

**RANCANGAN SISTEM LAMPU CERDAS BERBASIS IOT  
DENGAN MODUL ESP32 DAN KME SMART UNTUK  
PENINGKATAN EFISIENSI KERJA DI BANDARA  
SOEKARNO-HATTA**

*IoT-Based Smart Light System Design With Esp32 And KME Smart  
Module To Increase Work Efficiency At Soekarno-Hatta Airport*

**SKRIPSI**

**Disusun sebagai syarat kelulusan pendidikan pada program studi  
strata 1 Teknik Elektro Universitas Sangga Buana YPKP**

**Disusun oleh:**

**MOH IKHWAN SYAFIQI**

**2114237020**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SANGGA BUANA YPKP BANDUNG**

**2025**

	UNIVERSITAS SANGGA BUANA	FORMULIR LEMBAR PENGESAHAN	
	JL PH.H Mustofa No 68 Bandung 40124	No. Revisi	
		Berlaku Efektif	

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**RANCANGAN SISTEM LAMPU CERDAS BERBASIS IOT DENGAN  
 MODUL ESP32 DAN KME SMART UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI  
 KERJA DI BANDARA SOEKARNO-HATTA**

*IoT-Based Smart Light System Design With Esp32 And KME Smart Module To  
 Increase Work Efficiency At Soekarno-Hatta Airport*

Disusun oleh:

**MOH IKHWAN SYAFIQI**

**2114237020**

Telah disetujui dan disahkan sebagai Skripsi Program S1 Teknik Elektro Fakultas  
 Teknik Universitas Sangga Buana YPKP

Bandung, 10 Februari 2025

Disahkan oleh:

Pembimbing



Kusmadi, S.T., M.T

NIK : 432200202

	<b>UNIVERSITAS SANGGA BUANA</b>	<b>FORMULIR LEMBAR PENGESAHAN</b>	
	<b>JL PH.H Mustofa No 68 Bandung 40124</b>	<b>No. Revisi</b>	
		<b>Berlaku Efektif</b>	

Penguji 1



Muhammad Farhan Maulana S.T.M.T.  
NIK : 990000151

Penguji 2



Ivany Sarief S.T.M.T.  
NIK : 432200122

Mengetahui,  
Ketua Prodi Teknik Elektro



Ivany Sarief S.T., M.T.  
NIK : 432200122

	UNIVERSITAS SANGGA BUANA	FORMULIR LEMBAR PENGESAHAN	
	JL PH.H Mustofa No 68 Bandung 40124	No. Revisi	
		Berlaku Efektif	

## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Nama : Moh Ikhwan Syafiqi  
 NPM : 2114237020  
 Alamat : Jl. Ilham 003/001 Takerharjo, Solokuro, Lamongan  
 No. Telp/HP : 085895775259  
 E-mail : ikhwansyafiqi96@gmail.com

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan karya orisinal saya sendiri, dengan judul:

**RANCANGAN SISTEM LAMPU CERDAS BERBASIS IOT DENGAN  
 MODUL ESP32 DAN KME SMART UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI  
 KERJA DI BANDARA SOEKARNO-HATTA**

*IoT-Based Smart Light System Design With Esp32 And KME Smart Module To  
 Increase Work Efficiency At Soekarno-Hatta Airport*

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap kejujuran akademik atau etika keilmuan dalam karya ini, atau ditemukan bukti yang menunjukkan ketidak aslian.



Bandung, 10 Februari 2025.

Moh Ikhwan Syafiqi

NPM : 2114237020

## ABSTRAK

Bandara Soekarno-Hatta sebagai salah satu bandara teraktif di Asia berada dalam menghadapi tekanan pengelolaan konsumsi energi, khususnya di sistem penerangan yang beroperasi secara harian hampir 24 jam. Untuk meningkatkan efisiensi energi, penelitian ini merancang sistem kendali lampu cerdas berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 dan aplikasi KME *Smart*. Sistem kendali lampu cerdas ini rancang untuk mengatur lampu secara otomatis berdasarkan kondisi lingkungan, termasuk intensitas cahaya dan kehadiran orang, dan memungkinkan untuk pemantauan dan pengendalian dari jarak jauh melalui internet. Pengujian sistem mencakup evaluasi perangkat keras, perangkat lunak, serta performa aplikasi KME *Smart* dalam mengendalikan lampu secara *real-time*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mengontrol delapan lampu dengan respon rata-rata 0,2 detik, meskipun terdapat keterlambatan hingga 2 detik akibat gangguan konektivitas internet. Selain itu, pengukuran tegangan relai juga menunjukkan rentang variasi sebesar 1,383 V hingga 1,642 V. Dari hasil penelitian ini terungkap bahwa implementasi sistem kendali lampu cerdas berbasis IoT dapat memperbaiki efisiensi energi dan efektivitas operasional di Bandara Soekarno-Hatta, terutama pada ruang-ruang kritis seperti terminal penumpang dan ruang tunggu.

Kata kunci: IoT, ESP32, KME *Smart*, lampu cerdas, efisiensi energi, bandara

## ABSTRACT

*Soekarno-Hatta Airport, which is among the busiest airports in Asia, has a problem with energy consumption management, especially in its lighting system, which runs almost 24 hours a day. To improve energy efficiency, this research creates an intelligent lighting control system based on the Internet of Things (IoT) with the ESP32 microcontroller and the KME Smart application. This system seeks to automatically control lights based on environmental conditions, such as light intensity and the presence of people, and remote control and monitoring via the internet. Testing of the system involves hardware, software, and performance evaluation of the KME Smart app in actual lighting control. The test reveals that the system can handle up to eight lights with an average response time of 0.2 seconds, though a worst-case delay of 2 seconds was observed due to internet connectivity. Furthermore, voltage measurements on the relays varied between 1.383 V and 1.642 V. The findings show that the implementation of an IoT-based Smart lighting control system can improve operational performance and energy efficiency at Soekarno-Hatta Airport, particularly in critical areas such as passenger terminals and waiting lounges.*

*Keywords: IoT, ESP32, KME Smart, Smart lighting, energy efficiency, airport*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang mana atas berkat, rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Rancangan Sistem Lampu Cerdas Berbasis IoT Dengan Modul ESP32 Dan KME *Smart* Untuk Peningkatan Efisiensi Kerja Di Bandara Soekarno-Hatta”. Penulis menyusun Skripsi ini adalah syarat untuk menyelesaikan program Sarjana Teknik Elektro Universitas Sangga Buana YPKP.

Dalam proses pengerjaan tugas akhir ini, banyak tantangan yang harus dihadapi penulis, Oleh karena itu penulis menyadari masih banyak kekurangan akan penyelesaian Tugas Akhir ini, karena keterbatasan ilmu pengetahuan yang dimiliki. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua orang, baik yang membaca dan mempelajarinya terutama untuk penulis itu sendiri, sehingga penulis dapat mengimplementasikan dan meningkatkan kemampuan pada setelah membuat Tugas Akhir dan menulis Skripsi ini.

Dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua orang yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini, baik secara materi, do'a dan motivasi tanpa henti.

Bandung, 10 Februari 2025

Moh Ikhwan Syafiqi

## UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam proses penyusunan proposal penelitian ini peneliti banyak mendapatkan bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Peneliti mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Ivany Sarief, S.T., M.T. Selaku Ketua Prodi Fakultas Teknik Elektro di Universitas Sangga Buana.
2. Bapak Ketut Abimanyu Munastha, S.T., M.T. Kepala Biro Akademik di Univesitas Sangga Buana.
3. Bapak Kusmadi S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing, yang selalu membantu saya dalam menyelesaikan tugas proposal ini, serta memberikan wawasan dan pengalaman yang sangat berharga.
4. Dengan penuh rasa hormat dan cinta, saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua tercinta, yang selalu memberikan doa, dukungan, kasih sayang, dan semangat yang tiada henti dalam setiap langkah perjuangan saya.
5. Rekan-rekan kerja saya yang telah memberikan dukungan, bantuan, serta motivasi selama proses penelitian ini. Kerjasama, diskusi, dan kebersamaan yang kita jalani telah menjadi bagian yang sangat berarti dalam perjalanan akademik saya.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iv
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
UCAPAN TERIMAKASIH .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	2
1.3 Rumusan Masalah .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI .....	5
2.2 Konsep Dasar Efisiensi Penerangan.....	8
2.3 <i>Light Emitting Diode (LED)</i> .....	9
2.4 Sistem <i>Internet Of Things (IoT)</i> .....	12
2.5 <i>KME Smart</i> .....	13
2.6 ESP32 .....	13
2.7 <i>Relay</i> .....	14
2.8 Kajian Penelitian Terdahulu.....	15

BAB III METODE PENELITIAN .....	17
3.1 Gambaran Umum .....	17
3.2 Tahapan Penelitian .....	19
3.3 Desain Sistem .....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	24
4.1 Pengujian KME <i>Smart</i> .....	24
4.2 Pengujian Relai dan LED .....	28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	30
5.1 Kesimpulan.....	30
5.2 Saran.....	30
DAFTAR PUSTAKA.....	32
DAFTAR LAMPIRAN .....	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram <i>State Of The Art</i> .....	5
Gambar 2. 2 Lampu LED.....	11
Gambar 2. 3 Modul ESP32 .....	14
Gambar 2. 4 Modul Relai.....	15
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	19
Gambar 3. 2 Blok Diagram Sistem.....	20
Gambar 3. 3 Flowchart Sistem.....	22
Gambar 3. 4 Pengkabelan Sistem.....	23
Gambar 3. 5 Maket Bandara Tampak Atas .....	23
Gambar 4. 1 Realisasi Sistem.....	24
Gambar 4. 2 Tampilan KME Smart.....	25



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Referensi Jurnal Yang Digunakan .....	6
Tabel 4. 1 Pengujian KME <i>Smart</i> menggunakan <i>hotspot smartphone</i> .....	26
Tabel 4. 2 Pengujian KME <i>Smart</i> menggunakan internet stabil .....	27
Tabel 4. 3 Pengujian Tegangan Keluaran.....	29



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bandara Soekarno-Hatta adalah gerbang udara utama Indonesia, menghubungkan jutaan penumpang domestik dan internasional setiap tahunnya (Kementerian Perhubungan, 2023). Sebagai salah satu bandara tersibuk di Asia Tenggara, bandara ini beroperasi hampir 24 jam sehari, 7 hari seminggu. Dalam operasionalnya, bandara ini sangat bergantung pada infrastruktur yang berfungsi secara terus menerus, termasuk sistem penerangan yang tersebar di berbagai area kritis seperti terminal, area boarding, tempat parkir, jalan akses, hingga area keamanan. Penerangan ini tidak hanya berfungsi untuk kenyamanan penumpang, tetapi juga merupakan elemen penting dalam menjaga keamanan dan kelancaran aktivitas sehari-hari di bandara.

