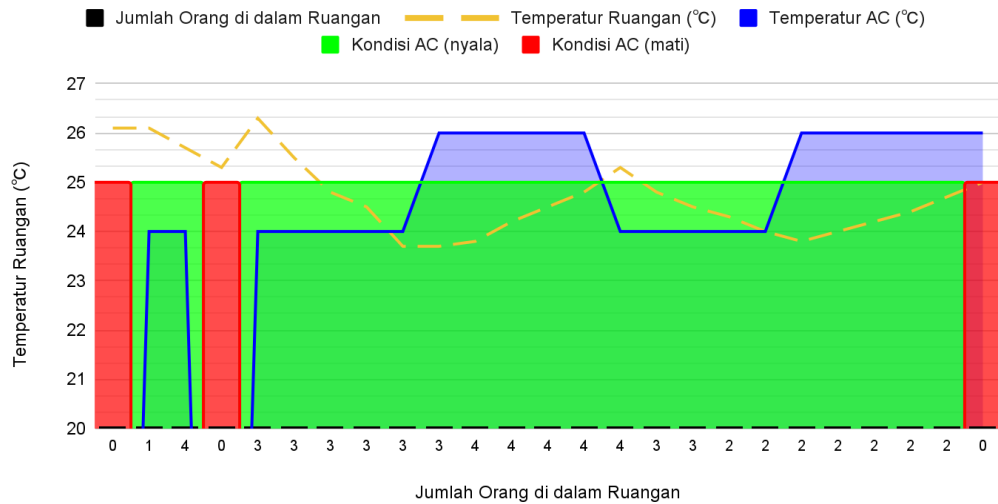
Pengukuran akurasi pengendalian AC dilakukan dengan melakukan pengamatan dengan beberapa faktor kunci yaitu temperatur ruangan yang terdeteksi di DHT22 dan jumlah orang didalam ruangan yang terdeteksi di sensor modul IR. Percobaan dilakukan di ruang kelas 3.05B yang ada di gedung FTI UII dengan AC Panasonic tipe Inverter. Didapatkan hasil pengamatan seperti pada Tabel 5.9 dibawah ini.

Tabel 5. 9 Hasil uji coba kontrol AC dengan jumlah orang

No.	Temperatur Ruangan (°C)	Jumlah Orang di dalam Ruangan	Temperatur AC (°C)	Kondisi AC (nyala/mati)
1	26.1	0	-	mati
2	26.1	1	24	nyala
3	25.7	4	24	nyala
4	25.3	0	-	mati
5	26.3	3	24	nyala
6	25.5	3	24	nyala
7	24.8	3	24	nyala
8	24.5	3	24	nyala
9	23.7	3	24	mati
10	23.7	3	26	nyala
11	23.8	4	26	nyala
12	24.2	4	26	nyala
13	24.5	4	26	nyala
14	24.8	4	26	nyala
15	25.3	4	24	nyala
16	24.8	3	24	nyala
17	24.5	3	24	nyala
18	24.3	2	24	nyala
19	24	2	24	nyala
20	23.8	2	26	nyala

21	24	2	26	nyala
22	24.2	2	26	nyala
23	24.4	2	26	nyala
24	24.7	2	26	nyala
25	25	0	-	mati

Berdasarkan tabel diatas, diketahui bahwa algoritma berjalan dengan baik. Temperatur AC berubah seiring dengan berubahnya nilai temperatur ruangan yang ada di DHT22. Untuk analisis detailnya bisa dilihat melalui grafik pada gambar 5.9 dibawah ini.



Gambar 5. 9 Grafik hasil pengujian kontrol AC

Berdasarkan grafik pada gambar 5.9 diatas, AC mati dan menyala berdasarkan jumlah orang yang ada di dalam ruangan dan berjalan tanpa adanya masalah. Apabila tidak ada orang di dalam ruangan AC akan mati, lalu apabila terdeteksi ada orang didalam ruangan maka AC akan otomatis menyala.

Temperatur pada AC juga sudah terkontrol secara otomatis. AC akan di set ke 24°C apabila temperatur pada DHT22 terdeteksi 25°C. Lalu apabila temperatur pada DHT22 terdeteksi dibawah 24°C maka temperatur pada AC di set ke 26°C. Dapat dilihat juga bahwa temperatur ruangan stabil pada rentang 24-25°C yang memungkinkan orang-orang di dalam ruangan menjadi lebih nyaman dalam melakukan aktivitas.

