

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Sistem pencahayaan modern tidak hanya diarahkan untuk menghasilkan cahaya, tetapi juga mulai dikembangkan agar memiliki kemampuan pengaturan dan pemantauan. Sistem kendali intensitas cahaya lampu ruangan dirancang menggunakan sensor cahaya dan mikrokontroler. Penelitian tersebut [2] menunjukkan bahwa pembacaan cahaya dapat dijadikan dasar pengendalian keluaran lampu sehingga tingkat pencahayaan dapat disesuaikan dengan kondisi lingkungan. Konsep tersebut relevan dengan tugas akhir ini karena sistem *floodlight* yang dirancang juga memerlukan pengaturan keluaran cahaya, meskipun objek yang digunakan berbeda, yaitu lampu *Chip on Board* 100 W.

Penelitian lain yang membahas Pengaturan intensitas cahaya pada sistem penerangan dapat dilakukan menggunakan *Pulse Width Modulation* (PWM) melalui pengaturan kerja MOSFET, sehingga tingkat kecerahan lampu dapat disesuaikan dengan kebutuhan sistem [5]. Perubahan nilai *duty cycle* pada sinyal PWM memengaruhi terang redupnya lampu karena daya rata-rata yang diterima beban ikut berubah. Penelitian tersebut menjadi acuan utama pada bagian pengendalian kecerahan, sedangkan tugas akhir ini menerapkan prinsip yang sama pada *floodlight* berbasis lampu COB LED 100 W dan dilengkapi pencatatan parameter operasi.

Pemanfaatan sensor LDR dalam sistem pencahayaan menunjukkan bahwa intensitas cahaya dapat dijadikan masukan untuk mengatur kerja lampu. Data dari sensor tersebut diproses oleh mikrokontroler, kemudian digunakan untuk menyesuaikan keluaran lampu agar pencahayaan yang dihasilkan lebih sesuai dengan kebutuhan objek atau area yang diterangi [3]. Dalam tugas akhir ini, LDR digunakan untuk membaca intensitas cahaya pada sistem *floodlight*, sehingga data keluaran cahaya dapat dibandingkan dengan nilai PWM yang diberikan.

Pada aspek termal, suhu LED menjadi salah satu parameter penting yang perlu diperhatikan karena berkaitan dengan performa, karakteristik kerja, dan

keandalan LED [6]. Kondisi ini menjadi relevan dalam perancangan *floodlight* COB LED 100 W karena lampu berdaya besar menghasilkan panas selama beroperasi. Oleh karena itu, tugas akhir ini tidak hanya menguji tingkat kecerahan lampu, tetapi juga memantau suhu untuk melihat kondisi termal alat selama proses pengoperasian.

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pengaturan intensitas cahaya, penggunaan sensor cahaya, dan pemantauan parameter operasi sudah banyak diterapkan pada sistem pencahayaan. Namun, penerapan pada sistem *floodlight* COB LED 100 W yang menggabungkan kontrol kecerahan berbasis PWM, pembacaan suhu, tegangan, arus, intensitas cahaya, tampilan LCD, dan pencatatan data melalui Google Spreadsheet masih dapat dikembangkan. Oleh karena itu, tugas akhir ini diarahkan untuk merancang sistem penerangan yang tidak hanya dapat diatur tingkat kecerahannya, tetapi juga dapat diamati kondisi kerjanya melalui data pengukuran.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Sistem Pencahayaan dan Floodlight

Pencahayaan merupakan proses penyediaan cahaya agar objek, ruangan, atau area tertentu dapat terlihat dengan jelas. Pada penerangan luar ruangan, sistem pencahayaan perlu menghasilkan cahaya yang cukup kuat dan memiliki sebaran yang sesuai dengan kebutuhan area. Salah satu perangkat yang sering digunakan untuk kebutuhan tersebut adalah *floodlight*. Lampu ini memiliki karakteristik pancaran cahaya yang lebar sehingga banyak digunakan pada area parkir, halaman, lapangan, gudang, bengkel, dan tempat kerja pada malam hari. Dengan pancaran cahaya yang luas, *floodlight* dapat membantu meningkatkan jarak pandang, keamanan, serta kenyamanan aktivitas di area yang minim cahaya.

Pada perancangan sistem ini, *floodlight* tidak hanya dipahami sebagai lampu penerangan yang menyala dengan daya besar, tetapi juga sebagai sistem pencahayaan yang dapat dikendalikan dan dipantau. Pengendalian dilakukan melalui metode *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk mengatur tingkat kecerahan lampu. Dengan metode ini, kecerahan lampu dapat dinaikkan atau diturunkan

berdasarkan nilai *duty cycle* yang diberikan. Semakin besar nilai PWM, maka daya rata-rata yang diterima lampu juga semakin besar, sehingga cahaya yang dihasilkan menjadi lebih terang. Sebaliknya, nilai PWM yang lebih kecil akan membuat keluaran cahaya menjadi lebih redup.

Selain pengaturan kecerahan, sistem ini juga dilengkapi dengan pemantauan beberapa parameter kerja, yaitu suhu, tegangan, arus, dan intensitas cahaya. Pemantauan suhu diperlukan karena lampu COB LED 100 W menghasilkan panas selama beroperasi, sehingga kondisi termal alat perlu diperhatikan agar tidak mengganggu kinerja komponen. Pengukuran tegangan dan arus digunakan untuk mengetahui kondisi kelistrikan pada sistem, sedangkan pembacaan intensitas cahaya digunakan untuk melihat perubahan cahaya yang dihasilkan pada setiap nilai PWM. Dengan adanya pemantauan tersebut, kinerja alat tidak hanya dinilai dari nyala lampu, tetapi juga dari kestabilan parameter operasi selama pengujian.

