pISSN : 0852-0232, eISSN : 2656-582X DOI : 10.14710/gt.v23i2.xxxxx

RANCANG BANGUN FLOODLIGHT 100 W DENGAN KONTROL KECERAHAN BERBASIS PWM

Ninna Nikita Dewi[1)], Dista Yoel Tadeus[2)]
[1)]Program Studi Str. Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

ABSTRACT

High-power floodlights are commonly operated continuously at maximum brightness even though lighting needs vary by operating condition. This study designed and developed a 100 W COB LED floodlight with brightness control based on Pulse Width Modulation (PWM). The system used an ESP32 as the main controller, a potentiometer as the PWM input, an IRF540 MOSFET as the electronic switch, a boost converter as the lamp voltage supply, and DS18B20, LDR, and INA226 sensors to monitor temperature, light intensity, voltage, and current. Measurement data were shown on a 16x2 I2C LCD and sent to Google Spreadsheet when Wi-Fi was available, while the control and monitoring functions continued to operate during Wi-Fi disconnection. Testing was conducted through PWM variation, low-PWM operating threshold, Google Spreadsheet logging, fan cooling comparison, and oscilloscope observation of the MOSFET switching signal. The results show that the lamp responded at a very low PWM value, while stable light output was used at about 10% duty cycle. The LDR reading reached 4095 at 80-100% PWM. At 100% PWM, the measured voltage was 30.3 V and the current was 3.28 A, producing approximately 99.38 W. The fan reduced the temperature from 57.4 °C to 42.6 °C, with a difference of 14.8 °C. A 5 kHz PWM frequency produced a more stable light output than lower frequencies. Overall, the developed system was able to control brightness, monitor operating parameters, and record data automatically at prototype scale.

Keywords: *COB LED 100 W, ESP32, floodlight, Google Spreadsheet, PWM*

PENDAHULUAN

Floodlight digunakan pada area yang memerlukan penerangan kuat dan luas, seperti halaman, lapangan, gudang, bengkel, tempat parkir, dan area kerja malam hari. Penggunaan lampu berbasis LED semakin banyak diterapkan karena konsumsi dayanya relatif efisien dan umur pakainya lebih baik dibandingkan beberapa lampu konvensional [1]. Pada sistem penerangan berdaya besar, COB LED dapat menjadi sumber cahaya utama karena beberapa chip LED berada dalam satu modul sehingga mampu menghasilkan intensitas cahaya tinggi dalam ukuran yang ringkas.

Permasalahan yang sering muncul pada *floodlight* berdaya besar adalah lampu bekerja pada kecerahan maksimum secara terus-menerus, padahal kebutuhan pencahayaan tidak selalu sama. Operasi penuh secara terus-menerus dapat membuat penggunaan energi kurang fleksibel dan meningkatkan panas pada sistem. Oleh sebab itu, diperlukan pengaturan kecerahan yang dapat menyesuaikan keluaran cahaya. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah PWM karena mampu mengatur daya rata-rata yang diterima lampu melalui perubahan *duty cycle* [10].

Selain pengaturan kecerahan, pemantauan suhu, tegangan, arus, dan intensitas cahaya juga dibutuhkan agar kondisi kerja lampu dapat dievaluasi. Tugas akhir ini merancang sistem *floodlight* COB LED 100 W berbasis ESP32 yang menggabungkan kontrol PWM, pembacaan sensor, tampilan LCD, dan pencatatan data ke *Google Spreadsheet*. [8]. Dengan sistem tersebut, alat tidak hanya berfungsi sebagai penerangan, tetapi juga sebagai perangkat yang dapat dipantau selama proses pengujian.

DASAR TEORI

1. Pulse Width Modulation (PWM)

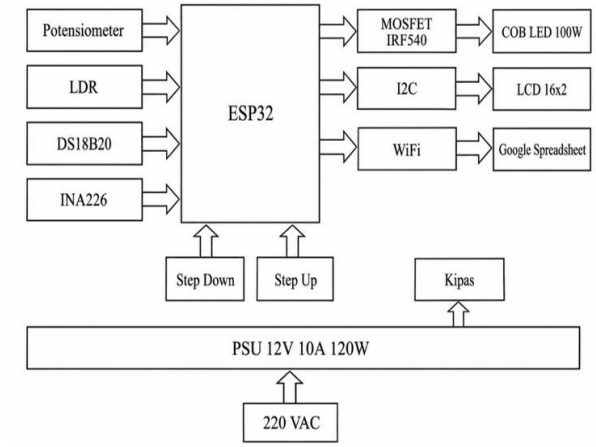
PWM merupakan metode pengaturan sinyal digital dengan mengubah perbandingan waktu aktif dan waktu tidak aktif dalam satu periode. Perbandingan waktu aktif terhadap satu periode disebut *duty cycle*. Pada LED, *duty cycle* yang lebih besar membuat MOSFET berada lebih lama pada kondisi ON, sehingga energi rata-rata yang diterima lampu meningkat dan cahaya menjadi lebih terang. Duty cycle dapat dihitung dengan persamaan D = (T_ON/T) x 100%. Pada sistem ini, ESP32 menggunakan resolusi PWM 8-bit, sehingga nilai PWM berada pada rentang 0 sampai 255.