Namun, cakupan yang luas dan kebutuhan operasional menimbulkan permasalahan dalam pengelolaan sistem pencahayaan, terutama terkait dengan konsumsi energi yang sangat tinggi (Rizki & Santoso, 2021). Sebagian besar area bandara masih menyala sepanjang waktu, padahal hal tersebut belum tentu diperlukan, misalnya area parkir yang jarang ditempati atau area terminal yang tidak selalu dipenuhi tamu (Setiawan et al., 2020). Pemanfaatan sistem pencahayaan tradisional yang masih mengandalkan pengoperasian manual atau pengatur waktu juga menyebabkan inefisiensi dalam pengelolaan energi (Putra & Wijaya, 2019).

Seiring dengan kemajuan teknologi *Internet of Things* (IoT), terdapat peluang besar untuk meningkatkan efisiensi energi dengan penerapan sistem kontrol pencahayaan cerdas (Gonzalez et al., 2020). Teknologi IoT memungkinkan perangkat untuk berinteraksi dan berkomunikasi satu sama lain secara otomatis sebagai respons terhadap kondisi lingkungan secara langsung, misalnya sensor cahaya dan sensor kehadiran manusia yang dapat mengatur intensitas pencahayaan berdasarkan kebutuhan (Rahman et al., 2021).

Pemanfaatan mikrokontroler ESP32 dengan modul KME *Smart* menawarkan solusi yang ekonomis dan efektif dalam eksekusi sistem pengendalian lampu cerdas berbasis *Internet of Things* (Suryanto & Hakim, 2022). Mikrokontroler ESP32 menawarkan dukungan untuk konektivitas Wi-Fi dan *Bluetooth*, sementara modul KME *Smart* dapat dihubungkan dengan semua jenis perangkat lampu untuk memungkinkan pengaturan secara otomatis melalui jaringan internet (Fajar et al., 2023). Kombinasi kedua komponen ini memberikan fleksibilitas tinggi dalam merancang sistem penerangan cerdas yang dapat dikendalikan dari jarak jauh melalui platform berbasis web atau aplikasi *mobile*.

Dengan menerapkan sistem kendali lampu berbasis IoT di Bandara Soekarno-Hatta, diharapkan dapat tercipta efisiensi yang signifikan dalam pengelolaan energi. Lampu di area yang jarang digunakan dapat dimatikan secara otomatis ketika tidak ada aktivitas, sementara lampu di area dengan lalu lintas tinggi dapat menyesuaikan intensitas pencahayaan sesuai kebutuhan. Selain itu, sistem ini juga dapat membantu memperpanjang umur lampu karena penggunaannya menjadi lebih efisien dan terkontrol.

Dalam menghadapi tantangan global terkait efisiensi energi dan keberlanjutan lingkungan, penerapan teknologi IoT untuk sistem kendali lampu cerdas di Bandara Soekarno-Hatta juga sejalan dengan upaya global untuk mengurangi jejak karbon dan mempromosikan penggunaan energi yang lebih bertanggung jawab (*World Economic Forum*, 2022). Penelitian dan pengembangan sistem ini diharapkan tidak hanya berdampak pada efisiensi energi di bandara, tetapi juga menjadi model bagi bandara-bandara lain di Indonesia dan wilayah sekitarnya.

## 1.2 Tujuan Penelitian

1. Merancang dan mengembangkan sistem kendali lampu cerdas berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32 dan modul KME *Smart* yang dapat diterapkan di Bandara Soekarno-Hatta.
2. Meningkatkan efisiensi kerja pada sistem penerangan bandara melalui otomatisasi kontrol lampu.

3. Mengembangkan sistem monitoring dan pengelolaan penerangan yang terhubung dengan platform IoT untuk memudahkan kontrol jarak jauh serta meningkatkan fleksibilitas manajemen penerangan.

### **1.3 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan tujuan penelitian, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan mengembangkan sistem kendali lampu cerdas berbasis IoT dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 dan modul KME *Smart* yang dapat diimplementasikan di Bandara Soekarno-Hatta?
2. Seberapa efektif sistem kendali lampu cerdas dalam meningkatkan efisiensi kerja pada sistem penerangan di Bandara Soekarno-Hatta?
3. Bagaimana sistem ini dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh melalui platform IoT, dan seberapa besar fleksibilitas yang dapat diperoleh dari penerapan kontrol jarak jauh tersebut?

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Sistem kendali lampu cerdas yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat membantu Bandara Soekarno-Hatta mengelola lampu dan mengoptimalkan penggunaan penerangan sesuai kebutuhan.
2. Mampu membantu teknisi atau operator dalam memantau dan mengendalikan sistem penerangan dari jarak jauh, memberikan kemudahan dalam manajemen operasional penerangan, terutama di area yang luas dan sulit dijangkau.
3. Mendorong inovasi di sektor penerbangan, khususnya dalam manajemen fasilitas yang lebih ramah lingkungan dan hemat energi.

### **1.5 Batasan Masalah**

Agar penelitian ini tetap fokus dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, terdapat beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya menerapkan sistem kendali lampu cerdas berbasis IoT yang diterapkan di Bandara Soekarno-Hatta pada area tertentu yang dipilih sebagai studi kasus, seperti terminal, area parkir, atau jalur akses.
2. Implementasi sistem dilaksanakan dalam skala yang terbatas dan tidak mencakup semua sistem penerangan di bandara.
3. Sistem kendali lampu pintar ini menggunakan mikrokontroler ESP32 dan modul KME Smart sebagai komponen utama dalam kontrol lampu.
4. Ketersediaan jaringan internet dan kestabilan konektivitas IoT diatur dalam kondisi optimal tanpa gangguan yang signifikan.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan pada proposal skripsi dengan judul “Rancang Bangun Sistem Lampu Cerdas Berbasis Iot Dengan Modul Esp32 Dan KME *Smart* Untuk Peningkatan Efisiensi Penerangan Di Bandara Soekarno-Hatta” :

BAB I : Pendahuluan yang terdiri dari latar belakang, tujuan penelitian, rumusan masalah, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II : Landasan teori serta terdapat kajian Pustaka

BAB III : Metodologi penelitian mencakup subyek dan obyek penelitian, metode penelitian, populasi dan sampel, variable dan definisi operasional, Teknik pengumpulan data serta analisis data.

BAB IV : Pada bab ini dibahas mengenai hasil perancangan dan analisa dari data hasil pengujian prototipe sistem kontrol dan pemantauan alat.

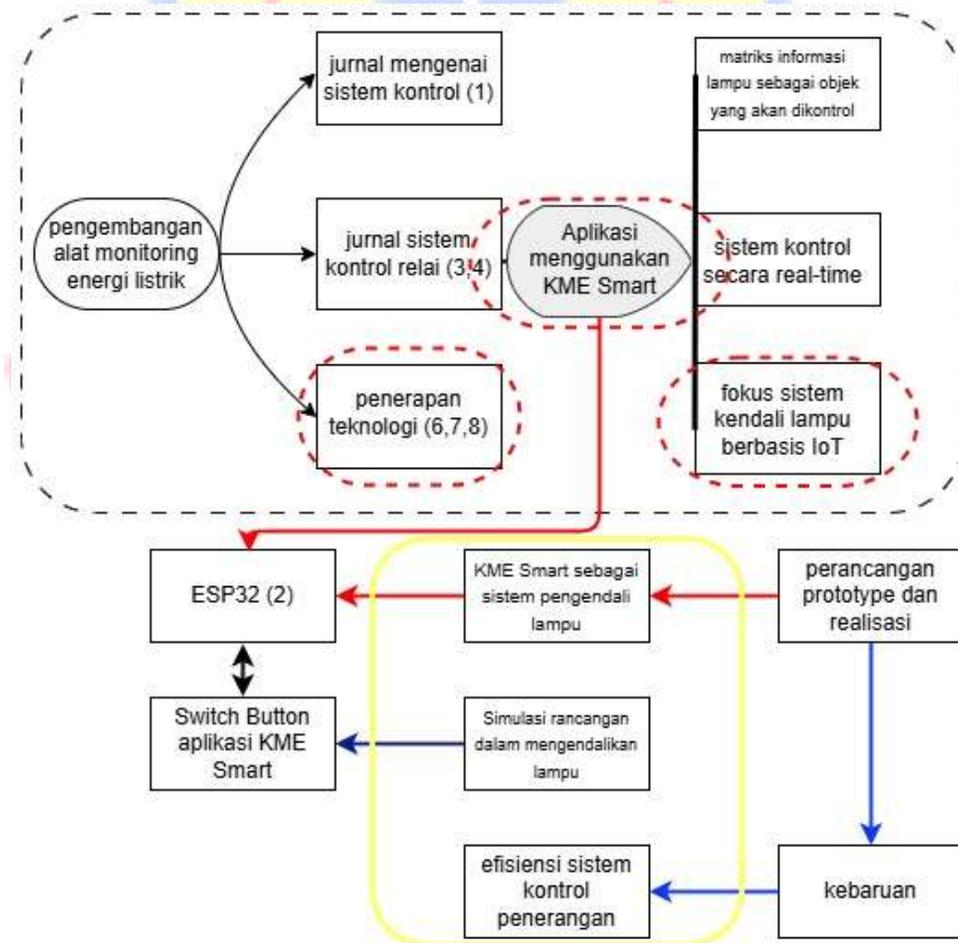
BAB V : Kesimpulan dan Saran sebagai akhir dari penelitian yang berisi simpulan sebagai penjelasan dari rumusan masalah. Agar penelitian ini mendapatkan umpan balik, maka dibuatkan saran – saran bagi pihak – pihak terkait sehingga akan mendapatkan masukan untuk perbaikan.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

*State of the art* dalam konteks penelitian ini berfungsi sebagai elemen penting untuk memahami dan merumuskan posisi penelitian dalam ranah ilmiah yang lebih luas. *State of the art* terlihat pada penggunaan jurnal terkait sistem kendali, penerapan teknologi IoT, dan sistem pengendalian penerangan di Bandara Soekarno-Hatta menggunakan mikrokontroler ESP32 dan modul KME *Smart* yang terhubung dengan platform IoT untuk otomatisasi dan kontrol jarak jauh.



