

FINAL PROJECT

BrightSense: Multi-Point Smart Light Monitoring System



MBD - 08

Dimas Ananda Sutiardi	2306250586
Muhammad Bryan Farras	2306230975
Muhamad Dzaky Maulana	2306264401
Mutia Casella	2306202870
Salim	2306204604

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS INDONESIA**

2024

PREFACE

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan laporan proyek akhir ini dengan baik. Laporan yang merupakan salah satu syarat untuk proyek akhir mata kuliah Sistem Embedded ini bertujuan untuk mendesain, mengimplementasikan, serta menguji perangkat Multi-Point Smart Light Monitoring System bernama *BrightSense* yang memanfaatkan mikrokontroler Arduino UNO.

Kami mengucapkan terima kasih kepada Bapak Fransiskus Astha Ekadiyanto, selaku dosen pengampu mata kuliah Sistem Embedded, serta Kak Nicholas Samosir yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama proses pengerjaan proyek akhir ini. Kami juga ingin menyampaikan apresiasi kepada rekan satu kelompok atas kerja sama yang baik sehingga proyek ini dapat diselesaikan tepat waktu.

Kami menyadari bahwa laporan ini masih memiliki kekurangan, sehingga kami sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, kami berharap laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, khususnya dalam memahami penerapan dan penggunaan mikrokontroler untuk memberikan solusi atas permasalahan yang sering dijumpai pada kehidupan sehari-hari.

Depok, 18 Mei 2025

Group 8

TABLE OF CONTENTS

PREFACE.....	1
TABLE OF CONTENTS.....	2
CHAPTER 1.....	3
INTRODUCTION.....	3
1.1 BACKGROUND.....	3
1.2 PROBLEM STATEMENT.....	4
1.3 PROPOSED SOLUTION.....	4
1.4 PROJECT CRITERIA.....	5
1.5 TASK DISTRIBUTION.....	6
CHAPTER 2.....	7
IMPLEMENTATION.....	7
2.1 SYSTEM DESIGN.....	7
2.2 SCHEMATIC CIRCUIT IMPLEMENTATION.....	7
2.3 PHYSICAL CIRCUIT IMPLEMENTATION.....	9
2.4 SYSTEM INTEGRATION.....	11
CHAPTER 3.....	13
TESTING AND EVALUATION.....	13
3.1 TESTING.....	13
3.2 RESULT.....	14
3.3 EVALUATION.....	16
CHAPTER 4.....	18
CONCLUSION.....	18
REFERENCES.....	19

CHAPTER 1

INTRODUCTION

1.1 BACKGROUND

Dalam era modern saat ini, konsep smart system semakin menjadi fokus utama dalam pengembangan teknologi berbasis otomasi. Salah satu bidang yang mendapatkan perhatian yang besar adalah sistem pencahayaan adaptif, yang tidak hanya berfungsi sebagai solusi kenyamanan, tetapi juga sebagai langkah strategis dalam efisiensi energi. Penerapan teknologi berbasis mikrokontroler dan sensor memungkinkan terciptanya sistem monitoring dan juga kontrol cahaya yang bekerja secara real-time berdasarkan kondisi lingkungan yang dinamis.

Penggunaan cahaya buatan secara konvensional sering kali tidak mempertimbangkan kondisi pencahayaan alami yang ada di suatu ruangan, sehingga menyebabkan pemborosan energi, penurunan kenyamanan visual, serta kurangnya adaptabilitas terhadap perubahan intensitas cahaya. Oleh karena itu, sistem yang mampu menyesuaikan intensitas cahaya secara otomatis dengan mempertimbangkan parameter lingkungan menjadi sangat relevan untuk diterapkan.

BrightSense hadir sebagai solusi teknologi yang cerdas yang dirancang untuk memantau dan juga menyesuaikan pencahayaan ruangan secara otomatis. Sistem ini dibangun dengan memanfaatkan mikrokontroler Arduino Uno sebagai unit dan juga sumber proses utama yang terhubung dengan tiga buah sensor LDR (Light Dependent Sensor) untuk membaca intensitas cahaya dari 3 sisi yang berbeda di dalam suatu ruangan. Pendekatan yang dibawa oleh multi-sensor ini bertujuan untuk mendapatkan akurasi dan juga representasi distribusi cahaya yang lebih baik dibandingkan sistem yang hanya menggunakan satu sensor.