Berdasarkan hasil pengujian akurasi alat yang sudah dibuat dapat dianalisis bahwa percobaan belum cukup mewakili performa dari alat yang sudah dibuat karena hanya dilakukan sebanyak 5-6 kali. Dengan jumlah percobaan yang terbatas, potensi variasi hasil dan kemampuan alat dalam berbagai kondisi belum dapat sepenuhnya ditangkap. Hal ini berarti bahwa hasil yang diperoleh tidak representatif secara keseluruhan, sehingga tidak dapat memberikan gambaran yang akurat tentang kinerja alat secara keseluruhan.

Selain itu, jangka waktu yang singkat dari percobaan juga merupakan faktor yang signifikan. jangka waktu yang singkat tidak mencukupi untuk mengetahui stabilitas dan reaksi alat dalam situasi kritis atau ekstrem, yang sangat penting untuk menilai performa alat secara komprehensif. Oleh karena itu, diperlukan percobaan yang lebih banyak dan dilakukan dalam jangka waktu yang lebih lama untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dan representatif.

5.1.2 Pemenuhan Spesifikasi Sistem

Pada proses perancangan sistem AVE terdapat beberapa perubahan komponen, sehingga tidak sesuai dengan usulan spesifikasi sistem.

Tabel 5. 10 Perbandingan usulan dan hasil perancangan sistem

No	Spesifikasi	Usulan	Realisasi
1	Sensor daya	ACS712	PZEM-004T
2	Mengatur Waktu pada sim card	RTC	Library time.h
3	Mikrokontroler	Arduino Mega 2560	ESP32
4	Kualitas Udara	MQ-9	MQ-7
4	Dimensi alat monitoring environment	-	9 cm x 8 cm x 6,1 cm
4	Dimensi alat pendeteksi orang	15 cm x 10 cm x 7 cm	10 cm x 5 cm x 5,5 cm
5	Dimensi alat kontrol AC	30 cm x 15 cm x 7 cm	3,2 cm x 1,6 cm x 1,7 cm
6	Berat total alat	-	199 gram
5	Sumber tegangan	AC	AC
6	Interface	Web server	Web server

Berdasarkan tabel 5.10 dapat diketahui beberapa perubahan yang dilakukan selama perancangan alat AVE. Perubahan-perubahan ini dilakukan untuk mengoptimalkan kinerja sistem dan menyesuaikan dengan kebutuhan yang muncul selama proses perancangan alat AVE. Berikut adalah penjelasan detail mengenai perubahan-perubahan tersebut :

1. Sensor Daya

Pada usulan awal yaitu komponen ACS712. Namun, pada saat proses perancangan alat AVE terjadi perubahan yaitu menjadi PZEM 004T-100A. Perubahan ini dilakukan karena PZEM 004T menawarkan fitur yang lebih lengkap, seperti pengukuran tegangan, arus, daya aktif dan energi dalam satu modul, sementara itu ACS712 hanya mengukur arus.

2. Pengaturan waktu pada sim card

Pada usulan awal yaitu menggunakan komponen RTC. Akan tetapi dikarenakan ruang atau pin pada ESP32 tidak cukup dan mempertimbangkan efisiensi biaya, maka dilakukan perubahan dengan menggunakan library time.h pada ESP32.

3. Mikrokontroler

Pada usulan awal yaitu menggunakan komponen Arduino Mega 2560. Namun, pada proses perancangan berlangsung terjadi perubahan komponen yaitu menjadi ESP32. Hal tersebut dikarenakan pada ESP32 dapat langsung terhubung dengan Wi-Fi dan bluetooth built-in. Selain itu, ESP32 memiliki konsumsi daya yang lebih efisien.

4. Kualitas Udara

Pada usulan awal dalam mengukur kadar CO menggunakan sensor MQ-7, namun setelah di pelajari lebih jauh sensor MQ-9 memiliki selektivitas yang lebih baik terhadap karbon monoksida dan kurang terpengaruh oleh gas-gas lain. Selain itu, sensor MQ-9 dirancang khusus untuk mendeteksi karbon monoksida dan gas mudah terbakar lainnya.