**Gambar 2. 1 Diagram *State Of The Art***

**Tabel 2. 1 Referensi Jurnal Yang Digunakan**

<b>Judul Jurnal</b>	<b>Penulis</b>	<b>Tahun Terbit</b>	<b>Metode Penelitian</b>	<b>Sitem kerja</b>
Sistem Pantau dan Kendali Peralatan Listrik Rumah Berbasis Internet of Things (IoT)	F. Farid and N. S Salahuddin	2024	Kualitatif	teknologi IoT untuk memonitor dan mengontrol peralatan listrik secara jarak jauh melalui perangkat terhubung ke internet, seperti smartphone atau komputer
Pendeteksi Kehadiran Menggunakan Esp32 Untuk Sistem Pengunci Kakitu Otomatis	A. Prafanto, E. Budiman, P. P Widagdo, G. Mahendra Putra, Wardhana, and U. Mulawarman	2021	Kuantitatif	mengontrol kunci kakitu secara manual dari jarak jauh
Sistem Kendali Lampu pada Smart Home Berbasis IoT (Internet of Things)	D. Susilo, C Sari, and G. W Krisna	2021	Kualitatif	Mengendalikan Lampu pada Smart Home Berbasis IoT (Internet of Things)
Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relai	M. Salch and M. Haryanti	2017	Kualitatif	Sistem keamanan rumah. berbasis relai dirancang. untuk mengontrol perangkat keamanan seperti kunci kakitu,

				alarm, atau kamera pengawas secara otomatis.
Penerapan Internet of Things (IoT) Pada Sistem Kendali Lampu Berbasis Mobile	R. Muzawi, W. Joni Kurniawan	2018	Kualitatif	Platform IoT memperbarui informasi di aplikasi mobile sehingga pengguna dapat memantau status lampu secara real-time.
Internet of Thing Sistem Pengendalian Lampu Jarak Jauh Menggunakan Nodemcu Amica CP2102 berbasis Mobile	R. Apriza Dini	2021	Kualitatif	Sistem pengendalian lampu jarak jauh berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan NodeMCU Amica CP2102 dan aplikasi mobile bekerja dengan memanfaatkan teknologi IoT untuk mengontrol lampu secara remote melalui perangkat mobile.
Perancangan Sistem Monitoring Dan Pengendalian Lampu Menggunakan Sensor Gerak Dan Sensor Cahaya Dilengkapi Internet Of Things (lot)	N. Imamah and D. Sagara Andika	2021	Kualitatif	mengontrol lampu secara otomatis berdasarkan deteksi gerak dan intensitas cahaya di sekitarnya Rancangan pengendalian lampu berbasis internet of things di bandar udara internasional soekarno-hatta

## 2.2 Konsep Dasar Efisiensi Penerangan

Efisiensi penerangan adalah rasio antara jumlah cahaya yang dihasilkan, yang diukur dalam lumen, dan daya listrik yang digunakan, yang diukur dalam watt. Dalam hal ini, semakin tinggi efisiensi penerangan, semakin banyak cahaya yang dihasilkan dengan penggunaan daya yang lebih sedikit, yang pada gilirannya dapat mengurangi biaya energi dan dampak lingkungan. Efisiensi penerangan yang baik sangat penting dalam mengurangi konsumsi energi, terutama dalam konteks penerangan gedung, ruang publik, dan rumah tinggal. Beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi penerangan meliputi:

- *Luminous Efficacy*

Merupakan ukuran seberapa efisien sumber cahaya menghasilkan cahaya yang terlihat (lumen) per unit daya listrik (*watt*). Sumber cahaya dengan *luminous efficacy* tinggi akan menghasilkan lebih banyak cahaya dengan konsumsi energi yang lebih rendah. Sebagai contoh, lampu LED memiliki *luminous efficacy* yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan lampu pijar atau halogen, yang berarti LED dapat memberikan penerangan yang lebih baik dengan penggunaan daya yang lebih rendah [1]. Pemilihan jenis lampu dengan efisiensi *luminous* tinggi sangat penting dalam desain pencahayaan yang hemat energi.

- Desain Pencahayaan

Desain pencahayaan melibatkan tata letak dan distribusi lampu di dalam ruangan atau area luar ruangan. Penataan yang tepat akan menghasilkan distribusi cahaya yang merata tanpa pemborosan energi. Misalnya, lampu yang ditempatkan terlalu jauh atau tidak sesuai dengan kebutuhan pencahayaan ruangan dapat mengakibatkan ketidakseimbangan cahaya, mengharuskan penggunaan lampu lebih banyak untuk mencapai pencahayaan yang cukup [2]. Oleh karena itu, desain pencahayaan yang baik harus mempertimbangkan intensitas dan penempatan lampu, serta kebutuhan pencahayaan berdasarkan fungsi ruang.

- Reflektansi Permukaan

Reflektansi permukaan adalah kemampuan suatu bahan untuk memantulkan cahaya. Permukaan dengan daya pantul tinggi, seperti dinding putih atau langit-langit yang terang, dapat meningkatkan efektivitas pencahayaan ruangan tanpa memerlukan tambahan konsumsi daya. Bahan dengan reflektansi tinggi dapat mengurangi kebutuhan akan jumlah lampu dan daya listrik yang digunakan karena cahaya yang dipantulkan akan menyebar ke seluruh ruangan, memberikan pencahayaan yang lebih merata tanpa pemborosan energi [3]. Ini menjadikan pemilihan material yang tepat untuk dinding, langit-langit, dan lantai sebagai faktor penting dalam meningkatkan efisiensi penerangan.

- Teknologi Kontrol Pencahayaan

Teknologi kontrol pencahayaan, seperti sensor gerak, sensor cahaya alami, dan sistem otomatisasi yang terintegrasi, dapat mengoptimalkan penggunaan energi. Sistem ini memungkinkan pencahayaan hanya menyala saat diperlukan dan mematikan atau menyesuaikan intensitas cahaya berdasarkan kebutuhan. Sebagai contoh, sensor cahaya dapat mengurangi intensitas lampu ketika cahaya matahari cukup, dan sensor gerak dapat mematikan lampu saat tidak ada orang di ruangan. Penggunaan sistem kontrol otomatis ini terbukti dapat meningkatkan efisiensi sistem pencahayaan hingga 30% [4]. Hal ini juga berdampak pada penghematan energi dan biaya operasional dalam jangka panjang.

Menurut sebuah studi [5], penerapan teknologi kontrol otomatis dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi sistem pencahayaan, terutama dalam gedung-gedung komersial atau perkantoran yang memiliki volume penggunaan energi tinggi. Sistem yang terintegrasi dengan sensor dan *dimmer* mampu menyesuaikan pencahayaan dengan kebutuhan secara *real-time*, sehingga mengurangi pemborosan energi dan memastikan penggunaan cahaya yang optimal.

### **2.3 Light Emitting Diode (LED)**

*Light Emitting Diode* (LED) adalah teknologi pencahayaan yang berbasis semikonduktor yang memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan dengan lampu

konvensional seperti lampu pijar dan lampu *fluorescent*. Teknologi LED telah merevolusi dunia penerangan dengan menawarkan efisiensi energi yang tinggi, umur pakai yang panjang, serta pengurangan dampak lingkungan. Beberapa keunggulan utama dari LED adalah sebagai berikut:

- **Efisiensi Tinggi**

Salah satu keunggulan utama dari LED adalah efisiensinya yang sangat tinggi, dengan *luminous efficacy* yang dapat mencapai 150-200 lumen per *watt* [6]. Ini berarti LED dapat menghasilkan lebih banyak cahaya (lumen) dibandingkan dengan daya listrik (*watt*) yang dikonsumsinya. Dibandingkan dengan lampu pijar yang hanya memiliki *luminous efficacy* sekitar 10-17 lumen per *watt*, LED mampu memberikan penerangan yang lebih terang dengan penggunaan daya yang jauh lebih rendah. Hal ini membuat LED menjadi pilihan utama untuk aplikasi pencahayaan yang membutuhkan efisiensi energi tinggi.

- **Umur Operasional Panjang**

LED memiliki umur operasional yang sangat panjang, dengan masa pakai hingga 50.000 jam [7]. Ini jauh lebih lama dibandingkan dengan lampu pijar yang hanya bertahan sekitar 1.000-2.000 jam. Umur yang panjang ini mengurangi frekuensi penggantian lampu, yang pada gilirannya mengurangi biaya pemeliharaan dan dampak lingkungan terkait dengan pembuangan lampu yang sudah usang. Penggunaan LED juga berkontribusi pada pengurangan limbah elektronik, yang menjadi masalah besar di seluruh dunia.

- **Reduksi Konsumsi Daya**

LED dapat menghemat energi hingga 80% dibandingkan dengan lampu pijar tradisional [8]. Hal ini sangat signifikan dalam mengurangi biaya listrik dalam jangka panjang, terutama pada bangunan komersial atau rumah tangga yang menggunakan banyak lampu. Reduksi konsumsi daya ini juga berperan dalam upaya pengurangan jejak karbon, karena mengurangi kebutuhan untuk pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar fosil.

- **Rendah Emisi Panas**

LED menghasilkan sedikit panas jika dibandingkan dengan lampu pijar atau lampu halogen yang sebagian besar energi listriknya diubah menjadi panas. LED yang rendah emisi panas ini membantu mengurangi beban pendinginan pada ruangan, yang dapat berpengaruh positif pada penghematan energi untuk sistem pendingin udara. Oleh karena itu, penggunaan LED di ruang komersial atau perkantoran dapat mengurangi kebutuhan energi untuk pendinginan dan meningkatkan kenyamanan penghuninya [9].



**Gambar 2. 2 Lampu LED**

Selain keunggulan-keunggulan tersebut, LED juga memiliki berbagai jenis yang dapat dipilih sesuai dengan kebutuhan pencahayaan tertentu. Jenis-jenis LED yang sering digunakan dalam sistem pencahayaan meliputi:

- **SMD LED (*Surface-Mounted Device*)**

SMD LED adalah jenis LED yang umumnya digunakan untuk aplikasi pencahayaan kecil dan fleksibel, seperti lampu strip atau lampu plafon yang dapat dipasang langsung pada permukaan. SMD LED menawarkan keunggulan dalam hal kompak dan efisiensi energi, serta dapat diproduksi dengan biaya yang relatif rendah.

- **COB LED (*Chip on Board*)**

COB LED memiliki struktur di mana beberapa chip LED dipasang langsung pada satu papan sirkuit. COB LED menawarkan intensitas cahaya yang lebih tinggi dan lebih stabil, cocok untuk aplikasi pencahayaan yang memerlukan daya besar, seperti pencahayaan jalan atau lampu sorot.

- **High Power LED**

*High Power LED* dirancang untuk menghasilkan cahaya dengan daya tinggi, yang sering digunakan dalam aplikasi pencahayaan luar ruangan atau pencahayaan industri. Daya yang lebih besar memungkinkan *High Power LED* menghasilkan cahaya yang sangat terang dengan efisiensi yang tetap terjaga, meskipun pada tingkat konsumsi energi yang lebih tinggi [6].

Secara keseluruhan, LED telah mengubah lanskap pencahayaan dengan menyediakan solusi yang lebih hemat energi, lebih tahan lama, dan lebih ramah lingkungan. Dengan berbagai jenis LED yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan pencahayaan spesifik, teknologi ini terus menjadi pilihan utama dalam berbagai aplikasi, baik untuk penggunaan domestik maupun industri.