1.2 PROBLEM STATEMENT

Perkembangan teknologi otomasi telah memungkinkan integrasi berbagai sensor dengan mikrokontroler untuk meningkatkan efisiensi dan juga kenyamanan dalam kehidupan sehari-hari. Dalam konteks pengaturan pencahayaan, sistem konvensional yang mengandalkan pengendalian manual tidak lagi efisien dalam menanggapi perubahan kondisi cahaya lingkungan secara dinamis.

Dari hal ini memunculkan beberapa permasalahan yang menjadi fokus dalam proyek kali ini, yaitu :

- Bagaimana merancang sistem yang dapat memantau intensitas cahaya dari berbagai arah secara real-time?
- Bagaimana mengimplementasikan pengolahan data sensor untuk mengendalikan tingkat pencahayaan LED secara adaptif?

Rumusan masalah yang diatas akan menjadi dasar dari perancangan sistem *BrightSense* yang kami telah kembangkan sebagai solusi monitoring cahaya otomatis yang tentunya sudah terintegrasi.

1.3 PROPOSED SOLUTION

Proyek *BrightSense* mencadangkan pengembangan sistem berbasis mikrokontroler Arduino Uno yang dilengkapi dengan tiga sensor LDR (Light Dependent Resistor) untuk memantau intensitas cahaya dari berbagai sisi ruangan. Modul Konverter Analog ke Digital (ADC) internal mengubah data analog sensor untuk menghasilkan nilai rata-rata.

Hasil pengukuran tersebut digunakan untuk mengubah tingkat kecerahan satu buah LED menggunakan sinyal modulasi panjang gelombang PWM. Selain itu, sistem memiliki fitur komunikasi USART (Universal Synchronous and Asynchronous Receiver-Transmitter). Fitur ini memungkinkan serial monitor untuk menampilkan hasil pengukuran secara real-time.

Untuk meningkatkan fleksibilitas operasional, *BrightSense* juga mendukung pengaturan intensitas cahaya secara manual dengan memanfaatkan tombol berbasis interrupt untuk melakukan pergantian mode. Informasi-informasi mengenai pergantian mode, nilai yang dibaca oleh sensor, serta intensitas cahaya LED akan ditampilkan pada LCD yang memanfaatkan komunikasi I2C. Dengan desain ini, *BrightSense* dapat menawarkan solusi pencahayaan otomatis yang efisien, responsif, dan dapat diterapkan dalam berbagai situasi aplikasi.

1.4 PROJECT CRITERIA

Kemampuan sistem untuk menerapkan berbagai ide dari delapan modul praktikum Sistem Siber Fisik (SSF), yang masing-masing berkontribusi langsung pada fungsi utama sistem, seperti pengolahan sinyal, kendali perangkat keras, dan komunikasi data, adalah indikator keberhasilan proyek *BrightSense*. Berikut adalah kriteria proyek berdasarkan penerapan masing-masing modul:

1. Modul 2 – I/O Programming dan Dasar Assembly

Pin sensor, LED, dan tombol dikonfigurasi menggunakan instruksi Assembly dengan register DDRx, PORTx, dan PINx. Semua kontrol I/O dilakukan secara langsung untuk efisiensi dan presisi sistem.

2. Modul 3 – Analog to Digital Converter (ADC)

Tiga sensor LDR dibaca melalui ADC internal untuk mendapatkan nilai digital intensitas cahaya. Data kemudian digunakan untuk penghitungan rata-rata sebagai input utama logika sistem.

3. Modul 4 – Serial Port (USART)

Hasil pengukuran intensitas cahaya dikirim secara real-time ke serial monitor melalui komunikasi USART. Sistem dikonfigurasi dengan baud rate tertentu dan mode komunikasi asinkron.