5. Dimensi alat AVE

Terdapat perbedaan dimensi pada masing-masing box sub sistem yaitu dimensi box pada subsistem pendeteksi orang yaitu pada usulan berukuran 15 cm x 10 cm x 7 cm dan pada realisasinya berukuran 10 cm x 5 cm x 5,5 cm. Kemudian box pada sub sistem pengontrol AC pada usulan berukuran 30 cm x 15 cm x 7 cm dan pada realisasinya berukuran 3,2 cm x 1,6 cm x 1,7 cm. Terakhir adalah box sub sistem

environment pada usulan ukuran box *environment* digabung dengan box pengontrol AC, akan tetapi pada realisasinya dipisah yaitu berdimensi 9 cm x 8 cm x 6,1 cm.

Perubahan-perubahan yang dilakukan selama proses perancangan alat AVE bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, fungsionalitas, dan kinerja sistem AVE secara keseluruhan. Meskipun terjadi perubahan komponen yang digunakan, hal tersebut tidak mengurangi kinerja sistem dan fungsionalitas pada sistem AVE.

5.1.3 Pengalaman Pengguna

Dalam upaya mewujudkan kampus yang ramah lingkungan dan mendukung program UI GreenMetric, Fakultas Teknologi Industri (FTI) Universitas Islam Indonesia (UII) telah mengimplementasikan Sistem Kontrol Cahaya, Temperatur, dan Kualitas Udara Ruang Kelas (Smart Class). Sistem ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi energi, menciptakan lingkungan belajar yang nyaman, serta meminimalkan dampak lingkungan dari kegiatan akademik.

Bab ini akan mengeksplorasi pengalaman pengguna terhadap alat Smart Class di lingkungan kelas FTI UII. Dengan menggabungkan perspektif mahasiswa dan dosen. Pada sub bab ini bertujuan untuk memberikan gambaran komprehensif tentang efektivitas sistem, serta potensi perbaikan di masa mendatang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 5.11.

Tabel 5. 11 Pengalaman pengguna

No	Fitur/Komponen	Capaian	Aksi/Perbaikan
1	Desain Hardware	Desain dibuat lebih ergonomis dan rapi	Penataan ulang kabel dan posisi baut
2	Desain Tampilan User Interface	Optimalisasi space layar, font dibuat lebih terlihat dan dibuat warna atau indikator apabila kondisi kuantitas sudah diluar rentan	Memperbesar indikator sehingga layar terlihat full dengan informasi. Memberikan warna indikator yang warnanya berubah sesuai dengan kondisi kuantitas yaitu biru dibawah standar, hijau normal, orange hampir mendekati batas luar standar dan merah untuk sudah diluar standar.
3	Fungsionalitas Sistem	Respon penghitung orang dapat ditingkatkan dan dapat ditambahkan alarm jika kondisi kuantitas berada diluar rentang	Fitur dipertahankan, namun dilakukan peningkatan respon pada sensor modul IR untuk meningkatkan sensitivitas.

4	Kemudahan	Kontrol AC dibuat wireless	Dipertahankan
5	Keamanan Data User	Keamanan data sudah cukup baik karena data sudah tersimpan pada MicroSD Card	Dipertahankan
6	Ketahanan Fisik Alat	Kabel ke IR AC rentan error	Dilakukan solder ulang dan penambahan heatsrink

5.1.4 Kesesuaian Perencanaan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya

Manajemen tim yang efektif membutuhkan perencanaan yang matang dan terorganisir. Pada sub bab ini, kita akan mendalami sejauh mana perencanaan yang telah disusun dapat diwujudkan dalam praktik manajemen tim. Kesesuaian antara perencanaan dan realisasi adalah kunci untuk mencapai tujuan tim secara optimal. Berikut penjelasan dari kesesuaian kegiatan TA2, kemudian rancangan RAB dan aktivitas kegiatan selama TA 2 berlangsung.

Tabel 5. 12 Kesesuaian antara usulan dan realisasi timeline pengerjaan tugas akhir 2

No	Kegiatan	Usulan waktu	Realisasi Pelaksanaan
1	Pembelian alat dan Bahan	Januari – Februari	Maret – Juni
2	Perancangan sistem sesuai dengan usulan terbaik	Februari – Mei	Maret-Mei
3	Uji coba prototype	Mei - Juni	Mei
4	Desain PCB	-	Juni
5	Desain 3D	-	Juni
6	Uji Coba Alat	Juni	Juni
7	Pengerjaan laporan TA2	April - Juni	April – Juli
8	Pengumpulan Laporan Akhir	Juni	Juli
9	EXPO	Juni	Juli