#### **2.4 Sistem *Internet Of Things* (IoT)**

*Internet of Things* (IoT) adalah sebuah konsep/skenario di mana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer. IoT telah berkembang dari konvergensi teknologi nirkabel, *micro-electromechanical systems* (MEMS), dan Internet. "*A Things*" pada *Internet of Things* dapat didefinisikan sebagai subjek misalkan orang dengan monitor implan jantung, hewan peternakan dengan *transponder bio chip*, sebuah mobil yang telah dilengkapi *built-in* sensor untuk memperingatkan pengemudi ketika tekanan ban rendah. Sejauh ini, IoT paling erat hubungannya dengan komunikasi *machine-to-machine* (M2M) di bidang manufaktur dan listrik, perminyakan, dan gas. Produk dibangun dengan kemampuan komunikasi M2M yang sering disebut dengan sistem cerdas atau "*Smart*". (Contoh: *Smart* label, *Smart* meter, *Smart* grid sensor). Meskipun konsep ini kurang populer hingga tahun 1999, namun IoT telah dikembangkan selama beberapa dekade. Alat Internet pertama, misalnya, adalah mesin *Coke* di Carnegie Mellon University di awal 1980-an. Para programer dapat terhubung ke mesin melalui Internet, memeriksa status mesin dan menentukan apakah ada atau tidak minuman dingin yang menunggu mereka, tanpa harus pergi ke mesin tersebut. Istilah IoT (*Internet of Things*) mulai dikenal tahun 1999 yang saat itu

disebutkan pertama kalinya dalam sebuah presentasi oleh Kevin Ashton, *cofounder and executive director of the Auto-ID Center* di MIT.

## 2.5 KME Smart

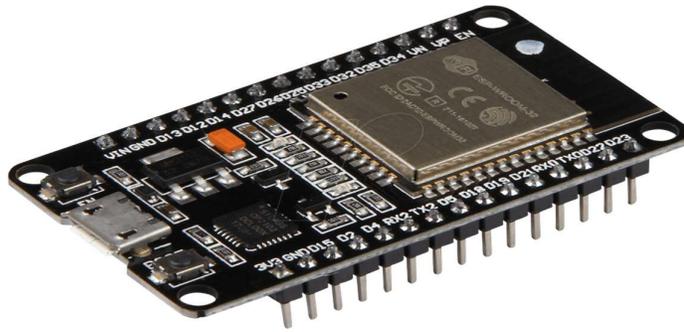
*KME Smart* Merupakan sebuah *platform Internet of Things* (IoT) yang dapat digunakan untuk menghubungkan perangkat keras IoT dengan sebuah platform IoT. Dengan menggunakan platform ini kita dapat mengontrol dan memonitor perangkat keras dari jarak jauh. Selain itu platform ini dapat menyimpan data-data dari sensor serta dapat menampilkan hasil pengukuran datanya. *Platform* ini tersedia pada website serta *Smartphone* android maupun IOS.

## 2.6 ESP32

Node MCU ESP32 merupakan sebuah *opensource platform IoT* dan pengembangan kit yang menggunakan bahasa pemrograman *Lua* untuk membantu *programmer* dalam membuat *prototype* produk *IoT* atau bisa dengan memakai *sketch* dengan Arduino IDE. Pengembangan *Kit* ini didasarkan pada modul ESP32, yang mengintegrasikan GPIO, PWM (*Pulse Width Modulation*), IIC, *1-Wire* dan ADC (*Analog to Digital Converter*) semua dalam satu *board*.

Keunikan dari Node MCU ESP32 ini sendiri yaitu memiliki ukuran yang sangat kecil yaitu panjang 4.83cm, lebar 2.54cm, dan dengan berat 7 gram. Tapi walaupun ukurannya yang kecil, *board* ini sudah dilengkapi dengan fitur *wifi* dan *firmware*nya yang bersifat *opensource*. Penggunaan Node MCU ESP32 lebih menguntungkan dari segi biaya maupun efisiensi tempat, karena Node MCU ESP32 yang ukurannya kecil, lebih praktis dan harganya jauh lebih murah dibandingkan dengan Arduino Uno.

Arduino Uno sendiri merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang banyak diminati dan memiliki bahasa pemrograman C++ sama seperti Node MCU ESP32 namun Arduino Uno belum memiliki modul *wifi* dan belum berbasis IoT. Untuk dapat menggunakan *wifi* Arduino Uno memerlukan perangkat tambahan berupa *wifi shield*. Node MCU ESP32 merupakan salah satu produk yang mendapatkan hak khusus dari Arduino untuk dapat menggunakan aplikasi Arduino sehingga bahasa pemrograman yang digunakan sama dengan board Arduino pada umumnya [2].



**Gambar 2. 3 Modul ESP32**

ESP32 merupakan penerus dari *module* ESP8266. Pada ESP32 terdapat inti CPU serta *Wifi* yang lebih cepat, GPIO yang lebih, dan mendukung *Bluetooth* 4.2 konsumsi daya yang rendah. Tabel di bawah menunjukkan perbedaan utama antara ESP 32 dan ESP8266.

### **2.7 Relay**

*Relay* adalah suatu peranti yang bekerja berdasarkan elektromagnetik untuk menggerakkan sejumlah kontaktor yang tersusun atau sebuah saklar elektronis yang dapat dikendalikan dari rangkaian elektronik lainnya dengan memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber energinya. Kontaktor akan tertutup (menyala) atau terbuka (mati) karena efek induksi magnet yang dihasilkan kumparan (induktor) ketika dialiri arus listrik. Berbeda dengan saklar, pergerakan kontaktor (*on* atau *off*) dilakukan manual tanpa perlu arus listrik.

*Relay* yang paling sederhana ialah relai elektro mekanis yang memberikan pergerakan mekanis saat mendapatkan energi listrik. Secara sederhana relai elektro mekanis ini didefinisikan sebagai berikut.[3]

1. Alat yang menggunakan gaya elektromagnetik untuk menutup atau membuka kontak saklar.
2. Saklar yang digerakkan secara mekanis oleh daya atau energi listrik.

Sebagai komponen elektronika, relai mempunyai peran penting dalam sebuah sistem rangkaian elektronika dan rangkaian listrik untuk menggerakkan sebuah perangkat yang memerlukan arus besar tanpa terhubung langsung dengan perangkat pengendali yang mempunyai arus kecil. Dengan demikian relai dapat berfungsi sebagai pengaman.

Relai terdiri dari 3 bagian utama, yaitu:

1. *Common*, merupakan bagian yang tersambung dengan *Normally Close* (dalam keadaan normal).
2. *Coil* (kumparan), merupakan komponen utama relai yang digunakan untuk menciptakan medan magnet.
3. Kontak, yang terdiri dari *Normally Close* dan *Normally Open*.



**Gambar 2. 4 Modul Relai**

## 2.8 Kajian Penelitian Terdahulu

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengkaji efisiensi penerangan, dengan fokus pada penggunaan teknologi LED, penerapan Koefisien Manfaat Energi (KME), dan integrasi teknologi *Smart lighting*. Beberapa temuan penting dari kajian-kajian tersebut adalah sebagai berikut:

- **Efisiensi LED dengan Kontrol Otomatis**

Penelitian oleh [11] menunjukkan bahwa penggunaan LED dengan kontrol otomatis dapat menghemat hingga 50% energi dibandingkan dengan lampu fluorescent. Sistem kontrol otomatis ini, seperti sensor cahaya atau pengaturan intensitas cahaya secara otomatis, memungkinkan pencahayaan disesuaikan dengan kebutuhan ruangan, sehingga tidak ada energi yang terbuang. Hal ini berkontribusi pada pengurangan konsumsi energi yang signifikan dan lebih ramah lingkungan. Efisiensi energi yang tinggi ini menjadikan LED sebagai pilihan yang lebih baik untuk sistem pencahayaan yang hemat energi.

- **Penerapan KME dalam Desain Pencahayaan**

Penelitian lain oleh [12] menunjukkan bahwa penerapan KME dalam desain pencahayaan dapat meningkatkan efisiensi sistem pencahayaan hingga 35%. Desain pencahayaan yang baik, yang memperhitungkan faktor-faktor seperti penempatan lampu, penggunaan material reflektif, dan kontrol intensitas cahaya, dapat memaksimalkan lumen efektif yang dimanfaatkan oleh pengguna tanpa meningkatkan konsumsi daya. Dengan memperhatikan KME, pencahayaan dapat dioptimalkan sehingga lebih sedikit energi yang dibutuhkan untuk mencapai tingkat cahaya yang diinginkan.

- **Pengurangan Konsumsi Daya dengan Teknologi *Smart Lighting***

Studi tentang penerapan Internet of Things (IoT) dalam sistem *Smart lighting* menunjukkan bahwa teknologi pencahayaan adaptif yang menggunakan IoT dapat mengurangi konsumsi daya listrik hingga 40%. Teknologi *Smart lighting* ini memungkinkan pencahayaan disesuaikan secara otomatis berdasarkan kondisi lingkungan, waktu, dan aktivitas pengguna, serta dapat dikendalikan dari jarak jauh. Hal ini mengurangi pemborosan energi yang sering terjadi pada sistem pencahayaan tradisional yang tidak memiliki kemampuan penyesuaian otomatis.

Kajian-kajian ini menunjukkan bahwa penggunaan teknologi LED, penerapan KME dalam desain pencahayaan, dan penerapan teknologi *Smart lighting* memiliki kontribusi yang signifikan terhadap efisiensi energi. Selain itu, teknologi-teknologi ini juga berperan dalam mendukung keberlanjutan lingkungan dengan mengurangi konsumsi energi dan mengurangi jejak karbon yang dihasilkan oleh sistem pencahayaan.

Secara keseluruhan, kombinasi antara LED yang efisien, penerapan prinsip KME dalam desain pencahayaan, dan penggunaan teknologi *Smart lighting* menawarkan solusi inovatif untuk mencapai pencahayaan yang lebih hemat energi dan ramah lingkungan.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

Perancangan sistem dilakukan untuk menentukan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang digunakan dalam sistem. berikut merupakan beberapa komponen yang digunakan dalam pembuatan sistem:

1. ESP32 sebagai mikrokontroler
2. Relai 4 *channel*
3. 2 Terminal Blok
4. LED strip 12V 4 lembar
5. *Power Supply* 5V 2A
6. Maket Bandara

#### 3.1 Gambaran Umum

Rancangan prototipe ini terdiri dari 2 komponen utama, yakni hardware (perangkat keras) dan *software* (perangkat lunak). Pembahasan yang digunakan dalam perangkat keras terdiri dari komponen fisik seperti modul ESP32, kabel penghubung, modul relai 4 *channel*, *Smartphone*, dan adaptor untuk modul ESP32. Sedangkan untuk perangkat lunaknya sendiri menggunakan *software* dari aplikasi KME *Smart*.