2. Sistem Kendali dan Pemantauan

ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali yang membaca potensiometer, mengolah data sensor, menghasilkan sinyal PWM, menampilkan data pada LCD, dan mengirimkan data ke *Google Spreadsheet*. Sensor DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu, LDR digunakan untuk membaca intensitas cahaya, sedangkan INA226 digunakan untuk membaca tegangan dan arus pada jalur lampu. MOSFET IRF540 bekerja sebagai saklar elektronik pada sisi negatif beban atau *low-side switching*.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan melalui tahapan perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, perakitan alat, dan pengujian sistem. Perangkat keras terdiri atas PSU 12 V 10 A, *boost converter* 150 W, MP1584 *step-down*, ESP32, MOSFET IRF540, COB LED 100 W, sensor DS18B20, LDR, INA226, LCD 16x2 I2C, potensiometer, *heatsink*, dan kipas pendingin. Seluruh ground disatukan sebagai *common ground* agar sinyal kendali dan pembacaan sensor memiliki acuan tegangan yang sama.



Gambar 1. Diagram blok sistem floodlight COB LED 100 W

Alur kerja sistem dimulai dari pembacaan potensiometer oleh ESP32. Nilai ADC 0-4095 dipetakan menjadi nilai PWM 0-255, kemudian sinyal PWM dikirimkan melalui GPIO23 menuju gate MOSFET. Pada saat yang sama, ESP32 membaca LDR, DS18B20, dan INA226. Data hasil pembacaan ditampilkan pada LCD, sedangkan pengiriman data ke *Google Spreadsheet* dilakukan setiap 10 detik ketika Wi-Fi tersedia. Apabila Wi-Fi tidak tersedia, alat tetap menjalankan kontrol lampu, pembacaan sensor, dan tampilan LCD, sedangkan proses pengiriman data dilewati sementara.



Gambar 2. Realisasi prototipe sistem floodlight

Pengujian dilakukan pada beberapa bagian. Pengujian variasi PWM digunakan untuk melihat pengaruh perubahan PWM terhadap cahaya, tegangan, arus, daya, dan suhu. Pengujian batas bawah dilakukan pada PWM 1, 5, 10, 15, dan 20 untuk membedakan respons awal penyalaan dan kondisi menuju operasi stabil. Pengujian kipas dilakukan dengan membandingkan temperatur saat kipas menyala dan mati. Pengujian osiloskop dilakukan untuk mengamati sinyal pada gate MOSFET dan jalur negatif LED.