Tabel 5. 13 Kesesuaian RAB tugas akhir antara usulan dan realisasi

No	Jenis Pengeluaran	Usulan Biaya		Realisasi Biaya	
		Kuantitas	Total Harga	Kuantitas	Total Harga
1	Mikrokontroler ESP32	-	-	3 pcs	Rp 240.000,00
2	Sensor LDR	2 pcs	Rp 27.000,00	3 pcs	Rp 40.500,00
3	Sensor DHT22	1 pcs	Rp 25.000,00	3 pcs	Rp 156.000,00
4	Sensor MQ7	1 pcs	Rp 40.000,00	1 pc	Rp 22.000,00
5	Modul sensor IR	-	-	2 pcs	Rp 12.000,00
6	LCD 16x2	-	-	1 pc	Rp 25.000,00
7	MicroSD Card	-	-	1 pc	Rp 58.000,00
8	Sensor PZEM 004T	-	-	1 pc	Rp 128.000,00
9	IR LED	4 pcs	Rp 2.000,00	2 pcs	Rp 2.400,00
10	Transistor 2N2222	-	-	4 pcs	Rp 2.000,00
11	Box 3D Printing	4 pcs	Rp 280.000	199 grams	Rp 199.000,00
12	PCB	-	-	4 pcs	Rp 308.000
13	Heat Shrink	-	-	16 meters	Rp 28.000
14	Cable Pin Connector	-	-	8 pcs	Rp 9.600
15	Kabel dan Peralatan Solder	1 set	Rp 380.000	1 pc + 64 Meter	Rp 424.000
16	Set baut dan Mur	-	-	1 pc	Rp 60.000
17	Modul MicroSDCard	-	-	1 pc	Rp 12.000
18	TSOP1738	2 pcs	Rp 16.000,00	2 pcs	Rp 31.800
19	Arduino Mega 2560 Rev3	1 pcs	Rp 900.000,00	1 pc	Rp 880.000
20	RTC DS1307	1 pc	Rp 24.000	1 pc	Rp 24.000
21	ESP32-Cam	1 pc	Rp 256.000	-	-
Total Usulan		Rp 1.926.000		Total Realisasi	Rp 2.662.300

Selanjutnya, mengenai realisasi aktivitas pelaksanaan tugas akhir 2. Aktivitas dilakukan mulai dari pembelian alat, perancangan alat dan uji coba alat. Dapat dilihat pada tabel 5.14 untuk lebih rinci mengenai realisasi aktivitas pelaksanaan tugas akhir 2.

Tabel 5. 14 Realisasi aktivitas pelaksanaan tugas akhir 2

No	Hari, Tanggal, Durasi (jam atau hari)	Aktivitas	Pelaksana
1	Senin, 4 Maret 2024, 2 jam	Pembelian alat-alat dan komponen di Offline Store dan Online	Taruna Adhitya
2	Senin, 11 Maret 2024	Pembelian alat-alat dan komponen di Online Store	Adhitya
3	Jum'at, 15 Maret 2024, 4 jam	Melakukan cek pada masing-masing komponen dan alat yang sudah dibeli	Taruna Adhitya
4	Jum'at, 22 Maret 2024, 3 jam	Melakukan uji coba sensor-sensor yang sudah dibeli	Taruna Adhitya
5	Jum'at, 5 April 2024, 5 jam	Melakukan uji coba pada masing-masing sub sistem	Taruna Adhitya
6	Selasa, 9 April 2024, 3 jam	Melakukan uji coba pada masing-masing sub sistem	Taruna Adhitya
7	Kamis, 18 April 2024, 5 jam	Menggabungkan masing-masing sub sistem menjadi satu sistem	Taruna Adhitya
8	Minggu, 5 Mei 2024, 12 jam	Melakukan uji coba prototype	Taruna Adhitya
9	Selasa, 13 Mei 2024, 4 jam	Membeli sensor yang perlu diganti	Taruna Adhitya
10	Kamis, 23 Mei 2024, 3 hari	Memperbaiki sistem yang belum Maksimal	Taruna Adhitya
11	Selasa, 28 Mei 2024, 5 jam	Melakukan uji coba prototype	Taruna Adhitya
12	Senin, 3 Juni 2024, 5 hari	Desain PCB	Adhitya
13	Senin, 3 Juni 2024, 5 hari	Desain 3D	Taruna