Sistem kendali lampu cerdas ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali yang menghubungkan berbagai perangkat keras seperti modul relai, dan KME *Smart* untuk mengontrol lampu. Dengan modul relai, sistem ini dapat mengontrol beberapa lampu secara terpisah. Sedangkan KME *Smart* berfungsi sebagai platform kontrol yang memungkinkan pengguna memantau dan mengelola penerangan dari jarak jauh melalui aplikasi berbasis IoT.

Pemilihan ESP32 untuk aplikasi KME *Smart* dibandingkan Arduino atau mikrokontroler lainnya didasarkan pada beberapa alasan utama yang berkaitan dengan kebutuhan sistem kendali lampu cerdas berbasis IoT. Berikut adalah beberapa alasan mengapa ESP32 lebih unggul dalam implementasi ini:

1. Konektivitas Wi-Fi & *Bluetooth* Terintegrasi

- ESP32 memiliki Wi-Fi dan *Bluetooth* bawaan, yang menjadikannya ideal untuk sistem IoT seperti KME *Smart* yang memerlukan koneksi jaringan untuk komunikasi jarak jauh.
- Arduino Uno tidak memiliki konektivitas bawaan dan memerlukan tambahan modul Wi-Fi seperti ESP8266 atau *Shield Ethernet*, yang menambah biaya dan kerumitan.

## 2. Performa lebih tinggi

- ESP32 memiliki prosesor dual-core dengan kecepatan hingga 240 MHz, jauh lebih tinggi dibandingkan Arduino Uno (16 MHz).
- Performa ini memungkinkan ESP32 menangani pemrosesan data sensor, komunikasi dengan KME *Smart*, serta pengendalian lampu secara *real-time* dengan lebih cepat dan responsif.

## 3. Konsumsi daya yang efisien

- ESP32 mendukung mode hemat daya (*deep sleep*), yang sangat penting untuk aplikasi IoT yang ingin mengurangi konsumsi energi.
- Arduino Uno tidak memiliki fitur ini secara langsung dan akan lebih boros daya jika digunakan untuk sistem yang selalu terhubung ke jaringan.

## 4. Lebih banyak GPIO dan fitur tambahan

- ESP32 memiliki lebih banyak *General Purpose Input Output* (GPIO) dibandingkan Arduino Uno, serta mendukung fitur seperti:
  - *PWM (Pulse Width Modulation)* untuk kontrol pencahayaan
  - *Analog-to-Digital Converter* (ADC) untuk membaca sensor cahaya
  - *Capacitive Touch Sensing* untuk input tambahan

Dengan lebih banyak fitur ini, ESP32 lebih fleksibel dalam mengontrol sistem penerangan cerdas.

## 5. Biaya lebih terjangkau untuk IoT

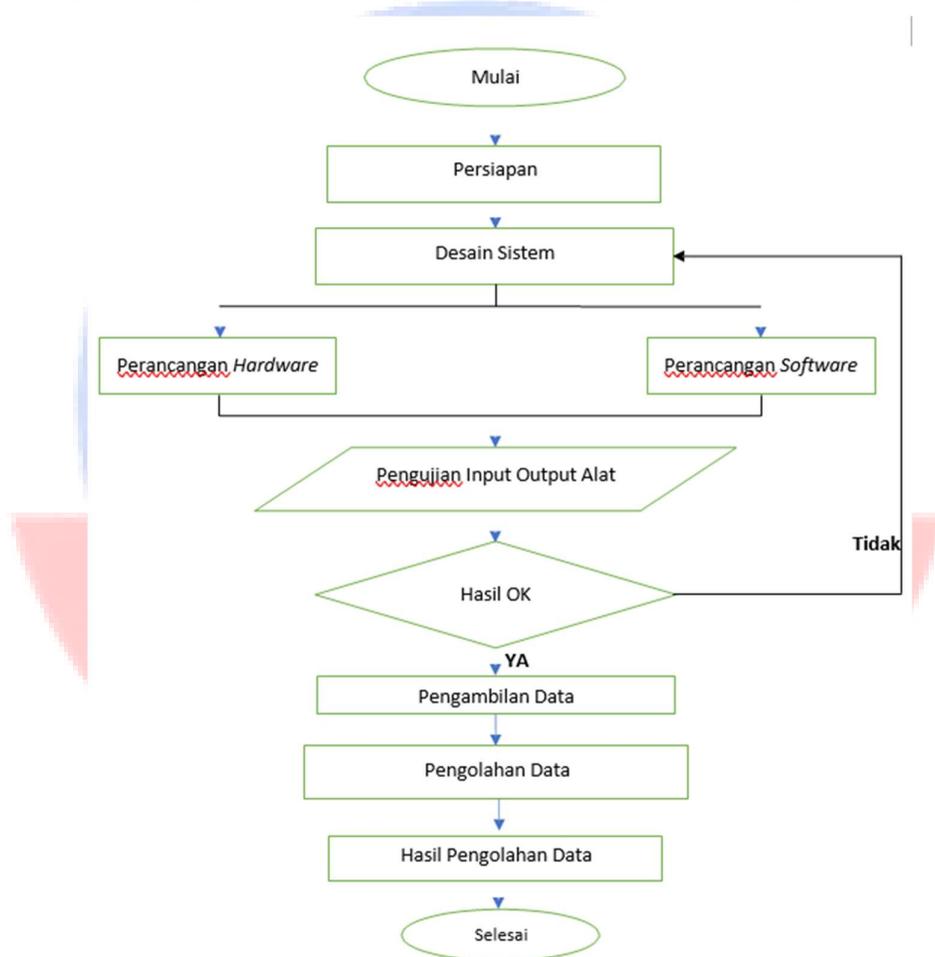
Meskipun Arduino Uno lebih murah, jika ditambah dengan *Wi-Fi Shield* atau ESP8266, total biayanya bisa lebih mahal dibandingkan ESP32, yang sudah memiliki konektivitas bawaan. Dengan memilih ESP32, sistem bisa tetap hemat biaya, lebih ringkas, dan mudah dikembangkan tanpa banyak tambahan hardware.

## 6. Perangkat yang didukung aplikasi KME *Smart*

ESP32 sendiri merupakan mikrokontroler yang hanya bisa dipasangkan dengan aplikasi KME *Smart*. Sedangkan Arduino tidak mendukung hal tersebut.

### 3.2 Tahapan Penelitian

Pendekatan metode penelitian yang dilakukan oleh penulis adalah pendekatan Studi Literatur, identifikasi masalah, penentuan fokus dan penelitian, perancangan dan pengembangan solusi, pengujian, pembahasan dan pengambilan kesimpulan. Bagan alir dari tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar berikut :



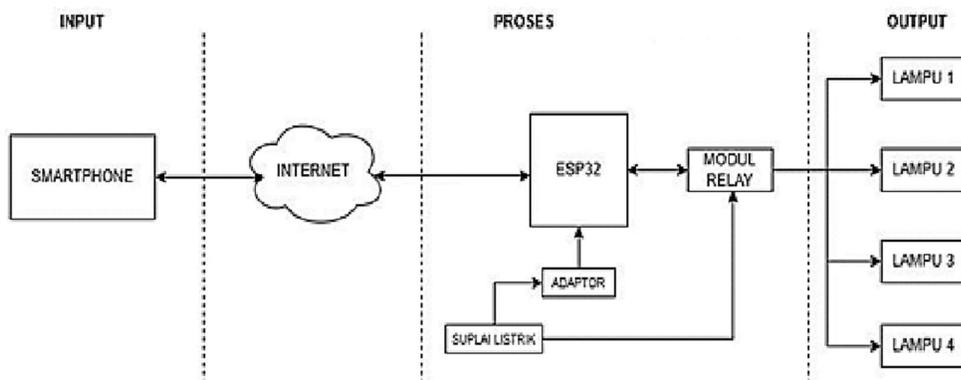
**Gambar 3. 1 Alur Penelitian**

.Gambar 3.1 menjelaskan diagram alur pembuatan alat dari tahap awal sampai akhir. Diagram flowchart adalah tahap yang akan dilakukan sesuai dengan urutan dari atas ke bawah. tahapan penelitian dimulai dengan studi literatur atau pembuatan desain rancangan terlebih dahulu. Selanjutnya menyusun perumusan

masalah dan dilanjutkan membuat deskripsi kerjanya. Tahap selanjutnya adalah mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan pembuatan desain rancangan, tahap persiapan alat dan bahan, tahap pembuatan alat dan tahap pengujian alat. Tahap pembuatan desain meliputi perancangan model dan tata letak komponen serta model pengiriman data atau instruksi yang digunakan. Selanjutnya tahap pembuatan alat yang dalam hal ini dibagi menjadi dua bagian yaitu perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Terakhir adalah tahap pengujian alat untuk memastikan semua sistem yang sudah dirancang berfungsi dengan baik.

### 3.3 Desain Sistem

Langkah awal untuk mengimplementasikan IOT di dalam pembuatan rancang bangun sistem dibutuhkan informasi komponen yang akan dipakai sebagai kebutuhan fungsional dalam perencanaan rancang bangun yang akan dibuat. Dalam hal ini penulis akan membuat sketsa diagram dari beberapa elemen yang terpisah dalam satu kesatuan yang utuh dan berfungsi dengan baik, termasuk melakukan konfigurasi komponen perangkat lunak dan perangkat keras dalam suatu sistem rancangan untuk memudahkan penulis dalam melangsungkan perencanaan rancangan sistem lampu cerdas berbasis IoT dengan modul esp32 dan KME *Smart* untuk peningkatan efisiensi kerja di bandara soekarno-hatta.