Oleh karena itu, perancangan *floodlight* pada tugas akhir ini diarahkan untuk menghasilkan sistem penerangan yang lebih mudah dikendalikan dan dievaluasi. Data hasil pengukuran ditampilkan melalui LCD dan dicatat melalui Google Spreadsheet, sehingga proses pengamatan dapat dilakukan dengan lebih teratur. Pendekatan ini membantu pengguna dalam melihat hubungan antara perubahan nilai PWM terhadap intensitas cahaya, tegangan, arus, dan suhu pada sistem *floodlight* COB LED 100 W.

2.2.2 Lampu Chip on Board LED 100 W

Lampu *Chip on Board Light Emitting Diode* atau COB LED merupakan jenis LED yang tersusun dari beberapa *chip* LED kecil yang ditempatkan dalam satu papan atau modul. Susunan beberapa *chip* dalam satu modul membuat cahaya yang dihasilkan menjadi lebih terpusat, kuat, dan merata dibandingkan LED biasa yang berdiri sendiri. Selain itu, bentuk modul COB LED juga relatif ringkas, sehingga cocok digunakan pada sistem penerangan yang membutuhkan intensitas cahaya tinggi tetapi tetap memiliki ukuran komponen yang tidak terlalu besar. Pada tugas akhir ini, COB LED yang digunakan memiliki daya nominal 100 W, sehingga sesuai untuk diterapkan sebagai sumber cahaya utama pada *floodlight*. COB LED

100 W umumnya bekerja pada tegangan sekitar 30–36 V dengan arus kerja sekitar 3 A, sehingga memerlukan catu daya dan sistem pendingin yang sesuai.



Gambar 2- 1 Lampu COB LED 100 W

Penggunaan COB LED 100 W perlu memperhatikan dua aspek penting, yaitu aspek kelistrikan dan aspek termal. Pada aspek kelistrikan, tegangan dan arus yang masuk ke lampu perlu dipantau agar tidak melebihi kemampuan kerja komponen. Hal ini karena COB LED berdaya besar membutuhkan suplai daya yang cukup tinggi, sehingga perubahan tegangan atau arus dapat memengaruhi tingkat kecerahan dan kestabilan kerja lampu. Jika arus terlalu besar, LED dapat bekerja lebih panas dan berisiko mengalami kerusakan. Sebaliknya, jika arus terlalu kecil, cahaya yang dihasilkan menjadi kurang optimal.

Pada aspek termal, COB LED 100 W menghasilkan panas selama proses pengoperasian. Panas tersebut muncul karena tidak seluruh energi listrik diubah menjadi cahaya, melainkan sebagian berubah menjadi panas. Oleh karena itu, sistem pendinginan diperlukan agar suhu lampu tetap berada pada kondisi yang aman. Pada tugas akhir ini, pendinginan dilakukan dengan menggunakan *heatsink* dan kipas untuk membantu membuang panas dari permukaan LED. Jika suhu kerja terlalu tinggi, intensitas cahaya dapat menurun, kinerja lampu menjadi kurang stabil, dan umur pakai LED berpotensi menjadi lebih pendek [6].

2.2.3 Metode Pulse Width Modulation (PWM)

Pulse Width Modulation (PWM) merupakan metode pengendalian daya dengan mengatur lebar pulsa pada sinyal digital. Sinyal PWM bekerja dengan mengubah kondisi aktif (*high*) dan tidak aktif (*low*) secara berulang dalam satu periode tertentu. Perbandingan antara lamanya sinyal berada dalam kondisi aktif dan keseluruhan periode disebut sebagai *duty cycle*. Nilai *duty cycle* dinyatakan dalam persentase mulai dari 0% sampai 100% [8].

Pada sistem pencahayaan, metode PWM dapat digunakan untuk mengatur tingkat kecerahan lampu. Ketika nilai *duty cycle* semakin besar, sinyal berada dalam kondisi aktif lebih lama sehingga energi rata-rata yang disalurkan menuju lampu meningkat. Kondisi tersebut menyebabkan cahaya lampu menjadi lebih terang. Sebaliknya, nilai *duty cycle* yang lebih kecil menghasilkan waktu aktif yang lebih singkat sehingga energi rata-rata yang diterima lampu berkurang dan cahaya menjadi lebih redup [8].

Pada penelitian ini, sinyal PWM menggunakan resolusi 8-bit sehingga nilai yang digunakan berada pada rentang 0 sampai 255. Hubungan antara nilai PWM dan *duty cycle* dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\text{Nilai PWM} = \text{Duty cycle} \times 255$$

Keterangan: nilai PWM merupakan nilai yang diberikan oleh mikrokontroler, *duty cycle* merupakan persentase waktu aktif sinyal yang ditulis dalam bentuk desimal, sedangkan 255 merupakan besar resolusi PWM 8-bit. Sebagai contoh, apabila *duty cycle* yang digunakan sebesar 40%, maka nilai PWM dihitung sebagai berikut:

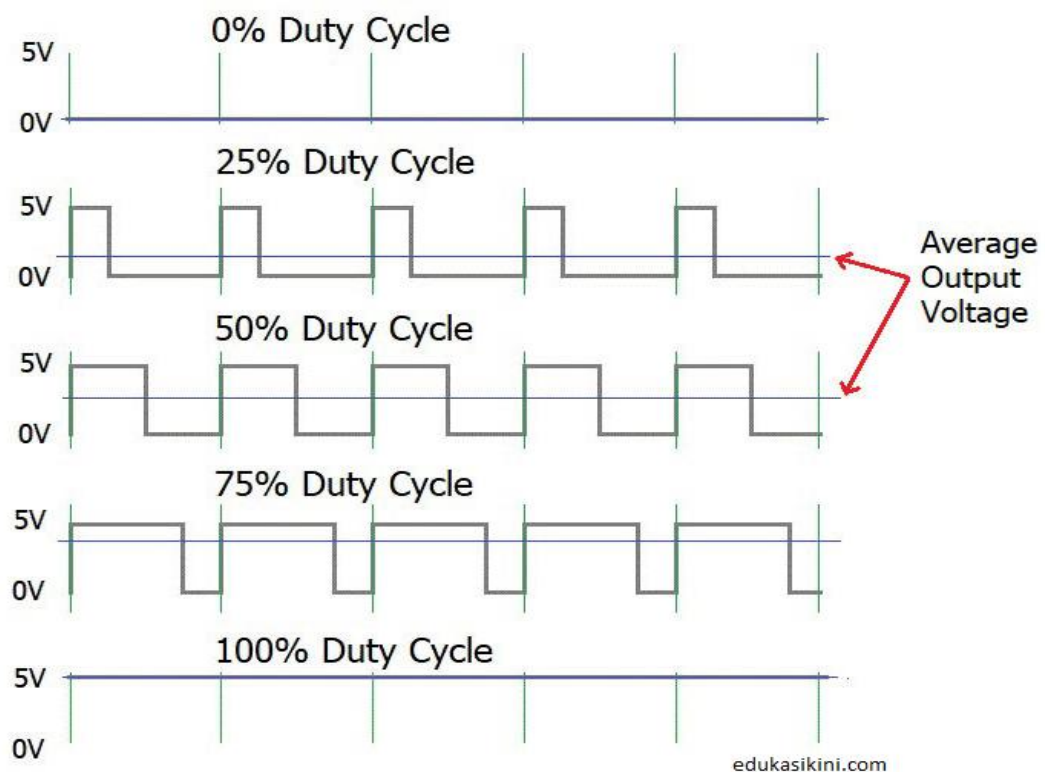
$$\text{Nilai PWM} = 40\% \times 255$$

$$\text{Nilai PWM} = 0,4 \times 255$$

$$\text{Nilai PWM} = 102$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa *duty cycle* sebesar 40% direpresentasikan dengan nilai PWM 102. Semakin besar nilai PWM, semakin lama sinyal berada dalam kondisi aktif sehingga daya rata-rata yang diterima lampu meningkat dan cahaya menjadi lebih terang.

Pada tugas akhir ini, sinyal PWM dihasilkan oleh ESP32 dan digunakan untuk mengendalikan MOSFET sebagai saklar elektronik. Ketika sinyal PWM berada dalam kondisi aktif, MOSFET mengalirkan arus menuju lampu COB LED 100 W. Ketika sinyal berada dalam kondisi tidak aktif, MOSFET menghentikan aliran arus menuju lampu. Proses tersebut berlangsung secara cepat dan berulang sehingga tingkat kecerahan lampu dapat diatur berdasarkan nilai PWM yang diberikan.



Gambar 2- 2 Grafik PWM

Penggunaan metode PWM memungkinkan pengaturan kecerahan lampu dilakukan secara bertahap tanpa mengubah rangkaian maupun tegangan sumber secara manual. Metode PWM dapat diterapkan pada sistem pengendalian lampu berbasis mikrokontroler untuk mengatur keluaran lampu sesuai dengan kebutuhan pengguna [8].

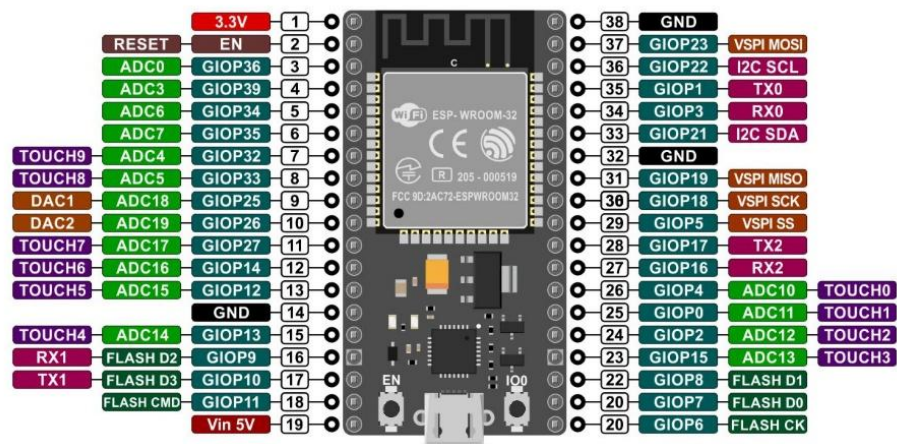
2.2.4 Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang digunakan sebagai pusat kendali pada sistem *floodlight* COB LED 100 W. Komponen ini berfungsi sebagai pengolah utama yang menghubungkan seluruh bagian sistem, mulai dari pembacaan sensor, pengaturan kecerahan lampu, penampilan data, hingga pengiriman data pengukuran. ESP32 dipilih karena memiliki kemampuan pemrosesan yang cukup baik, mendukung komunikasi *Wi-Fi*, serta menyediakan beberapa pin *input* dan *output* yang dapat digunakan untuk menghubungkan sensor maupun komponen kendali [7].



Gambar 2- 3 Mikrokontroler ESP32

Pada tugas akhir ini, ESP32 menerima beberapa data masukan dari sensor yang terpasang pada sistem. Sensor LDR digunakan untuk membaca perubahan intensitas cahaya, sensor DS18B20 digunakan untuk membaca suhu pada area lampu, sedangkan modul INA226 digunakan untuk membaca tegangan dan arus pada rangkaian. Data dari sensor tersebut kemudian diproses oleh ESP32 agar dapat ditampilkan pada LCD dan dikirimkan ke Google Spreadsheet sebagai data hasil pengujian.