14	Jumat, 14 Juni 2024,	Merakit komponen-komponen pada PCB dan desain 3D	Taruna Adhitya
15	Selasa, 25 Juni 2024, 10 hari	Melakukan uji coba alat	Taruna Adhitya
16	Jumat, 5 Juli 2024, 4 hari	Menulis laporan TA2	Taruna Adhitya
17	Selasa, 9 Juli 2024, 1 jam	Mengumpulkan laporan	Taruna Adhitya
18	15 – 26 Juli 2024	Sidang TA2	Taruna Adhitya
19	Kamis, 31 Juli 2024	EXPO	Taruna Adhitya

5.2 Dampak Implementasi Sistem

Implementasi sistem AVE dalam lingkungan kelas membawa dampak yang signifikan di berbagai bidang. Berikut adalah penjelasan dampak dari berbagai bidang seperti teknologi, sosial, ekonomi, politik, budaya, agama, lingkungan, dan lainnya.

5.2.1. Dampak Teknologi

- Manfaat Teknologi: Sistem AVE memanfaatkan teknologi IoT (Internet of Things) untuk mengintegrasikan berbagai sensor dan perangkat kontrol dalam satu platform. Ini meningkatkan kemampuan pemantauan dan pengendalian lingkungan kelas secara real-time.
- Peningkatan Keterampilan: Implementasi teknologi ini memungkinkan pengguna, terutama staf sekolah dan mahasiswa, untuk meningkatkan keterampilan mereka dalam menggunakan dan memahami teknologi IoT dan sistem embedded.
- Inovasi: Sistem ini mendorong inovasi dalam penggunaan teknologi di sektor pendidikan, membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam manajemen lingkungan belajar.

5.2.2. Dampak Sosial

- Kenyamanan dan Kesehatan: Dengan memantau dan mengontrol suhu, kelembaban, dan kualitas udara, sistem AVE menciptakan lingkungan yang lebih nyaman dan sehat bagi siswa dan staf. Ini dapat meningkatkan konsentrasi dan produktivitas.
- Keselamatan: Pemantauan jumlah orang di dalam ruangan membantu dalam pengelolaan kapasitas ruangan, memastikan tidak terjadi kepadatan yang berlebihan yang dapat menimbulkan

risiko keselamatan.

- Interaksi dan Kolaborasi: Teknologi yang diterapkan dapat mendorong interaksi dan kolaborasi di antara siswa dan guru dalam mengelola lingkungan kelas.

5.2.3. Dampak Ekonomi

- Pengurangan Biaya Operasional: Sistem AVE dapat mengurangi biaya energi dengan mengoptimalkan penggunaan AC dan pencahayaan berdasarkan kondisi real-time. Hal ini berkontribusi pada penghematan biaya listrik yang signifikan.
- Efisiensi Kerja: Dengan pemantauan otomatis, waktu dan upaya yang dibutuhkan untuk mengelola kondisi lingkungan kelas berkurang, memungkinkan staf sekolah untuk fokus pada tugas-tugas lain yang lebih penting.
- Peningkatan Pendapatan: Sekolah yang menerapkan teknologi ini dapat menarik lebih banyak siswa dan pendanaan karena menyediakan lingkungan belajar yang modern dan nyaman.

5.2.4. Dampak Politik

- Kebijakan Sekolah: Implementasi sistem AVE dapat mendorong sekolah dan lembaga pendidikan untuk mengadopsi kebijakan yang lebih cerdas dan efisien dalam manajemen fasilitas.
- Dukungan Pemerintah: Keberhasilan sistem ini dapat mendorong pemerintah untuk mendukung lebih banyak proyek berbasis teknologi dalam pendidikan melalui kebijaksanaan pendanaan.

5.2.5. Dampak Budaya

- Perubahan Budaya Belajar: Penggunaan teknologi canggih dalam lingkungan belajar dapat mengubah budaya belajar menjadi lebih terfokus pada kenyamanan, kesehatan, dan efisiensi.
- Adaptasi Teknologi: Sistem ini dapat mendorong siswa dan staf untuk lebih terbuka terhadap adopsi teknologi baru dalam kehidupan sehari-hari mereka.

5.2.6. Dampak Agama

- Penggunaan Teknologi Sesuai Nilai Agama: Sistem ini dirancang untuk menghormati nilai-nilai agama dengan menciptakan lingkungan yang bersih, sehat, dan nyaman yang mendukung kegiatan belajar mengajar tanpa mengganggu kegiatan keagamaan.