4. Modul 5 – Arithmetic

Operasi penjumlahan dan pembagian pada nilai ADC dilakukan menggunakan instruksi aritmatika Assembly. Semua data diolah sebagai bilangan unsigned 10-bit agar kompatibel dengan keluaran ADC.

5. Modul 6 – Timer

Timer digunakan untuk keperluan delay presisi serta debouncing tombol, agar sistem tidak merespons input berulang akibat gangguan mekanik tombol.

6. Modul 7 – Interrupt

Sistem memanfaatkan external interrupt pada tombol switch mode untuk melakukan pergantian mode pada LED. ISR (Interrupt Service Routine) ditulis untuk menangani perintah tersebut dengan efisien.

7. Modul 8 – I2C

Program memanfaatkan komunikasi I2C untuk mendukung pengiriman data dari mikrokontroler ke modul LCD dengan hanya menggunakan dua jalur (SDA dan SCL). Dengan memanfaatkan I2C, LCD dapat menampilkan informasi penting seperti mode sistem (manual atau otomatis), pesan awal, serta hasil pembacaan sensor cahaya (ADC).

1.5 TASK DISTRIBUTION

Nama Anggota	Tugas
Salim	Kode program dan proteus (Timer, Interrupt, I2C, LED mode manual), Rangkaian Fisik
Muhammad Bryan Farras	Laporan, Rangkaian Fisik
Dimas Ananda Sutiardi	Rangkaian Fisik, PPT
Muhammad Dzaky Maulana	Laporan, Readme
Mutia Casella	Kode program dan proteus (ADC, USART, Arithmetic, LED mode otomatis), Readme, Rangkaian Fisik, PPT

CHAPTER 2

IMPLEMENTATION

2.1 SYSTEM DESIGN

BrightSense adalah sistem monitoring pencahayaan berbasis mikrokontroler Arduino Uno yang bertujuan untuk menyesuaikan tingkat kecerahan LED berdasarkan intensitas cahaya ruangan. Sistem ini memiliki dua mode operasi: otomatis, di mana LED dikendalikan secara adaptif oleh data dari tiga sensor LDR; dan manual, di mana pengguna dapat mengatur kecerahan secara langsung menggunakan tombol.

Pada mode otomatis, sistem membaca intensitas cahaya melalui tiga buah LDR yang terpasang di posisi berbeda untuk menangkap cahaya dari berbagai arah. Data analog dari ketiga LDR dikonversi oleh ADC internal, dihitung rata-ratanya, dan digunakan untuk mengatur duty cycle PWM pada pin LED. Pada mode manual, dua tombol digunakan untuk menaikkan atau menurunkan nilai PWM. Pergantian mode dilakukan melalui tombol interrupt eksternal.

Sistem juga dilengkapi dengan fitur komunikasi serial USART yang menampilkan data secara real-time ke serial monitor, serta LCD 16x2 I2C sebagai antarmuka visual utama. Implementasi ini bertujuan menciptakan sistem responsif, efisien, dan fleksibel terhadap kebutuhan pencahayaan ruangan.

2.2 SCHEMATIC CIRCUIT IMPLEMENTATION

Sistem *BrightSense* menggunakan mikrokontroler Arduino Uno untuk mengintegrasikan berbagai komponen input dan output. Rangkaian ini terdiri dari tiga sensor LDR sebagai masukan analog, satu LED sebagai aktuator utama, tiga tombol tekan untuk kontrol manual, dan

Pertama, rangkaian ini disimulasikan menggunakan perangkat lunak Proteus untuk memastikan keakuratan koneksi dan fungsionalitas antar komponen. Gambar skematik simulasi berikut menunjukkan cara pin Arduino, LCD, tombol, LED, dan sensor saling terhubung:



8

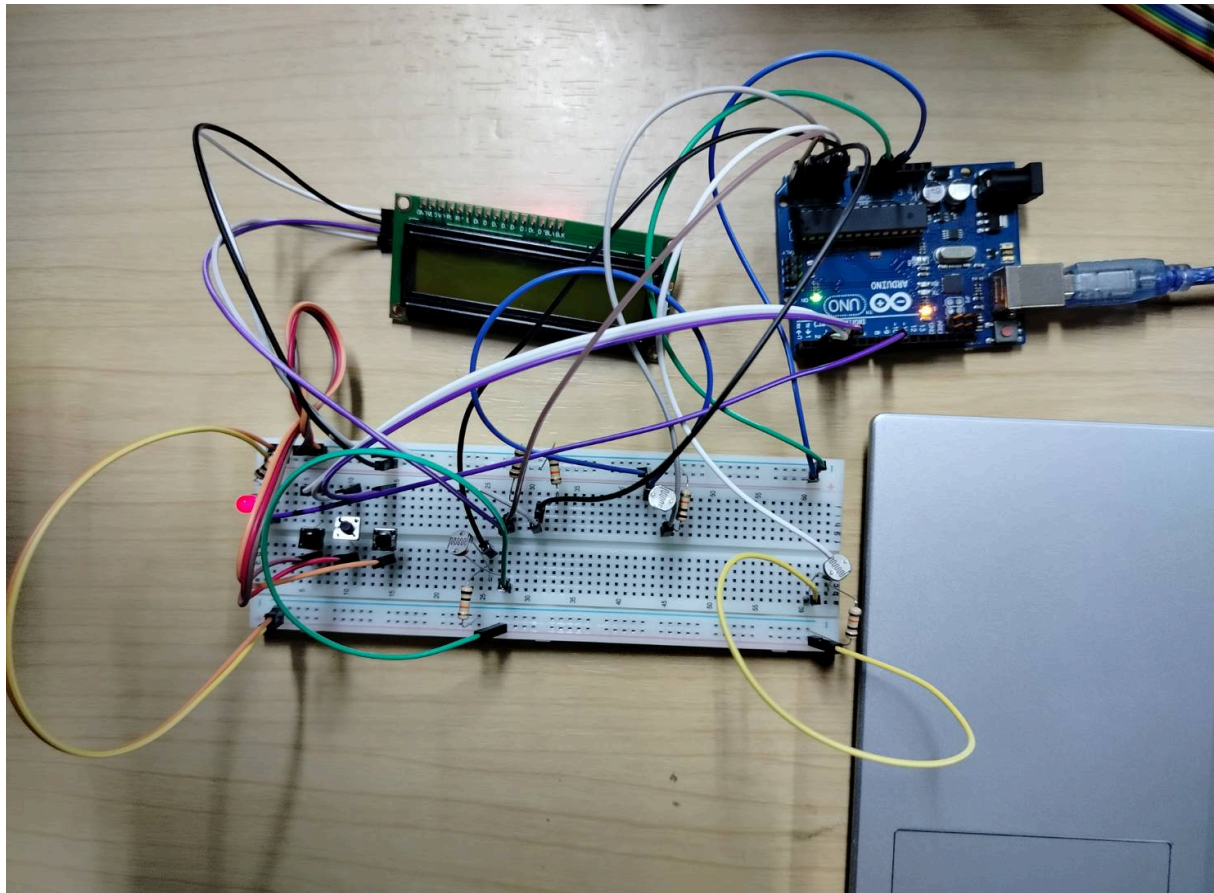
Sebagai aktuator, sistem menggunakan satu buah LED yang dikendalikan melalui pin PB1 (OC1A) dengan sinyal PWM (Pulse Width Modulation) dari Timer1. Nilai rata-rata dari ketiga sensor digunakan untuk mengatur duty cycle PWM, yang menyebabkan LED menyala semakin terang saat ruangan gelap dan redup ketika pencahayaan meningkat. Untuk membatasi arus dan mencegah kerusakan, LED dihubungkan dengan resistor 220 Ω .

Tiga buah push button digunakan sebagai input digital. Tombol pertama terhubung ke PD2 (INT0) dan berfungsi untuk mengganti mode sistem secara cepat antara otomatis dan manual melalui interrupt eksternal. Dua tombol lainnya terhubung ke PD3 dan PD4 dan digunakan dalam mode manual untuk menaikkan atau menurunkan kecerahan LED. Kombinasi ini memungkinkan sistem beroperasi adaptif maupun dikontrol langsung oleh pengguna.