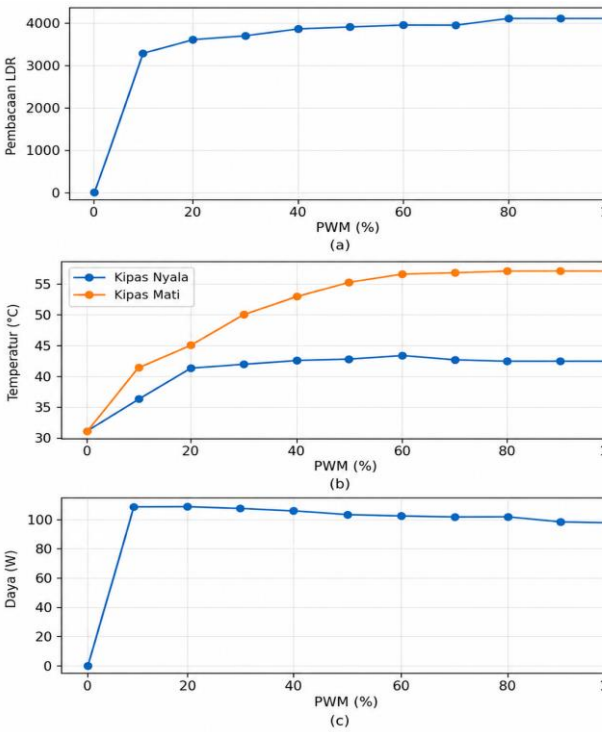
HASIL PENGUJIAN

1. Pengujian Variasi PWM

Tabel 1. Data pengujian variasi PWM terhadap kerja lampu

PWM (%)	Arus (A)	Teg. (V)	LDR	Suhu (°C)	
				kipas	tanpa kipas
0	0	34.0	0	31.2	31.2
10	3.28	33.7	3330	36.1	41.8
20	3.28	33.7	3622	41.3	45.2
30	3.28	33.3	3721	42.2	50.4
40	3.28	32.8	3853	42.9	53.4
50	3.28	32.1	3891	43.1	55.7
60	3.28	31.8	3935	43.6	57.1
70	3.28	31.6	3935	42.8	57.2
80	3.28	31.6	4095	42.6	57.4
90	3.28	30.5	4095	42.6	57.4
100	3.28	30.3	4095	42.6	57.4

Pada PWM 0%, lampu tidak menyala dan pembacaan LDR bernilai 0. Ketika PWM dinaikkan, pembacaan LDR meningkat hingga mencapai nilai maksimum 4095 pada rentang PWM 80-100%. Pada PWM 100%, tegangan terukur 30,3 V dan arus 3,28 A, sehingga daya yang diperoleh sebesar 99,38 W. Nilai tersebut mendekati spesifikasi lampu COB LED 100 W. Tegangan menurun dari 34 V tanpa beban menjadi 30,3 V saat beban penuh karena arus mengalir ke lampu dan rangkaian bekerja pada kondisi pembebanan.



Gambar 3. Grafik hasil pengujian variasi PWM

2. Pengujian Batas Bawah Pengoperasian

Tabel 2. Data pengujian batas bawah pengoperasian lampu

PWM	Duty (%)	Arus (A)	Teg. (V)	LDR	Keterangan
1	0.39	0.05	34.0	641	Sangat redup
5	1.96	1.02	33.9	2380	Menyala redup
10	3.92	2.48	33.9	3867	Cahaya mulai jelas
15	5.88	2.48	33.9	3090	Transisi
20	7.84	3.28	33.8	3237	Mulai stabil secara kelistrikan

Hasil tambahan menunjukkan bahwa lampu sudah merespons sejak PWM 1, tetapi nyala yang dihasilkan masih sangat redup sehingga belum dapat dijadikan batas operasi stabil. Pada PWM 20 atau sekitar 7,84% *duty cycle*, arus mencapai 3,28 A dan tegangan 33,8 V, sehingga kondisi kelistrikan mulai lebih baik. Meskipun demikian, acuan operasi stabil tetap digunakan pada sekitar 10% *duty cycle* atau sekitar PWM 24-26, karena cahaya yang dihasilkan lebih layak digunakan sebagai kondisi awal operasi *floodlight*.

3. Pengujian Google Spreadsheet dan Operasi Offline

Tabel 3. Respons sistem pada mode online dan offline

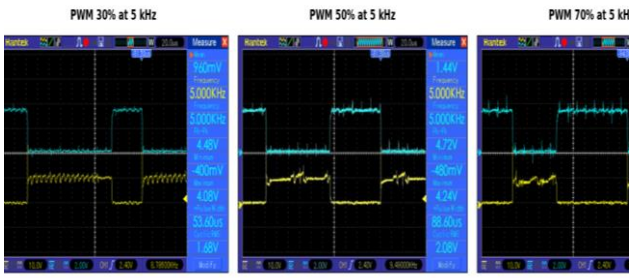
Mode	Status Wi-Fi	Respons Sistem
Online	Terkoneksi	Data waktu, suhu, LDR, PWM, tegangan, dan arus dikirim ke spreadsheet
Offline	Terputus	Kontrol PWM, pembacaan sensor, dan LCD tetap berjalan; upload dilewati
Reconnect	Mencoba ulang	ESP32 mencoba terhubung kembali secara berkala di background

Pencatatan data berjalan otomatis ketika Wi-Fi tersedia. Data yang dikirim meliputi waktu pengujian, suhu, nilai LDR, PWM, tegangan, dan arus. Saat Wi-Fi terputus, sistem tidak berhenti karena program hanya melewati proses upload, sedangkan pembacaan sensor, kontrol lampu, dan tampilan LCD tetap berjalan.