5.2.7. Dampak Lingkungan

- Penghematan Energi: Dengan mengoptimalkan penggunaan energi melalui kontrol otomatis AC dan pencahayaan, sistem ini berkontribusi pada pengurangan konsumsi energi dan emisi karbon, yang berdampak positif pada lingkungan.
- Manajemen Limbah Elektronik: Implementasi sistem harus mempertimbangkan manajemen limbah elektronik yang dihasilkan, memastikan komponen yang tidak terpakai dikelola dengan benar untuk mengurangi dampak negatif pada lingkungan.

5.2.8. Dampak Lainnya

- Kesadaran Teknologi: Implementasi sistem ini meningkatkan kesadaran dan pemahaman akan pentingnya teknologi dalam manajemen lingkungan, baik di sektor pendidikan maupun di luar itu.
- Peningkatan Efisiensi: Sistem ini meningkatkan efisiensi operasional keseluruhan dengan memberikan data real-time yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan yang lebih baik. Implementasi sistem AVE membawa dampak positif yang luas di berbagai bidang, mulai dari teknologi hingga lingkungan. Sistem ini tidak hanya meningkatkan kenyamanan dan kesehatan lingkungan kelas, tetapi juga menawarkan manfaat ekonomi dan operasional yang signifikan. Dengan adopsi yang tepat, sistem ini dapat menjadi model bagi penggunaan teknologi cerdas dalam manajemen lingkungan pendidikan di masa depan.

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses perancangan dan implementasi sistem kontrol cahaya, temperatur, dan kualitas udara ruangan kelas (Smart Class) di FTI UII untuk mendukung UI GreenMetric, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Alat yang dirancang telah sesuai dengan spesifikasi yang diusulkan, yaitu mampu memonitoring kualitas udara, temperatur, kelembaban, intensitas cahaya, dan konsumsi daya pada ruangan kelas. Alat juga dapat mengontrol temperatur AC sesuai dengan jumlah orang di dalam ruangan untuk menjaga suhu pada rentang 24-27°C sesuai standar. Selain itu, sistem IoT juga dapat diimplementasikan untuk memantau secara real-time melalui web server.
2. Tujuan projek telah tercapai dengan baik, yaitu merancang dan membangun alat yang mampu memonitoring dan mengontrol kualitas udara, temperatur, kelembaban, intensitas cahaya, dan konsumsi daya pada ruangan kelas, serta mengimplementasikan sistem IoT secara real-time.
3. Hasil implementasi menunjukkan bahwa alat dapat bekerja dengan baik sesuai dengan tujuan dan spesifikasi yang diharapkan. Alat dapat memonitoring dan mengontrol parameter-parameter penting seperti temperatur, kelembaban, kualitas udara, intensitas cahaya, dan konsumsi daya pada ruangan kelas secara akurat dan real-time. Data hasil monitoring juga dapat diakses melalui web server dengan baik.

Secara keseluruhan, projek ini telah berhasil dirancang dan diimplementasikan sesuai dengan tujuan awal, yaitu menciptakan sebuah sistem Smart Class yang mendukung upaya UI GreenMetric dalam mewujudkan kampus yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil pelaksanaan tugas akhir ini, beberapa saran dan rencana pengembangan ke depannya dapat dipertimbangkan, antara lain:

1. Penggunaan sensor dengan kualitas dan akurasi yang lebih tinggi dapat dilakukan untuk meningkatkan keakuratan data yang diperoleh. Meskipun pada projek ini digunakan sensor dengan kualitas menengah karena terbatasnya anggaran, namun

untuk implementasi selanjutnya dapat dipertimbangkan penggunaan sensor dengan spesifikasi yang lebih baik.

2. Implementasi sistem dapat diperluas tidak hanya pada satu ruangan kelas, tetapi juga pada ruangan-ruangan lain di lingkungan kampus. Dengan demikian, sistem dapat menjadi lebih terintegrasi dan memberikan manfaat yang lebih besar dalam mendukung program UI GreenMetric dan mewujudkan kampus yang ramah lingkungan.
3. Antarmuka pengguna (user interface) pada web server dapat disempurnakan agar lebih mudah diakses dan dipahami oleh pengguna. Fitur-fitur tambahan seperti visualisasi data dalam bentuk grafik atau diagram juga dapat ditambahkan untuk mempermudah analisis data.