Gambar 2- 4 Pinout Diagram ESP 32

Selain membaca data sensor, ESP32 juga berperan dalam menghasilkan sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk mengatur tingkat kecerahan lampu. Sinyal PWM dari ESP32 diberikan ke MOSFET yang berfungsi sebagai saklar elektronik pada rangkaian lampu COB LED 100 W. Ketika nilai PWM dinaikkan, MOSFET akan mengatur aliran arus menuju lampu sehingga cahaya yang dihasilkan menjadi lebih terang. Sebaliknya, ketika nilai PWM diturunkan, daya rata-rata yang diterima lampu berkurang sehingga cahaya menjadi lebih redup.

ESP32 juga digunakan dalam proses pencatatan data secara berkala. Setelah data suhu, tegangan, arus, intensitas cahaya, dan nilai PWM diperoleh, ESP32 mengirimkan data tersebut ke Google Spreadsheet melalui jaringan *Wi-Fi*. Dengan adanya proses ini, hasil pengukuran tidak hanya dapat dilihat langsung pada LCD, tetapi juga dapat disimpan dalam bentuk data tabel untuk dianalisis lebih lanjut. Hal ini memudahkan proses pengujian karena perubahan kondisi kerja lampu dapat diamati berdasarkan data yang telah tercatat.

2.2.5 Sensor Suhu DS18B20

DS18B20 merupakan sensor suhu digital yang digunakan untuk membaca suhu pada sistem *floodlight* COB LED 100 W. Sensor DS18B20 memiliki rentang pengukuran suhu sekitar -55°C sampai 125°C , sehingga masih sesuai untuk memantau perubahan suhu pada area lampu. Sensor ini bekerja dengan komunikasi *one-wire*, yaitu sistem komunikasi data yang hanya membutuhkan satu jalur utama

untuk mengirimkan data ke mikrokontroler. Dengan karakteristik tersebut, DS18B20 cukup praktis digunakan karena rangkaiannya sederhana dan tidak membutuhkan banyak pin pada ESP32. Pada tugas akhir ini, DS18B20 digunakan untuk memantau suhu di sekitar lampu atau *heatsink* selama alat beroperasi.



Gambar 2- 5 Sensor suhu DS18B20

Pemantauan suhu diperlukan karena COB LED 100 W termasuk lampu berdaya besar yang menghasilkan panas ketika menyala. Panas tersebut berasal dari proses perubahan energi listrik menjadi cahaya, tetapi tidak seluruh energi listrik dapat berubah menjadi cahaya secara sempurna. Sebagian energi akan berubah menjadi panas, sehingga suhu pada area lampu dan *heatsink* dapat meningkat seiring lamanya waktu pengoperasian. Jika panas tidak dibuang dengan baik, suhu yang terlalu tinggi dapat memengaruhi kestabilan cahaya, menurunkan kinerja lampu, dan berpotensi memperpendek umur pakai komponen.

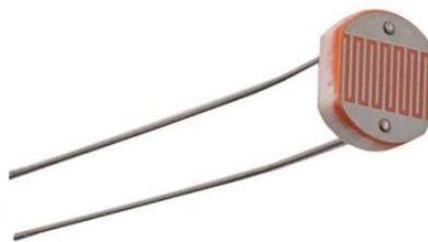
Pada sistem ini, data suhu dari DS18B20 digunakan untuk mengetahui perubahan kondisi termal alat pada beberapa kondisi pengujian. Pembacaan suhu dapat digunakan untuk melihat pengaruh lama waktu operasi, perubahan nilai PWM, serta penggunaan kipas terhadap suhu lampu. Misalnya, ketika nilai PWM dinaikkan, daya yang diterima lampu juga meningkat sehingga suhu cenderung naik. Sebaliknya, ketika kipas bekerja dengan baik, suhu diharapkan dapat lebih stabil atau mengalami penurunan.

Dengan demikian, DS18B20 tidak hanya berfungsi sebagai sensor pembaca suhu, tetapi juga sebagai komponen penting dalam proses evaluasi kinerja alat. Data suhu yang diperoleh dapat membantu mengetahui apakah sistem pendinginan sudah

cukup baik atau masih perlu diperbaiki. Selain itu, data tersebut juga menjadi pendukung dalam menganalisis hubungan antara kecerahan lampu, daya kerja, dan kondisi termal pada sistem *floodlight* COB LED 100 W.

2.2.6 Sensor Cahaya LDR

Light Dependent Resistor atau LDR merupakan komponen yang nilai resistansinya berubah sesuai intensitas cahaya yang diterima. Ketika cahaya yang mengenai permukaan LDR meningkat, nilai resistansinya akan berubah dan menghasilkan perubahan tegangan pada rangkaian pembagi tegangan. Perubahan tersebut kemudian dapat dibaca oleh pin analog ESP32 sebagai data intensitas cahaya.



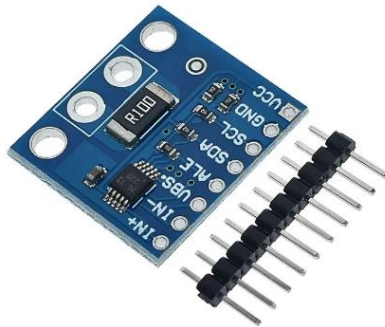
Gambar 2- 6 Sensor LDR

Dalam tugas akhir ini, LDR digunakan untuk membaca perubahan cahaya yang dihasilkan oleh lampu COB LED 100 W. Data dari LDR dapat dibandingkan dengan nilai PWM yang diberikan. Dengan cara ini, pengujian dapat menunjukkan apakah perubahan PWM berpengaruh terhadap keluaran cahaya. Penggunaan LDR juga sesuai dengan beberapa penelitian pencahayaan yang memanfaatkan sensor cahaya sebagai masukan sistem kendali [2], [5].