Untuk menampilkan informasi, sistem dilengkapi dengan LCD 16x2 berbasis I2C yang terhubung ke pin A4 (SDA) dan A5 (SCL). LCD digunakan untuk menampilkan nilai intensitas cahaya rata-rata, status mode, dan tingkat kecerahan PWM secara real-time. Sebagai tambahan, komunikasi USART melalui pin PD1 (TX) digunakan untuk mengirim data ke komputer via serial monitor, sehingga proses pemantauan dan debugging sistem dapat dilakukan secara efisien. Dengan keseluruhan struktur ini, skematik menggambarkan sistem *BrightSense* yang terintegrasi dan mampu merespons kondisi cahaya lingkungan secara otomatis maupun manual.

2.3 PHYSICAL CIRCUIT IMPLEMENTATION

Setelah simulasi sistem *BrightSense* dijalankan dan divalidasi melalui perangkat lunak Proteus, langkah berikutnya adalah merealisasikan rangkaian secara fisik dengan menggunakan breadboard. Proses ini sangat penting untuk pengembangan sistem karena memungkinkan pengujian langsung integrasi komponen pada perangkat keras nyata. Gambar berikut memperlihatkan bagaimana semua komponen diimplementasikan secara nyata dengan mengikuti skematik hasil simulasi.



Gambar 2.2 - Implementasi Rangkaian Fisik BrightSense

Rangkaian fisik terdiri dari komponen utama seperti Arduino Uno, satu LED, tiga sensor LDR, tiga tombol tekan, dan modul LCD 16x2 dengan antarmuka I2C. Arduino Uno berfungsi sebagai pusat kendali sistem dan terhubung langsung ke komputer melalui kabel USB untuk pemrograman dan penyediaan daya. Sensor LDR ditempatkan di bagian atas breadboard dan dikombinasikan dengan resistor $10k\Omega$ untuk membentuk rangkaian pembagi tegangan. Sensor ini mendeteksi induktansi di antara mereka, sehingga mereka dapat mem

Terdapat tiga tombol push di tengah breadboard yang berfungsi sebagai input digital. Tombol pertama terhubung ke pin PD2 (INT0), yang berfungsi untuk mengubah antara mode operasi manual dan otomatis. Dua tombol lainnya terhubung ke pin PD3 dan PD4, yang berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan nilai PWM saat sistem dalam mode manual. Indikator LED terletak di bagian bawah breadboard dan terhubung ke pin PB1 (OC1A), yang

berfungsi sebagai output PWM Timer1. LED ini berfungsi sebagai sinyal visual untuk menunjukkan intensitas cahaya yang dibaca sistem.

Saat ini, LCD 16x2 dipasang secara terpisah dan dihubungkan melalui antarmuka I2C ke pin A4 (SDA) dan A5 (SCL) pada Arduino. Nilai intensitas cahaya, duty cycle PWM, dan mode sistem ditampilkan secara real-time oleh modul ini. Kabel jumper, yang disusun secara modular untuk memudahkan pengujian dan pemeliharaan, digunakan untuk menghubungkan semua komponen satu sama lain. Susunan fisik sistem *BrightSense* yang telah dirakit dan siap untuk diuji secara fungsional digambarkan pada Gambar 2.2.

2.4 SYSTEM INTEGRATION

Setelah proses perancangan sistem, simulasi skematik, dan implementasi fisik selesai, langkah berikutnya adalah memastikan bahwa seluruh komponen sistem *BrightSense* baik hardware maupun software sudah terintegrasi dan selaras satu sama lain. Tujuan integrasi sistem ini adalah untuk menggabungkan fungsi-fungsi penting seperti pembacaan sensor, pengolahan data, pengendalian aktuator, komunikasi serial, dan interaksi pengguna melalui tombol dan layar LCD ke dalam sistem yang stabil dan responsif terhadap lingkungan.