Dengan mempertimbangkan saran-saran tersebut, diharapkan sistem Smart Class ini dapat terus dikembangkan dan disempurnakan untuk memberikan kontribusi yang lebih besar dalam mendukung program UI GreenMetric dan mewujudkan kampus yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Live most polluted major city ranking," IQAir, [Online]. Available: <https://www.iqair.com/world-air-quality-ranking>. [Diakses 3 Oktober 2023].
- [2] GUIDELINE UI GreenMetric World University Rankings 2023, Depok: UI GreenMetric, 2023.
- [3] J. M. Waworundeng dan O. Lengkong, "Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas Udara dalam Ruang dengan Platform IoT," *cogito smart journal*, vol. 4, no. 1, pp. 94-103, 2018.
- [4] B. P. Pratiwi dan A. S. Handayani, "Pengukuran Kinerja Sistem Kualitas Udara dengan Teknologi Wsn Menggunakan Confusion Matrix," *Jurnal Informatika Upgris*, vol. 6, no. 2, pp. 66-75, 2020.
- [5] R. Romadhoni, H. M. T. A dan B. M. B, "Prototype Kendali Semi Otomatis Pencahayaan, Proyektor dan Kipas Ruang sebagai Kenyamanan Kegiatan Belajar Mengajar Berbasis IoT," *SCIENCE ELECTRO*, vol. 13, pp. 1-10, 2021.
- [6] R. Zhang, M. Kong, B. Dong, Z. O'Neill, H. Cheng, F. Hu dan J. Zhang, "Development of a testing and evaluation protocol for occupancy sensing technologies in building HVAC controls: A case study of representative people counting sensors," *Building and Environment*, vol. 208, 2022.
- [7] F. Erden, A. Z. Alkar dan A. E. Cetin, "A robust system for counting people using an infrared sensor and a camera," *Infrared Physics & Technology*, vol. 72, pp. 127-134, 2015.
- [8] H. Nasirudin dan B. P. Sembodo, "Control System Automatic for Light And Air Conditioner at Living Room using Arduino Uno Controller," *Journal of Applied Electrical Science & Technology*, vol. 4, no. 1, pp. 15-20, 2022.
- [9] R. H. Nasution, "Analisis Pengaruh Temperatur dan Kebisingan Terhadap Kerja Sistem Cardiovascular di CV. Bintang Terang Medan," *Jurnal Surya Teknik*, vol. V, no. 2, 2017.
- [10] Y. Kukus, W. Supit dan F. Lintong, "Suhu Tubuh : Homeostasis dan Efek Terhadap Kinerja Tubuh Manusia," *Jurnal Biomedik : JBM*, vol. 1, no. 2, 2009.
- [11] D. S. Rahmawati dan R. L. Khairina, "Pengaruh Kualitas Udara Dalam Ruang Bagi Performa Akademik Pelajar: Sebuah Tinjauan Literatur," *Jurnal Sekolah*, vol. V, no. 1, pp. 34-39, 2020.
- [12] S. Andriani, "Kualitas Udara Dalam Ruang Sekolah (PM2.5, PM10, CO2, DAN HCHO) dan Risiko Kesehatan Pada Siswa di Kota Serang," *JOURNAL OF BAJA HEALTHSCIENCE*, vol. 1, no. 2, 2021.
- [13] S. G. Kristanti dan D. T. Rezalti, "Analisis Pengaruh Intensitas Pencahayaan terhadap Kelelahan Mata Mahasiswa Menggunakan Metode Regression Statistical Analysis dan Analisis Deskriptif," *Industrial Engineering Journal of the University of Sarjanawiyata Tamansiswa*, vol. VI, no. 1, pp. 18-24, 2022.
- [14] D. Hermawan, M. A. Primasyukra, M. F. Zambak dan S. Hardi, "Perbandingan Tiga Metode Pendekatan Nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Di Pondok Pesantren," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. IV, no. 1, pp. 35-41, 2021.
- [15] I. W. Y. Widiana, I. G. A. P. R. Agung dan P. Rahardjo, "Rancang Bangun Kendali Otomatis Lampu dan Pendingin Ruang pada Ruang Perkuliahan Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. VI, no. 2, pp. 112-120, 2019.
- [16] Faridah, "Analisis Penghematan Daya Listrik di PT. Daikin Air Conditioning Makassar," *Jurnal Teknik*, vol. 16, no. 2, pp. 85-92, 2018.
- [17] "Tips Mengatur Suhu AC Agar Lebih Sejuk dan Hemat Listrik," *eraspace*, 6 September 2022.