2.2.7 Sensor INA226

INA226 merupakan modul sensor yang digunakan untuk mengukur tegangan dan arus pada rangkaian. INA226 dapat membaca tegangan *bus* hingga sekitar 36 V, sedangkan nilai arus yang terbaca bergantung pada nilai *shunt resistor* yang digunakan pada modul. Modul ini menggunakan komunikasi *Inter-Integrated Circuit* atau *I2C*, sehingga dapat terhubung dengan ESP32 melalui jalur SDA dan

SCL. INA226 bekerja dengan membaca tegangan *bus* dan tegangan pada *shunt resistor*. Dari pembacaan tersebut, modul dapat menghasilkan data arus, tegangan, dan daya yang digunakan untuk mengetahui kondisi kelistrikan pada sistem [9].



Gambar 2- 7 Modul INA 226

Pada tugas akhir ini, INA226 digunakan untuk memantau tegangan dan arus pada sisi lampu COB LED 100 W. Pemantauan ini diperlukan karena lampu berdaya besar membutuhkan suplai listrik yang cukup stabil agar dapat bekerja dengan baik. Jika tegangan atau arus berubah terlalu besar, maka kecerahan lampu dan kestabilan sistem juga dapat terpengaruh. Oleh karena itu, data dari INA226 digunakan sebagai acuan untuk melihat apakah lampu bekerja pada kondisi kelistrikan yang masih aman selama pengujian.

Perubahan nilai PWM juga dapat memengaruhi daya rata-rata yang diterima lampu. Ketika nilai PWM dinaikkan, lampu akan menerima energi yang lebih besar sehingga cahaya menjadi lebih terang. Kondisi tersebut juga dapat menyebabkan perubahan pada arus dan daya kerja lampu. Sebaliknya, ketika nilai PWM diturunkan, daya rata-rata yang diterima lampu menjadi lebih kecil sehingga arus dan cahaya yang dihasilkan juga dapat menurun.

Dengan adanya INA226, hasil pengujian tidak hanya dilihat dari perubahan kecerahan lampu secara visual, tetapi juga didukung oleh data kelistrikan yang lebih terukur. Data tegangan dan arus ini membantu dalam menganalisis hubungan antara nilai PWM, daya kerja lampu, intensitas cahaya, dan suhu. Selain itu, pembacaan arus juga penting untuk memastikan bahwa lampu tidak bekerja pada kondisi arus

yang terlalu tinggi, karena hal tersebut dapat menyebabkan panas berlebih dan berisiko merusak komponen.

2.2.8 LCD 16x2 I2C

LCD 16x2 merupakan media tampilan yang digunakan untuk menampilkan informasi secara langsung pada alat. Angka 16x2 menunjukkan bahwa LCD dapat menampilkan 16 karakter pada setiap baris dan memiliki 2 baris tampilan. Pada sistem ini, LCD digunakan untuk menampilkan beberapa parameter utama, seperti suhu, intensitas cahaya, nilai PWM, tegangan, dan arus. Dengan adanya LCD, pengguna dapat melihat kondisi kerja alat secara langsung tanpa harus membuka data pada Google Spreadsheet.

LCD yang digunakan pada tugas akhir ini memakai antarmuka *Inter-Integrated Circuit* atau *I2C*. Penggunaan *I2C* membuat rangkaian menjadi lebih sederhana karena komunikasi antara LCD dan ESP32 hanya memerlukan dua jalur utama, yaitu SDA dan SCL. Hal ini berbeda dengan LCD biasa yang membutuhkan lebih banyak pin untuk mengatur tampilan. Oleh karena itu, penggunaan LCD *I2C* lebih praktis karena dapat menghemat pin pada ESP32 yang juga digunakan untuk sensor dan komponen lainnya.



Gambar 2- 8 LCD 16x2 I2C

Pada sistem *floodlight* COB LED 100 W, LCD berfungsi sebagai tampilan lokal untuk memantau hasil pembacaan sensor dan nilai kendali. Informasi yang ditampilkan dapat membantu pengguna mengetahui kondisi alat saat pengujian berlangsung, misalnya melihat perubahan suhu saat lampu menyala, perubahan nilai PWM, serta kondisi tegangan dan arus. Dengan demikian, LCD tidak hanya

berfungsi sebagai tampilan tambahan, tetapi juga sebagai media pemantauan awal sebelum data dianalisis lebih lanjut melalui Google Spreadsheet.

2.2.9 Gate Driver TC4420

TC4420 merupakan IC gate driver satu kanal yang digunakan untuk memperkuat sinyal PWM dari mikrokontroler sebelum diberikan ke gate MOSFET. IC ini mampu menyediakan arus pengisian dan pengosongan gate yang lebih besar sehingga transisi ON dan OFF MOSFET berlangsung lebih cepat.



Gambar 2- 9 Gate Drive TC4420

Pada sistem ini, sinyal PWM dari ESP32 masuk ke pin input TC4420, kemudian keluaran TC4420 diteruskan ke gate IRF540 melalui resistor gate. Penambahan gate driver membantu membentuk sinyal gate yang lebih stabil dan mendukung pengoperasian COB LED 100 W pada beban tinggi. TC4420 juga membantu memisahkan bagian kendali level logika dari bagian switching daya. Dengan adanya komponen ini, ESP32 tetap bekerja pada sisi kontrol, sedangkan proses pendorongan gate MOSFET dilakukan oleh driver yang memang dirancang untuk beban kapasitif gate. Kondisi ini mendukung pembentukan sinyal gate yang lebih cepat dan lebih konsisten.

Secara umum, penggunaan gate driver penting pada sistem yang menggunakan MOSFET sebagai saklar untuk beban daya lebih besar. Pada floodlight COB LED 100 W, penambahan TC4420 membantu meningkatkan kestabilan kerja rangkaian, terutama saat nilai PWM tinggi dan proses switching berlangsung terus-menerus. Selain memperkuat arus penggerak gate, penggunaan

TC4420 juga membantu mengurangi kemungkinan bentuk sinyal gate yang terlalu landai. Bentuk transisi gate yang lebih baik penting karena kondisi tersebut berhubungan dengan rugi switching pada MOSFET. Dengan kata lain, gate driver tidak hanya berfungsi sebagai penghubung antara ESP32 dan MOSFET, tetapi juga membantu meningkatkan kualitas proses switching pada rangkaian daya.