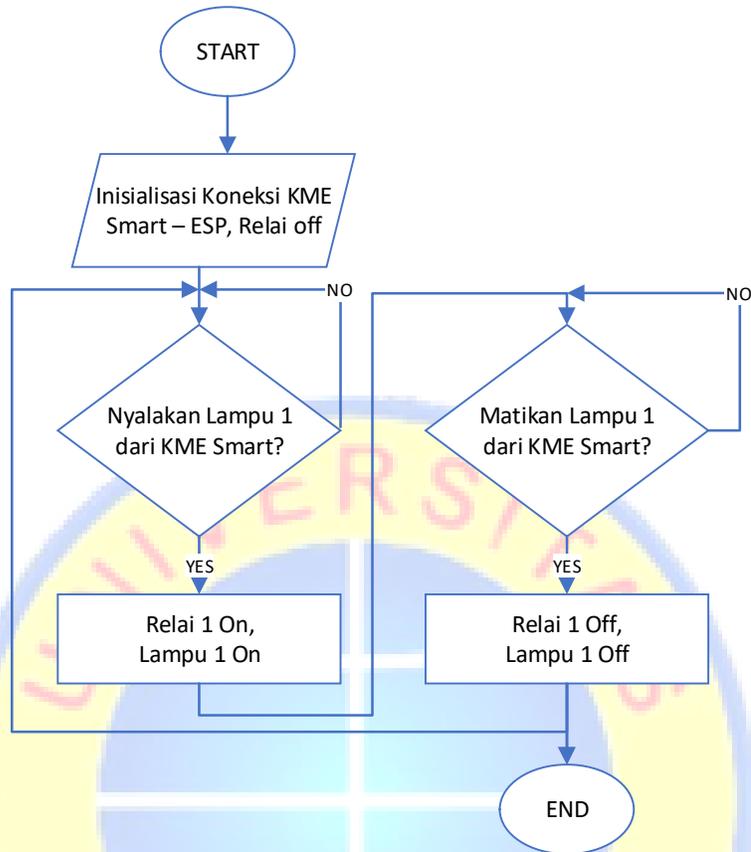
**Gambar 3. 2 Blok Diagram Sistem**

Pada Gambar 3.2 dijelaskan tentang cara kerja rangkaian sistem lampu cerdas berbasis IoT dengan modul esp32 dan KME *Smart* secara diagram blok. Rancangan sistem ini terdiri dari 2 komponen utama, yakni perangkat keras dan

perangkat lunak. Pembahasan yang digunakan dalam perangkat keras terdiri dari komponen fisik seperti modul ESP32, kabel penghubung, modul relai 4 *channel*, *Smartphone*, dan adaptor untuk modul ESP32. Sedangkan untuk perangkat lunaknya sendiri menggunakan *software* dari aplikasi KME *Smart*.

Sistem kendali lampu cerdas ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali yang menghubungkan berbagai perangkat keras seperti modul relai, dan KME *Smart* untuk mengontrol lampu. Dengan modul relai, sistem ini dapat mengontrol beberapa lampu secara terpisah. Selain mengontrol lampu, KME *Smart* berfungsi sebagai platform kontrol yang memungkinkan pengguna memantau dan mengelola penerangan dari jarak jauh melalui aplikasi berbasis IoT. Berikut adalah penjelasannya:

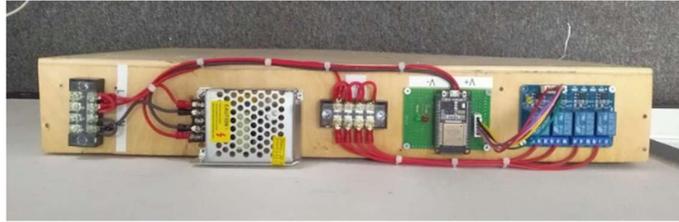
1. Pada desain input terdapat perangkat *Smartphone* sebagai perangkat pengguna untuk mengontrol lampu melalui aplikasi KME *Smart*. *Smartphone* ini mengirimkan perintah melalui internet untuk berkomunikasi antara *Smartphone* dan modul ESP32. Data yang dikirimkan oleh *Smartphone* diteruskan ke ESP32 melalui internet.
2. Tahap proses adalah tahap pengolahan data hasil pembacaan dari *input* untuk diteruskan kepada *output*. Data perlu diolah terlebih dahulu sebelum diteruskan ke *output* agar data yang tampil pada output dapat dipahami dengan mudah. Proses di sini menggunakan modul ESP32 sebagai mikrokontroler yang akan mengolah data.
3. Desain *output* merupakan tahap menampilkan nilai akhir yang sudah diolah pada bagian proses. Modul relai akan Bertindak sebagai saklar elektronik yang dikontrol oleh ESP32. Modul relai mengontrol aliran listrik ke masing-masing lampu, sehingga lampu dapat menyala atau mati sesuai perintah pengguna.



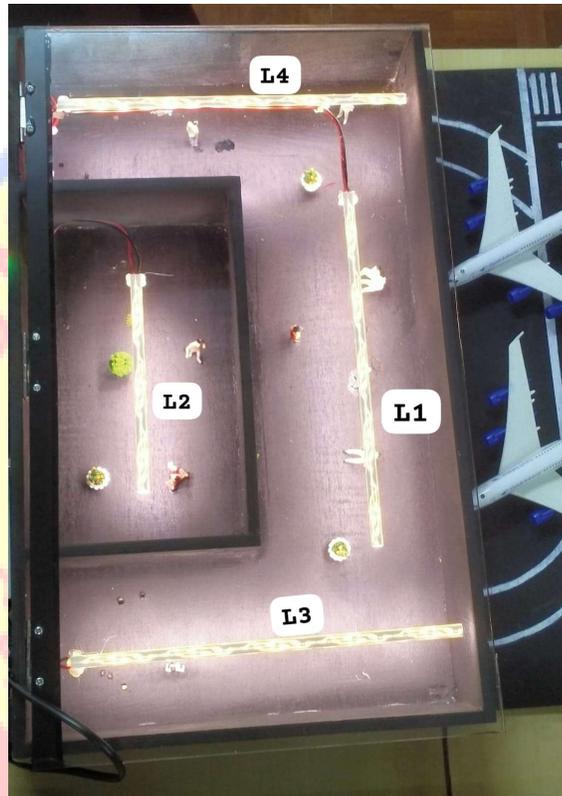
**Gambar 3. 3 Flowchart Sistem**

Maket bandara, pengkabelan dipasang pada bagian belakang maket, dengan penambahan 2 terminal blok untuk merapikan jalur kabel, seperti ditunjukkan pada gambar 3.4. Digunakan 4 lampu LED sebagai penerangan utama pada maket bandara, di mana LED dipasang pada selembur akrilik transparan, supaya pencahayaan dapat terlihat dengan jelas. Adapun posisi lampu pada maket seperti ditunjukkan pada gambar 3.5 adalah:

1. Lampu 1 diposisikan di depan maket
2. Lampu 2 diposisikan di belakang maket
3. Lampu 3 diposisikan di kanan maket
4. Lampu 4 diposisikan di kiri maket



**Gambar 3. 4 Pengkabelan Sistem**

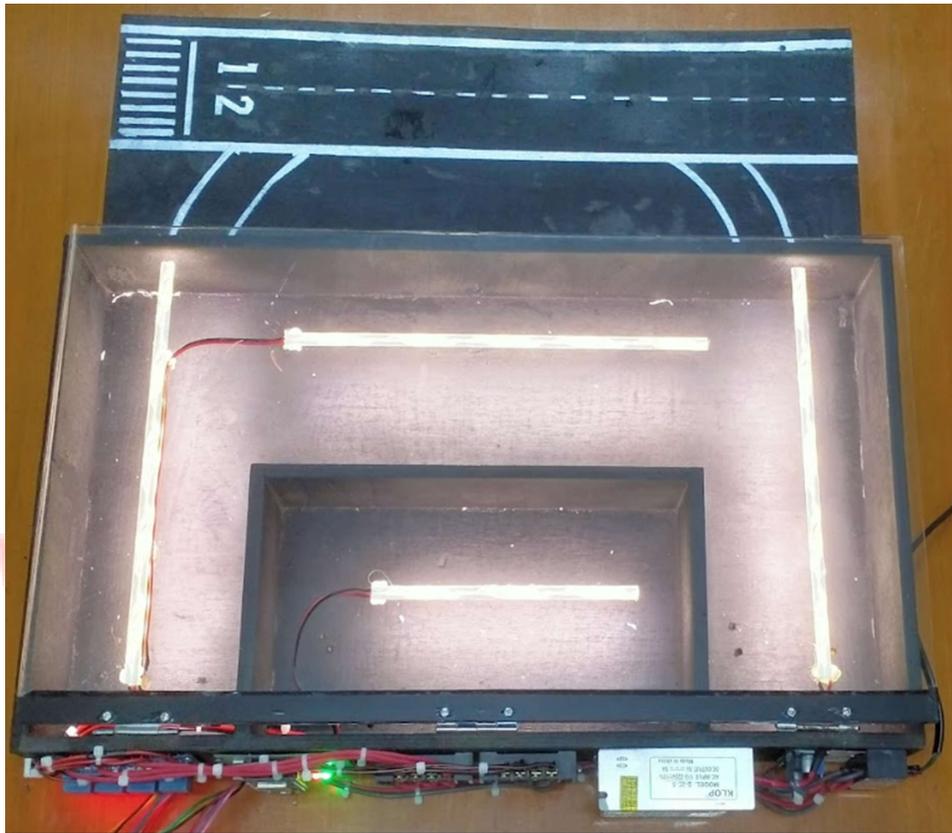


**Gambar 3. 5 Maket Bandara Tampak Atas**

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini, sistem diuji untuk mengevaluasi kinerja perangkat keras, perangkat lunak. Hasil pengujian dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu pengujian perangkat keras, pengujian perangkat lunak, dan pengujian kinerja sistem.



**Gambar 4. 1 Realisasi Sistem**

#### 4.1 Pengujian KME *Smart*

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa aplikasi KME *Smart* dapat berfungsi dengan baik dalam mengendalikan lampu melalui internet. Aplikasi ini berperan sebagai antarmuka utama bagi pengguna dalam menyalakan atau mematikan lampu secara *real-time*. Dengan adanya aplikasi ini, pengguna dapat

dengan mudah mengontrol delapan buah lampu tanpa harus berada di lokasi yang sama dengan perangkat keras yang dikendalikan.

Aplikasi KME *Smart* dipilih karena kemudahannya dalam menghubungkan perangkat IoT dengan mikrokontroler melalui jaringan internet. Pengguna hanya perlu meng-instal aplikasi di perangkat *Smartphone* dan melakukan konfigurasi yang sesuai agar dapat mengontrol sistem dengan lancar. Oleh karena itu, pengujian aplikasi ini menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa sistem bekerja dengan baik dan tidak mengalami kendala dalam operasionalnya.

**Pengujian aplikasi KME Smart dilakukan dengan fokus pada beberapa aspek utama, yaitu konektivitas aplikasi ke server, kecepatan respon terhadap perintah ON/OFF, serta tampilan antarmuka yang digunakan untuk mengontrol lampu. Pengujian ini juga mempertimbangkan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi performa aplikasi, seperti kualitas jaringan internet dan stabilitas sistem selama pengoperasian dalam jangka waktu tertentu.**



**Gambar 4. 2 Tampilan KME Smart**

Pengujian dilakukan dengan cara menekan tombol *on* dan *off* pada KME *Smart* dan melihat responnya pada relai dan LED yang terhubung. Percobaan dilakukan untuk semua lampu secara mandiri dengan menggunakan *hotspot* WiFi dari *smartphone*.