[Online]. Available: [https://eraspace.com/artikel/post/5-tips-mengatur-suhu-ac-agar-lebih-sejuk dan-hemat-listrik](https://eraspace.com/artikel/post/5-tips-mengatur-suhu-ac-agar-lebih-sejuk-dan-hemat-listrik). [Diakses 20 Desember 2023].

[18] “Perkembangan Internet of Things (IoT) pada Sektor Energi : Sistematis Literatur Review,” *Jurnal MENTARI : Manajemen Pendidikan dan Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 2, pp. 187-197, 2023.

[19] D. Intern, “Apa itu Web Server dan Fungsinya?,” *dicoding*, 27 Januari 2021. [Online]. Available: <https://www.dicoding.com/blog/apa-itu-web-server-dan-fungsinya/>. [Diakses 14 Oktober 2023].

[20] ADMIN, “Kesehatan, Kesehatan & Keamanan, Ketenagakerjaan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor:261/MENKES/SK/II/1998 Tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja,” 29 Maret 2019. [Online]. Available: <https://indok3ll.com/keputusan-menteri-kesehatan-republik-indonesia-nomor-261-menkes-sk-ii-1998/>. [Diakses 14 Oktober 2023].

[21] G. Budiarto, “Peraturan Perundangan K3 Listrik,” 2013. [Online]. Available: [https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download_index/files/c0cdc-buku-puil-keselamatan dan-pemasangan-instalasi-listrik-voltase-rendah.pdf](https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download_index/files/c0cdc-buku-puil-keselamatan-dan-pemasangan-instalasi-listrik-voltase-rendah.pdf). [Diakses 15 Oktober 2023].

[22] A. Swarnadwitya, “Design Thinking: Pengertian, Tahapan dan Contoh Penerapannya,” *BINUS UNIVERSITY*, 17 Maret 2020. [Online]. Available: <https://sis.binus.ac.id/2020/03/17/design-thinking-pengertian-tahapan-dan-contoh-penerapannya/>. [Diakses 13 September 2023]

LAMPIRAN

TABEL PERBAIKAN LAPORAN AKHIR CAPSTONE

MAHASISWA #1 : 20524052 Adhitya Yunianto

MAHASISWA #2 : 20524068 Muhamad Taruna Pramudhita

JUDUL/TOPIK : Sistem Kontrol Cahaya, Temperatur, dan Kualitas Udara Ruangan Kelas (Smart Class) di FTI Ull untuk Mendukung UI GreenMetric

No	Saran penguji	Perbaikan oleh mahasiswa	Halaman	Status
1	Caption Gambar dan Tabel tidak perlu dicetak miring kecuali jika ada kata asing. Pada beberapa bagian belum seragam spasi antar barisnya. Mohon dicek juga di Dampak implementasi.	Caption gambar dan tabel sudah diperbaiki. Kemudian spasi pada laporan sudah diseragamkan dan untuk dampak implementasi sudah dirapikan.	11 - 111	Under review
2	Berikan persamaan terkait perhitungan error, akurasi secara detail. Berikan juga bagaimana perhitungan LUMEN secara teori dan mengapa hasilnya belum sesuai dengan experiment.	Perhitungan error sudah ditambahkan di bagian Hasil Pengukuran dan Analisis dan pada masing-masing percobaan. Perhitungan lumen (lux) dimasukkan pada bagian Dasar Teori (Pencahayaannya). Kesesuaian hasil sudah dimasukkan ke bagian analisis pada bagian pengukuran.	91 - 113 23	Under review
3	Pada beberapa gambar masih kurang jelas atau resolusinya terlalu rendah. misal di Gambar 3.9.	Gambar-gambar yang kurang jelas sudah di perbaharui	64-66	Under review
4	Apakah akurasi dari hasil percobaan sudah cukup mewakili performa dari alat yg sudah dibuat? Jika belum mhn dijelaskan	sudah diberikan penjelasan pada bab 5	106	Under review
5				Not started
6				Not started
7				Not started
8				Not started
9				Not started
10				Not started

Yogyakarta, 4 Agustus 2024

Menyetujui,
Penguji



Hasbi Nur Prasetyo Wisudawan

- Desain model/produk/sistem termasuk aplikasi
- Skematik elektronik keseluruhan
- Foto-foto proses pengerjaan
- Dokumentasi keuangan (tabel excelnya saja, tidak perlu nota dsb)