2.2.10 MOSFET IRF540

MOSFET atau *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor* merupakan komponen semikonduktor yang dapat digunakan sebagai saklar elektronik. Pada tugas akhir ini, MOSFET IRF540 digunakan untuk mengendalikan aliran arus menuju lampu COB LED 100 W berdasarkan sinyal PWM dari ESP32. MOSFET IRF540 umumnya memiliki kemampuan tegangan *drain-source* hingga sekitar 100 V dan arus kerja maksimum yang cukup besar, sehingga dapat digunakan untuk mengendalikan beban lampu berdaya tinggi dengan tetap memperhatikan sistem pendinginan dan batas kerja komponen.



Gambar 2- 10 MOSFET IRF540

Prinsip kerja MOSFET pada sistem ini adalah *switching*, yaitu membuka dan menutup jalur arus secara cepat sesuai sinyal PWM yang diberikan. Ketika sinyal PWM dari ESP32 berada pada kondisi tinggi, MOSFET akan menghantarkan arus sehingga lampu menyala. Sebaliknya, ketika sinyal PWM berada pada kondisi rendah, MOSFET akan memutus aliran arus sehingga lampu mati sesaat. Proses

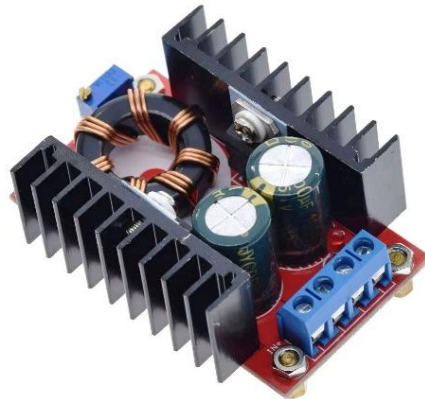
hidup dan mati ini terjadi sangat cepat, sehingga mata manusia tidak melihat lampu berkedip, melainkan melihatnya sebagai perubahan tingkat kecerahan.

Pada rangkaian kendali LED, MOSFET umumnya ditempatkan sebagai saklar pada sisi negatif beban atau disebut *low-side switching*. Pada konfigurasi ini, bagian positif lampu dihubungkan ke sumber tegangan, sedangkan bagian negatif lampu dihubungkan ke *drain* MOSFET. Bagian *source* MOSFET dihubungkan ke *ground*, sementara bagian *gate* menerima sinyal PWM dari ESP32. Dengan susunan tersebut, ESP32 tidak langsung menyalurkan arus besar ke lampu, tetapi hanya memberikan sinyal kendali ke MOSFET. Hal ini membuat pengendalian lampu lebih aman bagi mikrokontroler.

Dengan adanya MOSFET, pengaturan kecerahan lampu COB LED 100 W dapat dilakukan secara elektronik tanpa mengubah tegangan sumber secara manual. Nilai PWM yang diberikan oleh ESP32 akan menentukan seberapa lama MOSFET menghantarkan arus dalam satu periode. Semakin besar nilai PWM, semakin lama MOSFET berada dalam kondisi aktif, sehingga daya rata-rata yang diterima lampu lebih besar dan cahaya menjadi lebih terang. Sebaliknya, semakin kecil nilai PWM, maka daya rata-rata yang diterima lampu berkurang dan cahaya menjadi lebih redup.

2.2.11 Boost Converter

Boost converter merupakan rangkaian konverter DC-DC yang berfungsi menaikkan tegangan dari sumber tegangan rendah menjadi tegangan keluaran yang lebih tinggi. Pada tugas akhir ini, *boost converter* yang digunakan memiliki kapasitas 150 W. Modul ini digunakan karena sumber utama sistem berasal dari catu daya 12 V, sedangkan lampu COB LED 100 W membutuhkan tegangan kerja yang lebih tinggi, yaitu sekitar 30–36 V agar dapat menyala sesuai karakteristiknya. Dengan adanya *boost converter*, tegangan dari catu daya dapat dinaikkan dan disesuaikan dengan kebutuhan kerja lampu.



Gambar 2- 11 Modul boost converter 150 W

Boost converter 150 W dipilih karena kapasitas dayanya lebih besar dari daya nominal lampu COB LED 100 W, sehingga masih memiliki batas kemampuan yang cukup untuk mendukung kerja lampu. Meskipun demikian, pengaturan tegangan keluaran tetap harus dilakukan secara hati-hati. Tegangan yang terlalu rendah dapat menyebabkan lampu menyala kurang optimal, sedangkan tegangan yang terlalu tinggi dapat meningkatkan arus, panas, dan risiko kerusakan pada LED. Oleh karena itu, tegangan keluaran *boost converter* perlu disesuaikan secara bertahap sebelum lampu dioperasikan.

Pada sistem ini, keluaran *boost converter* dipantau menggunakan modul INA226 untuk mengetahui nilai tegangan dan arus yang masuk ke lampu. Pemantauan tersebut penting agar kondisi kelistrikan lampu dapat diamati selama proses pengujian. Dengan demikian, alat tidak hanya diuji berdasarkan kondisi lampu menyala, tetapi juga berdasarkan data tegangan dan arus yang lebih terukur. Data ini digunakan untuk memastikan bahwa lampu COB LED 100 W bekerja pada kondisi yang masih aman dan stabil.