**Tabel 4. 1 Pengujian KME *Smart* menggunakan *hotspot* *smartphone***

No	KME <i>Smart</i>	LED Status	Respon (s)
1	Switch 1 On	LED 1 On	0.2
2	Switch 1 Off	LED 1 Off	0.21
3	Switch 2 On	LED 2 On	0.2
4	Switch 2 Off	LED 2 Off	0.19
5	Switch 3 On	LED 3 On	2
6	Switch 3 Off	LED 3 Off	0.21
7	Switch 4 On	LED 4 On	0.2
8	Switch 4 Off	LED 4 Off	0.22
9	Switch 1 On	LED 1 On	0.21
10	Switch 1 Off	LED 1 Off	0.22
11	Switch 2 On	LED 2 On	0.2
12	Switch 2 Off	LED 2 Off	0.18
13	Switch 3 On	LED 3 On	2.1
14	Switch 3 Off	LED 3 Off	0.22
15	Switch 4 On	LED 4 On	0.19
16	Switch 4 Off	LED 4 Off	0.23
17	Switch 1 On	LED 1 On	0.21
18	Switch 1 Off	LED 1 Off	0.20
19	Switch 2 On	LED 2 On	0.19
20	Switch 2 Off	LED 2 Off	0.20
21	Switch 3 On	LED 3 On	1.9
22	Switch 3 Off	LED 3 Off	0.23
23	Switch 4 On	LED 4 On	0.21
24	Switch 4 Off	LED 4 Off	0.22

Dari hasil ini, terlihat bahwa Switch 3 memiliki waktu respons yang lebih lama dibandingkan saklar lainnya, dengan rata-rata 2 detik. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh faktor jaringan atau keterlambatan dalam komunikasi dengan perangkat. Sedangkan, switch lainnya memiliki respons yang relatif stabil antara 0.18 - 0.23 detik.

Adapun pengujian ulang menggunakan lampu LED 220V dan koneksi internet yang lebih cepat dan stabil, respons sistem menjadi lebih stabil dan konsisten. Berikut adalah hasil pengujian berdasarkan kondisi tersebut:

**Tabel 4. 2 Pengujian KME Smart menggunakan internet stabil**

No	KME Smart	LED Status	Respon (s)
1	Switch 1 On	LED 1 On	0.1
2	Switch 1 Off	LED 1 Off	0.12
3	Switch 2 On	LED 2 On	0.11
4	Switch 2 Off	LED 2 Off	0.10
5	Switch 3 On	LED 3 On	0.5
6	Switch 3 Off	LED 3 Off	0.15
7	Switch 4 On	LED 4 On	0.12
8	Switch 4 Off	LED 4 Off	0.13
9	Switch 1 On	LED 1 On	0.12
10	Switch 1 Off	LED 1 Off	0.11
11	Switch 2 On	LED 2 On	0.1
12	Switch 2 Off	LED 2 Off	0.12
13	Switch 3 On	LED 3 On	0.45
14	Switch 3 Off	LED 3 Off	0.14
15	Switch 4 On	LED 4 On	0.1
16	Switch 4 Off	LED 4 Off	0.13
17	Switch 1 On	LED 1 On	0.11
18	Switch 1 Off	LED 1 Off	0.1
19	Switch 2 On	LED 2 On	0.1
20	Switch 2 Off	LED 2 Off	0.11

21	Switch 3 On	LED 3 On	0.42
22	Switch 3 Off	LED 3 Off	0.13
23	Switch 4 On	LED 4 On	0.1
24	Switch 4 Off	LED 4 Off	0.12

Dari hasil ini, tampak bahwa sistem dengan lampu LED 220V dan koneksi internet yang lebih cepat dan stabil memiliki respons yang lebih stabil dengan waktu rata-rata sekitar 0.1 detik untuk sebagian besar perintah, serta sedikit variasi dalam jeda waktu saklar tertentu.

Dengan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa:

1. Kecepatan Respon

- Pada LED 12V dengan hotspot WiFi, waktu respons rata-rata adalah 0.18 - 2.1 detik, terutama pada Switch 3 yang sering mengalami keterlambatan hingga 2 detik.
- Pada LED 220V dengan internet kencang, waktu respons rata-rata jauh lebih cepat, berkisar 0.1 - 0.5 detik, dengan Switch 3 masih mengalami sedikit keterlambatan, tetapi hanya sekitar 0.42 - 0.5 detik.

2. Stabilitas Sistem

- Pada hotspot WiFi, respons bervariasi dan tidak stabil, terutama pada Switch 3.
- Pada internet kencang, sistem lebih stabil dengan waktu respons yang lebih seragam.

3. Efisiensi Daya dan Keandalan

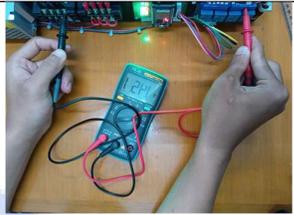
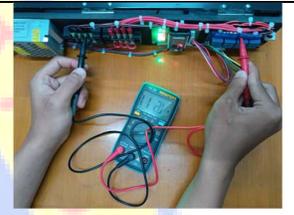
- LED 12V mungkin lebih hemat daya, tetapi membutuhkan sistem kelistrikan tambahan seperti adaptor.
- LED 220V lebih sesuai untuk skala besar karena langsung menggunakan sumber listrik utama dan lebih responsif dalam kondisi jaringan yang stabil.

#### 4.2 Pengujian Relai dan LED

Untuk memastikan bahwa sistem berfungsi dengan baik, dilakukan pengukuran tegangan pada setiap lampu saat relai diaktifkan. Pengujian dilakukan

dengan memasang lampu LED pada *output* relai dan mengukur tegangan keluarannya seperti ditunjukkan pada tabel 4.2

**Tabel 4.3 Pengujian Tegangan Keluaran**

No	KME Smart	Tegangan (V)	Pengukuran
1	Switch 1 On	1.451	
2	Switch 2 On	1.611	
3	Switch 3 On	1.642	
4	Switch 4 On	1.383	

Dari tabel 4.2 diperoleh tegangan yang terukur dari setiap relai ke lampu ada di kisaran 1.5225 V, tegangan paling tinggi ada pada pengukuran LED ke-3 dengan nilai 1,642 V sedangkan tegangan terendah ada pada pengukuran LED ke-4 dengan nilai 1,383 V

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan:

1. Sistem yang dibuat dapat berfungsi sesuai dengan perancangan.
2. ESP32 dipilih karena memiliki kemampuan WiFi yang kuat, kompatibilitas dengan modul KME Smart, serta kapasitas pemrosesan yang lebih tinggi dibandingkan Arduino.
3. Penggunaan internet kencang terbukti meningkatkan respons sistem, membuat waktu kendali lebih stabil dan mengurangi keterlambatan.
4. Sistem ini memudahkan teknisi dalam mengontrol penerangan dari jarak jauh, mengurangi kebutuhan pemeliharaan manual di area yang sulit dijangkau.
5. Rata-rata respon waktu dari kontrol KME *Smart* ke LED adalah 0.2 s saat konektivitas menggunakan *hostpot*, tetapi pada saat terganggu, respon waktu dapat mencapai waktu 2s. Pada saat menggunakan internet internet kencang, waktu respons rata-rata jauh lebih cepat, berkisar 0.1 - 0.5 detik, dengan Switch 3 masih mengalami sedikit keterlambatan, tetapi hanya sekitar 0.42 - 0.5 detik.
6. Tegangan terukur pada penggunaan lampu berada pada nilai rata-rata 1.5225 V

#### **5.2 Saran**

Untuk pengembangan dan peningkatan sistem ini di masa mendatang, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Peningkatan Stabilitas Koneksi Internet, Mengingat performa sistem sangat bergantung pada kualitas jaringan, maka disarankan untuk menggunakan jaringan internet yang lebih stabil, seperti WiFi berkecepatan tinggi atau koneksi berbasis jaringan seluler yang lebih andal.
2. Integrasi dengan Sensor Tambahan, Sistem dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan sensor cahaya atau sensor gerak sehingga lampu dapat menyala dan mati secara otomatis berdasarkan kondisi lingkungan, tanpa perlu dikontrol secara manual.

3. Penggunaan Mikrokontroler dengan Kapasitas Lebih Tinggi, Untuk meningkatkan kinerja sistem, dapat dipertimbangkan penggunaan mikrokontroler dengan spesifikasi lebih tinggi yang memiliki konektivitas lebih stabil, seperti ESP32 yang mendukung dual-band WiFi dan *Bluetooth*.
4. Pengujian pada Skala Lebih Besar, Pengujian lebih lanjut perlu dilakukan pada jumlah lampu yang lebih banyak dan dalam berbagai kondisi jaringan untuk memastikan sistem tetap berfungsi dengan baik dalam skala yang lebih luas.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Satrio and T. Komputer, “Optimalisasi Efisiensi Energi pada Sistem Penerangan Jalan,” 2023.
- [2] S. Yoomak and A. Ngaopitakkul, “Optimisation of lighting quality and energy efficiency of LED luminaires in roadway lighting systems on different road surfaces,” *Sustain Cities Soc*, vol. 38, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.scs.2018.01.005.
- [3] W. Cai, S. Li, L. Zha, J. He, J. Zhang, and H. Bao, “Significantly enhanced energy efficiency through reflective materials integration in plant factories with artificial light,” *Appl Energy*, vol. 377, p. 124587, 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.124587>.
- [4] A. Pellegrino, V. R. M. Lo Verso, L. Blaso, A. Acquaviva, E. Patti, and A. Osello, “Lighting Control and Monitoring for Energy Efficiency: A Case Study Focused on the Interoperability of Building Management Systems,” in *IEEE Transactions on Industry Applications*, Feb. 2015. doi: 10.1109/IEEEIC.2015.7165258.
- [5] Z. Kolade, E. Takon, B. Oluka, A. Izang, and A. Oluwabukola, “Enhancing Energy Efficiency and Convenience with an Automated Room Light Control System,” vol. 23, pp. 13–17, Feb. 2023.
- [6] O. Olajiga, E. Ani, Z. Sikhakane, and T. Olatunde, “A COMPREHENSIVE REVIEW OF ENERGY-EFFICIENT LIGHTING TECHNOLOGIES AND TRENDS,” *Engineering Science & Technology Journal*, vol. 5, pp. 1097–1111, Feb. 2024, doi: 10.51594/estj.v5i3.973.
- [7] E. Pašić and N. Imamović, “EFFICIENCY OF LED BULBS COMPARED TO CONVENTIONAL BULBS - ENERGY CONSUMPTION STUDY,” Feb. 2024.
- [8] V. Palacios-Intriago, D. Rezabala-Cedeño, and W. Vera-Cevallos, “LED lights and their impact on energy savings in a residential environment,” *International journal of engineering and computer science*, vol. 7, pp. 8–11, Feb. 2024, doi: 10.21744/ijecs.v7n1.2306.
- [9] B.-L. Ahn, C.-Y. Jang, S.-B. Leigh, S. Yoo, and H. Jeong, “Effect of LED lighting on the cooling and heating loads in office buildings,” *Appl Energy*, vol. 113, pp. 1484–1489, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.08.050>.
- [10] A. Kaminska and A. Ożadowicz, “Lighting Control Including Daylight and Energy Efficiency Improvements Analysis,” *Energies (Basel)*, vol. 11, p. 2166, Feb. 2018, doi: 10.3390/en11082166.
- [11] V. R. M. Lo Verso and A. Pellegrino, “Energy Saving Generated Through Automatic

Lighting Control Systems According to the Estimation Method of the Standard EN 15193-1,” *Journal of Daylighting*, vol. 6, pp. 131–147, Feb. 2019, doi: 10.15627/jd.2019.13.