Dengan menghubungkan sensor LDR ke pin ADC, mikrokontroler mengolah nilai dari ketiga sensor tersebut untuk menghasilkan pencahayaan rata-rata. Nilai-nilai ini kemudian digunakan oleh mikrokontroler untuk mengatur cycle PWM pada pin PB1, yang mengatur kecerahan LED berdasarkan intensitas cahaya ruangan: semakin gelap ruangan, semakin tinggi cycle PWM, dan sebaliknya. Seluruh proses pengukuran dan kontrol ini dilakukan secara berkala dalam program utama tanpa mengganggu proses lainnya.

Tiga tombol push button juga memungkinkan pengguna berinteraksi dengan sistem. Tombol pertama, yang terhubung ke interrupt eksternal INT0, memungkinkan pengguna mengubah mode antara otomatis dan manual secara langsung. Sementara itu, tombol PD3 dan PD4 memungkinkan pengguna mengatur tingkat kecerahan LED secara manual ketika sistem

dalam mode manual. Mekanisme non-blocking dibuat agar tidak mengganggu proses utama. Selain itu, metode debouncing berbasis timer memastikan input tetap stabil.

Sistem menyediakan dua jenis *interface output*, yaitu komunikasi serial dan LCD, selain pengendalian lokal. Secara langsung, LCD 16x2 I2C menampilkan mode operasi, intensitas cahaya, dan besaran PWM. Di sisi lain, komunikasi USART melalui pin TX mengirimkan data yang sama ke serial monitor komputer untuk pemantauan atau debugging. Sehingga sistem tetap responsif dan tidak mengalami konflik proses, seluruh jalur data dan proses pengolahan dirancang secara bersamaan.

Sistem *BrightSense* dapat berfungsi sebagai unit monitoring cahaya otomatis yang fleksibel, adaptif, dan efisien berkat integrasi yang baik antara input sensor, kontrol output, interupsi eksternal, dan antarmuka visual. Sistem secara keseluruhan siap digunakan sebagai prototipe sistem cerdas berbasis mikrokontroler karena berhasil menjalankan fungsi-fungsi yang dirancang baik dalam kondisi simulasi maupun implementasi nyata.

CHAPTER 3

TESTING AND EVALUATION

3.1 TESTING

Pengujian dilakukan pada sistem *BrightSense* untuk memastikan bahwa semua fungsi pentingnya berjalan sesuai dengan perancangan dan logikanya. Pembacaan intensitas cahaya tiga sensor LDR, pengolahan nilai rata-rata melalui mikrokontroler ADC internal, pengaturan kecerahan LED dengan PWM, perpindahan mode otomatis-manual melalui interrupt eksternal, dan tampilan data melalui LCD dan serial monitor adalah beberapa fokus pengujian.

Skenario pengujian dibagi menjadi dua mode: otomatis dan manual. Pada mode otomatis, intensitas cahaya di sekitar sensor diubah secara bertahap (misalnya dengan menutup atau membuka sumber cahaya) untuk melihat bagaimana sistem menyesuaikan kecerahan LED secara real-time. Pada mode manual, tombol PD3 dan PD4 ditekan untuk menaikkan atau menurunkan nilai PWM, dengan transisi mode dilakukan melalui tombol interrupt pada PD2. Setiap pengujian dicatat melalui tampilan LCD dan dipantau juga dari serial monitor.