2.2.12 Catu Daya atau Power Supply

Catu daya merupakan komponen yang berfungsi sebagai sumber energi listrik utama pada sistem. Pada tugas akhir ini digunakan Luminox PSU 12 V 10 A 100 W sebagai sumber tegangan utama. Catu daya ini mengubah tegangan AC dari listrik PLN menjadi tegangan DC 12 V yang digunakan untuk menyuplai beberapa

bagian sistem. Tegangan DC 12 V tersebut kemudian didistribusikan ke *boost converter*, kipas pendingin, dan modul *step-down* MP1584.



Gambar 2- 12 Power supply/catu daya Luminox

Pada sistem *floodlight* COB LED 100 W, catu daya memiliki peran penting karena hampir seluruh komponen membutuhkan suplai listrik agar dapat bekerja. Lampu COB LED 100 W tidak langsung dihubungkan ke PSU 12 V karena lampu membutuhkan tegangan kerja yang lebih tinggi. Oleh karena itu, tegangan dari PSU terlebih dahulu masuk ke *boost converter* untuk dinaikkan menjadi tegangan yang sesuai dengan kebutuhan lampu. Sementara itu, kipas pendingin dapat menggunakan tegangan 12 V secara langsung dari PSU untuk membantu membuang panas pada *heatsink*.

Selain menyuplai bagian daya, PSU juga digunakan sebagai sumber awal untuk rangkaian kendali. Namun, tegangan 12 V tidak dapat langsung diberikan ke ESP32 dan beberapa komponen kendali karena dapat menyebabkan kerusakan. Oleh karena itu, tegangan 12 V dari PSU diturunkan terlebih dahulu menggunakan modul MP1584 menjadi tegangan yang lebih rendah, misalnya sekitar 5 V, agar sesuai untuk rangkaian kendali.

Penggunaan Luminox PSU 12 V 10 A 100 W perlu diperhatikan karena beban utama sistem adalah lampu COB LED 100 W. Saat nilai PWM tinggi, lampu bekerja lebih besar sehingga kebutuhan daya juga meningkat. Kondisi ini dapat membuat PSU dan *boost converter* bekerja lebih berat. Oleh karena itu, selama

pengujian perlu dilakukan pemantauan tegangan, arus, dan suhu untuk memastikan sistem tetap bekerja dalam kondisi aman dan stabil.

2.2.13 Modul Step-Down MP1584

Modul MP1584 merupakan modul konverter DC-DC jenis *step-down* atau *buck converter* yang berfungsi menurunkan tegangan DC dari nilai yang lebih tinggi menjadi tegangan yang lebih rendah. Pada tugas akhir ini, MP1584 digunakan untuk menurunkan tegangan 12 V dari catu daya menjadi tegangan yang sesuai untuk rangkaian kendali. Modul ini diperlukan karena ESP32 dan beberapa komponen pendukung tidak dapat langsung menerima tegangan 12 V.



Gambar 2- 13 Modul MP1584

Pada sistem ini, tegangan 12 V dari PSU masuk ke bagian input MP1584. Setelah itu, keluaran MP1584 diatur menjadi sekitar 5 V untuk menyuplai ESP32 melalui pin VIN atau jalur 5 V. Pengaturan tegangan keluaran MP1584 dilakukan melalui trimpot yang terdapat pada modul. Sebelum dihubungkan ke ESP32, tegangan keluaran perlu diperiksa terlebih dahulu menggunakan multimeter agar tidak melebihi batas tegangan yang aman.

MP1584 berperan penting dalam menjaga keamanan rangkaian kendali. Jika ESP32 langsung diberi tegangan 12 V, komponen dapat rusak karena tegangan tersebut terlalu tinggi. Dengan adanya MP1584, tegangan dari PSU dapat diturunkan terlebih dahulu sehingga ESP32, sensor, LCD, dan modul pendukung dapat bekerja lebih aman. Setelah ESP32 mendapat suplai tegangan yang sesuai,

sensor yang membutuhkan tegangan 3,3 V dapat disuplai melalui pin 3,3 V dari ESP32.

Pada sistem *floodlight* ini, MP1584 tidak digunakan untuk menyuplai lampu COB LED 100 W. Lampu tetap disuplai melalui jalur daya utama yang berasal dari *boost converter*. MP1584 hanya digunakan untuk bagian kontrol dan pemantauan, seperti ESP32, sensor, dan modul pendukung. Dengan pembagian jalur seperti ini, sistem menjadi lebih rapi karena bagian daya lampu dan bagian kendali memiliki fungsi suplai yang berbeda.

2.2.14 Kipas dan Sistem Pendinginan

Kipas prosesor digunakan sebagai bagian dari sistem pendinginan pada lampu COB LED 100 W. Pada tugas akhir ini, kipas prosesor dipasang menyatu dengan *heatsink* agar proses pembuangan panas dapat bekerja lebih baik. *Heatsink* berfungsi menerima panas dari lampu COB LED, kemudian menyebarkan panas tersebut melalui sirip-sirip aluminium. Setelah itu, kipas prosesor membantu mengalirkan udara ke bagian *heatsink* agar panas lebih cepat dilepaskan ke udara sekitar.



Gambar 2- 14 Kipas pendingin dan heatsink

Pada sistem *floodlight* COB LED 100 W, panas menjadi salah satu hal yang perlu diperhatikan karena lampu berdaya besar menghasilkan suhu yang cukup tinggi saat beroperasi. Jika panas tidak dibuang dengan baik, suhu pada lampu dapat

terus meningkat dan memengaruhi kestabilan cahaya maupun umur pakai LED. Oleh karena itu, penggunaan *heatsink* dan kipas prosesor diperlukan untuk membantu menjaga suhu sistem agar tetap lebih stabil selama pengujian.