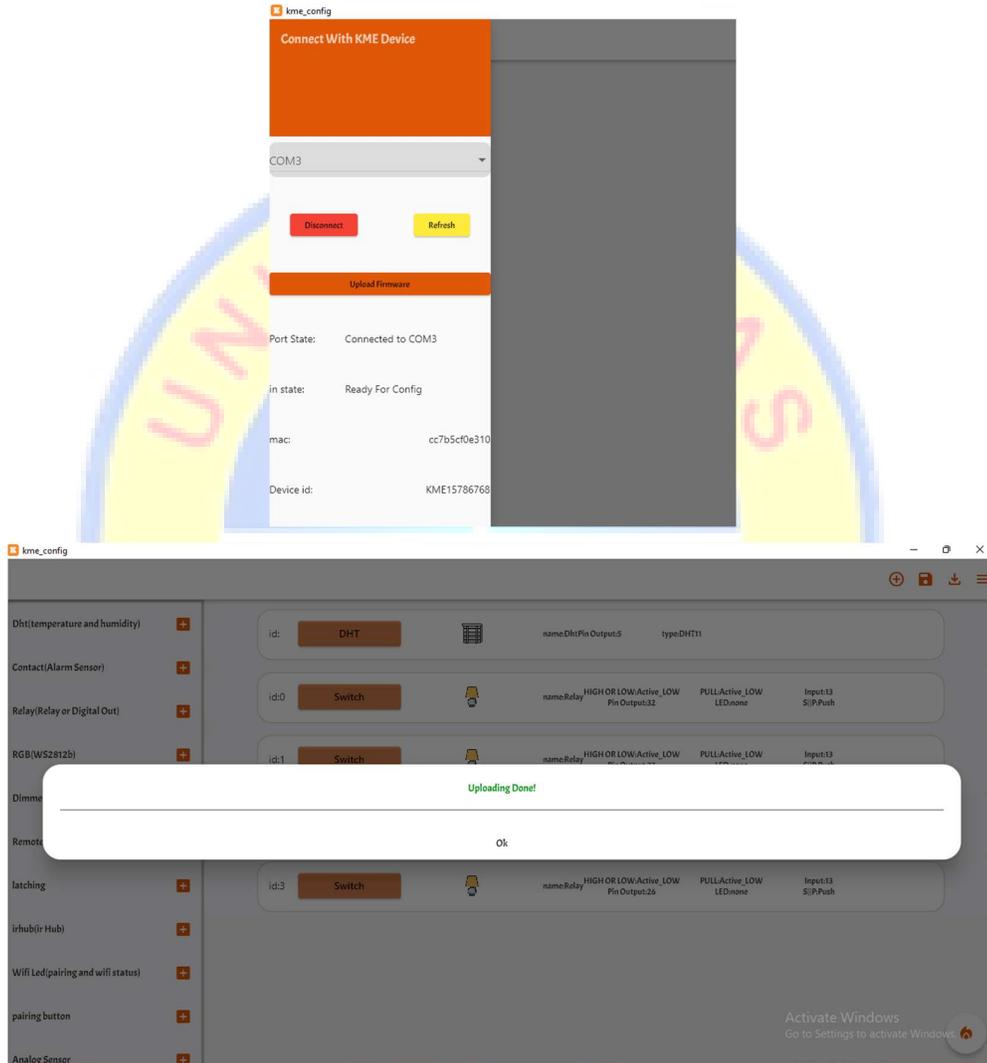
- [12] M. Pradanugraha, A. Rahardjo, D. Aryani, and F. Husnayain, “PENINGKATAN EFISIENSI ENERGI SISTEM PENERANGAN PADA RUANG PERKULIAHAN DENGAN LAMPU LED BERDASARKAN ANALISIS ARUS CAHAYA,” *Transmisi*, vol. 23, pp. 5–13, Feb. 2021, doi: 10.14710/transmisi.23.1.5-13.



# DAFTAR LAMPIRAN

## LAMPIRAN A

Konfigurasi *firmware* pada aplikasi KME konfigurasi



kme\_config

id: **DHT** name:DhtPin Output:5 type:DHT11

id: **Switch** name:Relay HIGH OR LOW:Active\_HIGH Pin Output:5 PULL:Active\_LOW LED:none Input:13 S:I/P:Push

Activate Windows  
Go to Settings to activate Windows.

kme\_config

**Connect With KME Device**

COM3

Disconnect Refresh

**Upload Firmware**

Port State: Connected to COM3

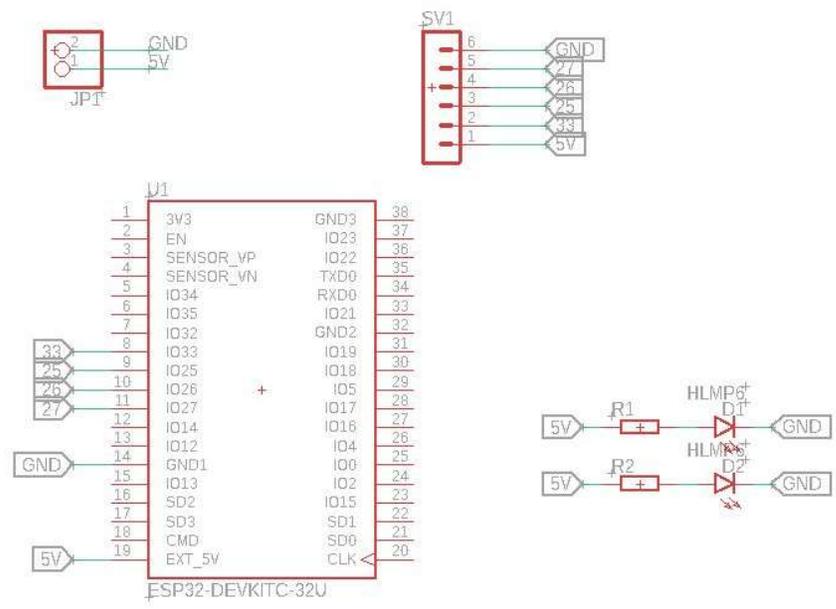
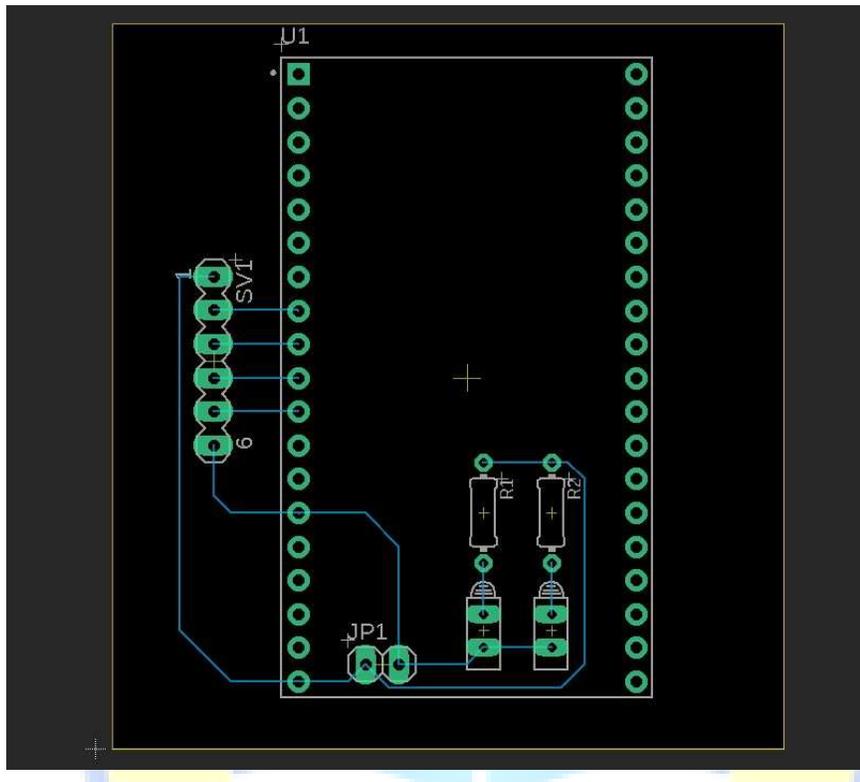
In state: Ready For Config

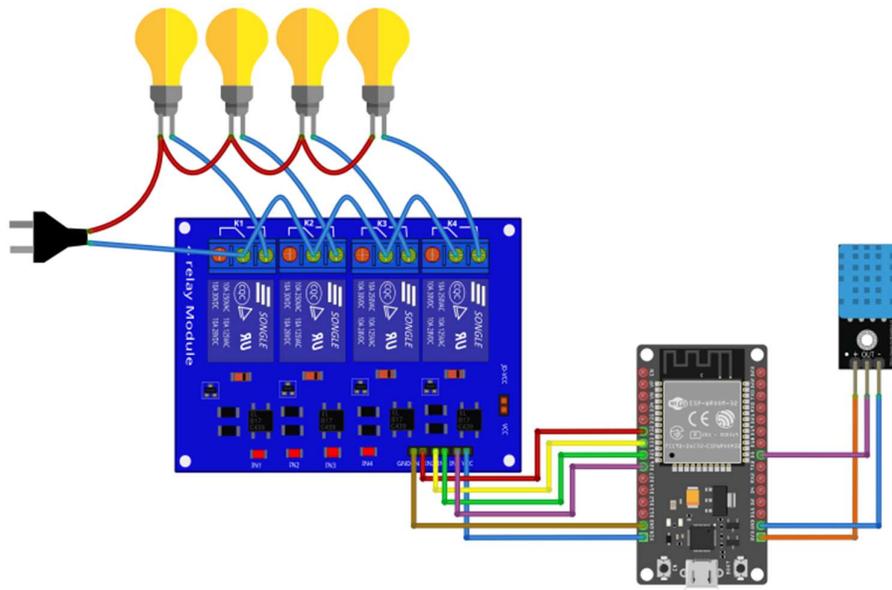
mac: cc7b5cf0e310

Device id: KME15786768

# LAMPIRAN B

## Schematic





ig