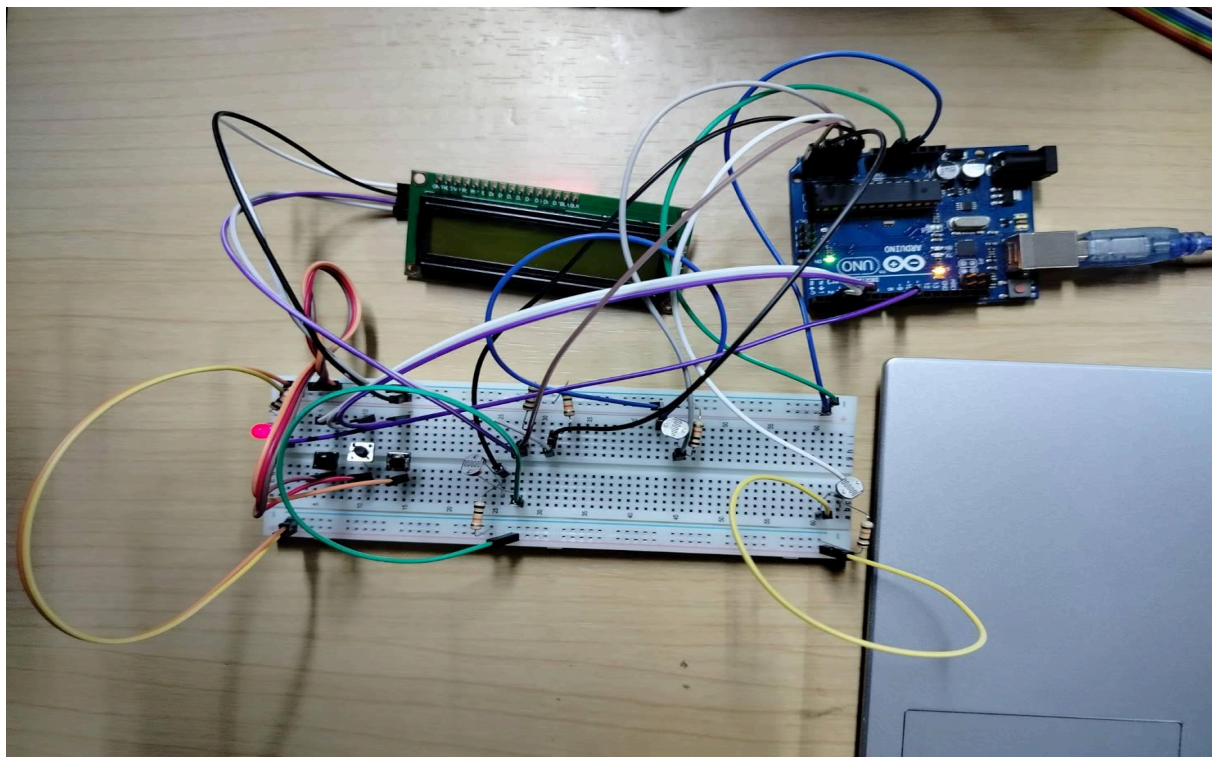
3.2 RESULT

Pengujian sistem *BrightSense* dilakukan dalam dua mode utama: mode otomatis dan mode manual. Dalam mode otomatis, sistem menunjukkan kemampuan untuk menyesuaikan intensitas cahaya LED secara real-time berdasarkan pembacaan intensitas cahaya rata-rata dari tiga buah sensor LDR. LED menyala lebih terang saat lingkungan sekitar menjadi lebih gelap, dan secara otomatis meredup saat intensitas cahaya meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa sistem beroperasi dengan fleksibel, efektif, dan responsif terhadap kondisi pencahayaan lingkungan.

Dalam mode manual, tombol memungkinkan pengguna meningkatkan atau menurunkan nilai PWM. Karena penggunaan debounce berbasis timer, sistem merespons input tombol dengan akurat, dan USART menampilkan pergantian nilai pada LCD dan serial monitor. Interrupt eksternal pada PD2 juga berfungsi dengan baik untuk mengganti mode kerja sistem tanpa mengganggu proses utama.

Namun, pada implementasi fisik, LCD tidak menampilkan data, meskipun berfungsi dengan baik pada simulasi Proteus. Ini diduga karena konfigurasi I2C yang salah atau wiring yang salah. Meskipun demikian, fungsi utama sistem tetap berjalan dan dapat dipantau secara real-time melalui monitor serial.

Berikut hasil yang menunjukkan bahwa hasil implementasi fisik sistem pada breadboard secara langsung:



Gambar 3.2 - Hasil dari Rangkaian Fisik

3.3 EVALUATION

Secara keseluruhan dari hasil pengujian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem *BrightSense* telah mampu menjalankan fungsi utamanya sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang sebelumnya. Mode otomatis sudah berjalan sebagaimana mestinya dan juga stabil dalam menyesuaikan kecerahan LED terhadap perubahan intensitas cahaya pada lingkungan sekitar. Di sisi lain, mode manual juga sudah berjalan dengan baik, di mana kecerahan LED dapat disesuaikan langsung oleh pengguna dengan memanfaatkan tombol penambahan dan pengurangan yang tersedia.