Kipas prosesor pada rangkaian ini mendapat suplai dari catu daya 12 V. Kipas bekerja sebagai pendingin aktif, sedangkan *heatsink* bekerja sebagai pendingin pasif. Kombinasi keduanya membuat proses pendinginan lebih efektif dibandingkan hanya menggunakan *heatsink* saja. Saat lampu menyala, panas dari COB LED akan berpindah ke *heatsink*, lalu aliran udara dari kipas membantu mempercepat pelepasan panas tersebut.

Dalam pengujian, kinerja kipas dan *heatsink* diamati melalui data suhu yang dibaca oleh sensor DS18B20. Data suhu tersebut digunakan untuk melihat apakah sistem pendinginan mampu menahan kenaikan suhu atau membantu menurunkan suhu ketika lampu bekerja pada nilai PWM tertentu. Dengan demikian, kipas prosesor dan *heatsink* tidak hanya berfungsi sebagai komponen tambahan, tetapi juga menjadi bagian penting dalam evaluasi kondisi termal alat.

2.2.15 Google Spreadsheet sebagai Media Pencatatan Data

Google Spreadsheet digunakan sebagai media pencatatan data hasil pengukuran pada sistem *floodlight* COB LED 100 W. Pada tugas akhir ini, data yang dicatat meliputi waktu pengujian, suhu, intensitas cahaya, nilai PWM, tegangan, dan arus. Data tersebut diperoleh dari pembacaan sensor dan modul yang terhubung dengan ESP32, kemudian dikirimkan secara otomatis melalui koneksi *Wi-Fi*. Dengan cara ini, hasil pengujian tidak hanya ditampilkan secara langsung pada LCD, tetapi juga tersimpan pada Google Spreadsheet

Penggunaan Google Spreadsheet bertujuan untuk mempermudah proses penyimpanan dan pengamatan data selama pengujian alat berlangsung. Tanpa pencatatan otomatis, data harus dicatat secara manual sehingga lebih berisiko terjadi kesalahan pencatatan, keterlambatan, atau data yang terlewat. Melalui Google Spreadsheet, setiap data yang dikirim oleh ESP32 dapat tersimpan secara berurutan sesuai waktu pengambilan data. Hal ini membuat proses pengujian menjadi lebih rapi dan mudah ditelusuri kembali.

Pada sistem ini, ESP32 berperan sebagai pengirim data. Setelah ESP32 membaca suhu dari sensor DS18B20, intensitas cahaya dari LDR, serta tegangan dan arus dari INA226, data tersebut kemudian diproses dan dikirimkan ke Google Spreadsheet. Nilai PWM juga ikut dicatat agar perubahan kecerahan lampu dapat dibandingkan dengan perubahan parameter lainnya. Dengan demikian, data yang tersimpan dapat digunakan untuk melihat hubungan antara nilai PWM terhadap intensitas cahaya, suhu, tegangan, dan arus.

Dengan adanya pencatatan otomatis ini, pembahasan hasil pengujian menjadi lebih terstruktur karena didukung oleh data yang tersimpan. Google Spreadsheet berfungsi sebagai media dokumentasi hasil pengukuran, sehingga evaluasi kinerja sistem tidak hanya berdasarkan pengamatan langsung, tetapi juga berdasarkan data yang dapat diperiksa kembali. Oleh karena itu, penggunaan Google Spreadsheet menjadi bagian penting dalam sistem pemantauan pada tugas akhir ini.

2.2.16 Sistem Kerja Floodlight COB LED 100 W Berbasis PWM

Sistem kerja alat dimulai dari PSU 12 V 10 A sebagai sumber tegangan utama. Tegangan 12 V dari catu daya digunakan untuk menyuplai beberapa bagian sistem, yaitu *boost converter*, modul *step-down* MP1584, dan kipas pendingin. Tegangan yang masuk ke *boost converter* dinaikkan agar sesuai dengan kebutuhan kerja lampu COB LED 100 W. Sementara itu, modul *step-down* MP1584 digunakan untuk menurunkan tegangan 12 V menjadi 5 V agar dapat digunakan oleh ESP32 dan rangkaian kendali.

ESP32 berperan sebagai pusat kendali dan pengolahan data pada sistem. Masukan dari potensiometer digunakan untuk menentukan besar kecilnya nilai PWM. Nilai PWM tersebut kemudian dikirimkan dari ESP32 menuju MOSFET IRF540. Pada rangkaian ini, MOSFET bekerja sebagai saklar elektronik yang mengatur aliran arus menuju lampu COB LED 100 W. Semakin besar nilai PWM yang diberikan, maka lampu akan menerima daya rata-rata yang lebih besar sehingga cahaya menjadi lebih terang. Sebaliknya, nilai PWM yang lebih kecil akan membuat cahaya lampu menjadi lebih redup.

Selama alat bekerja, beberapa sensor digunakan untuk memantau kondisi sistem. Sensor DS18B20 membaca suhu pada area lampu, LDR membaca perubahan intensitas cahaya, sedangkan INA226 membaca tegangan dan arus pada jalur lampu. Data hasil pembacaan tersebut diproses oleh ESP32, kemudian ditampilkan pada LCD 16x2 I2C agar pengguna dapat melihat kondisi alat secara langsung. Selain ditampilkan pada LCD, data pengukuran juga dikirimkan ke Google Spreadsheet melalui koneksi *Wi-Fi*. Data yang dikirim meliputi waktu, suhu, intensitas cahaya, nilai PWM, tegangan, dan arus. Setiap data yang masuk akan tersusun ke bawah sesuai urutan waktu pengambilan data.

Melalui sistem ini, pengujian dapat dilakukan untuk mengetahui hubungan antara nilai PWM terhadap intensitas cahaya, tegangan, arus, dan suhu. Selain itu, sistem juga dapat digunakan untuk melihat batas bawah operasi lampu, yaitu nilai PWM minimum saat lampu mulai menyala atau bekerja secara stabil. Pengaruh kipas terhadap suhu juga dapat dianalisis berdasarkan perubahan data suhu selama alat beroperasi.