Kendala utama yang dialami dalam pengujian fisik adalah pada LCD yang tidak menampilkan output, padahal berfungsi normal dalam simulasi. Masalah ini kemungkinan besar terjadi karena kesalahan saat konfigurasi alamat I2C atau wiring yang tidak sesuai. Hal ini akan menjadi catatan penting dalam pengembangan sistem selanjutnya.

CHAPTER 4

CONCLUSION

BrightSense telah berhasil dikembangkan sebagai sistem pencahayaan otomatis berbasis mikrokontroler yang adaptif, responsif, dan fleksibel. Sistem ini mampu membaca intensitas cahaya dari berbagai arah menggunakan tiga buah sensor LDR yang diproses melalui ADC internal ATmega328P. Data analog tersebut dihitung rata-ratanya dan digunakan sebagai dasar untuk mengatur kecerahan LED menggunakan sinyal PWM secara proporsional. Hasilnya, LED akan menyala lebih terang saat cahaya sekitar rendah, dan redup saat pencahayaan meningkat.

Dalam sistem ini, ada dua mode operasi: otomatis dan manual. Pada mode otomatis, kendali LED dipenuhi sepenuhnya oleh hasil pembacaan sensor. Dalam mode manual, pengguna dapat mengubah kecerahan LED dengan menggunakan tombol input yang terhubung ke PD3 dan PD4. Interrupt eksternal INT0 (PD2) dirancang untuk tidak mengganggu eksekusi utama. Dengan menggunakan LCD I2C dan komunikasi USART ke serial monitor, pengguna dapat dengan mudah melihat status sistem secara real-time.

Pengujian menunjukkan bahwa sistem secara keseluruhan berjalan dengan baik dan sesuai dengan rencana. Meskipun LCD tidak berfungsi secara fisik, hasil masih dapat dilihat datanya melalui serial monitor. Selain memenuhi mayoritas kriteria praktikum SSF, sistem ini berhasil mengintegrasikan input sensor, kontrol output, dan antarmuka monitoring. Di masa depan, *BrightSense* dapat dikembangkan sebagai bagian dari sistem pencahayaan yang cerdas.

ADDITIONAL RESOURCES

- **Link Github :** https://github.com/mutiacasella/Final-Project_MBD_Group8

REFERENCES

- [1] M. Harditya dan M. N. Faza, *Modul 2 SSF: Introduction to Assembly & I/O Programming*, Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, 2024. [Online]. Tersedia:
https://docs.google.com/document/d/1s84Y1xrGyJwWXQJgdBQL6bTaFFZtiOsA4_3YGouP1CY
- [2] M. Harditya dan M. N. Faza, *Modul 3 SSF: Analog to Digital Converter*, Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, 2024. [Online]. Tersedia:
<https://docs.google.com/document/d/1arLt3fqXRw-WgkbqlP1RwYs-XJy9-QAFfEcM21M3u44>
- [3] M. Harditya dan M. N. Faza, *Modul 4 SSF: Serial Port*, Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, 2024. [Online]. Tersedia:
https://docs.google.com/document/d/1rRWvBgL3Nsb_h10131A-1kiGQkrGGNledYoeVIGR9zg
- [4] M. Harditya dan M. N. Faza, *Modul 7 SSF: Interrupt*, Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, 2024. [Online]. Tersedia:
https://docs.google.com/document/d/1VW7j3k_scKyOlzo72scSMFU58EgT-TL0iMOshQ48TUA
- [5] M. Harditya dan M. N. Faza, *Modul 8 SSF: SPI & I2C*, Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, 2024. [Online]. Tersedia:
<https://docs.google.com/document/d/1CsIbwLVUrsKjZ3YhyF0J-gsGWNU1RCQu7JTYMCx3cFY>