4. Pengujian Osiloskop dan Frekuensi PWM

Tabel 4. Ringkasan hasil pengujian frekuensi PWM

Frekuensi	Hasil Pengamatan	Analisis
1 Hz	Lampu tidak menyala	Periode ON-OFF terlalu lambat
10 Hz	Lampu mulai merespons tetapi terlihat berkedip cepat	Switching masih terlihat oleh mata
5 kHz	Nyala stabil dan bentuk gelombang masih dapat diamati	Dipilih sebagai frekuensi kerja utama
>5 kHz	Pulsa semakin rapat dan sulit diamati secara visual	Berpotensi meningkatkan rugi switching MOSFET



Gambar 4. Bentuk gelombang PWM 5 kHz pada pengujian osiloskop

Pengujian osiloskop menggunakan dua kanal. Channel 1 mengukur jalur negatif LED terhadap ground, sedangkan Channel 2 mengukur sinyal PWM pada gate MOSFET terhadap ground. Pada 5 kHz, bentuk gelombang masih dapat diamati dan nyala lampu stabil. Perubahan PWM 30%, 50%, dan 70% menunjukkan perubahan waktu ON, yaitu semakin besar PWM maka bagian ON pada pulsa menjadi lebih panjang.

ANALISIS

Perubahan PWM terbukti memengaruhi intensitas cahaya lampu. Semakin besar *duty cycle*, semakin lama MOSFET berada pada kondisi ON, sehingga energi rata-rata yang masuk ke lampu meningkat. Berdasarkan pengujian pada nilai PWM rendah, lampu COB LED 100 W sudah mulai menunjukkan respons penyalaan sejak PWM 1, tetapi nyala yang dihasilkan masih sangat redup dan belum dapat dikategorikan sebagai kondisi operasi stabil. Pada nilai PWM yang lebih tinggi, kondisi cahaya mulai terlihat lebih jelas. Batas bawah operasi stabil lebih tepat berada pada sekitar PWM 25 atau setara dengan *duty cycle* mendekati 10%, karena pada kondisi tersebut nyala lampu sudah lebih stabil dan pembacaan LDR lebih konsisten. Akan tetapi, pembacaan LDR mencapai batas 4095 pada PWM 80–100%, sehingga perubahan intensitas pada rentang tinggi tidak lagi terlihat secara rinci dari sensor tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa pengukuran cahaya dengan LDR masih memiliki keterbatasan linearitas dan rentang pembacaan.

Hasil pengujian termal menunjukkan bahwa kipas membantu pelepasan panas dari lampu dan *heatsink*. Pada PWM 100%, suhu tanpa kipas mencapai 57,4 °C, sedangkan dengan kipas menjadi 42,6 °C. Selisih 14,8 °C menunjukkan bahwa pendinginan aktif berpengaruh terhadap kestabilan suhu sistem. Frekuensi PWM 5 kHz dipilih karena menghasilkan nyala yang stabil tanpa kedipan, masih dapat diamati dengan osiloskop, dan tidak memberikan beban *switching* setinggi frekuensi yang jauh lebih besar.

KESIMPULAN

1. Sistem *floodlight* COB LED 100 W berbasis ESP32 berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan kontrol kecerahan berbasis PWM.
2. Lampu merespons sejak nilai PWM sangat rendah, sedangkan kondisi operasi yang lebih stabil digunakan pada sekitar 10% *duty cycle*. Pembacaan LDR mencapai nilai maksimum 4095 pada PWM 80-100%.
3. Pada PWM 100%, sistem menghasilkan tegangan 30,3 V, arus 3,28 A, dan daya sekitar 99,38 W sehingga mendekati spesifikasi lampu 100 W.
4. Kipas menurunkan suhu dari 57,4 °C menjadi 42,6 °C dengan selisih 14,8 °C, sehingga pendinginan aktif terbukti membantu kestabilan termal.
5. Frekuensi PWM 5 kHz menghasilkan nyala lebih stabil dibandingkan frekuensi rendah dan sesuai digunakan sebagai frekuensi kerja utama sistem.

SARAN

1. Sistem pendingin dapat ditingkatkan dengan ventilasi yang lebih baik atau kipas yang lebih efektif.
2. Posisi LDR perlu dioptimalkan agar pembacaan cahaya lebih fokus pada lampu dan tidak banyak dipengaruhi cahaya lingkungan.
3. Sensor intensitas cahaya dapat diganti dengan sensor yang memiliki akurasi dan linearitas lebih tinggi.
4. Penyimpanan lokal seperti kartu SD dapat ditambahkan agar data tetap tersimpan ketika Wi-Fi terputus.
5. Pengujian dapat dilakukan dalam durasi lebih lama dan pada kondisi lingkungan yang lebih bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Widiastuti, "Analisa efisiensi biaya di rumah susun pada pemakaian lampu LED," Elektriese: J. Sains dan Teknologi Elektro, vol. 13, no. 1, pp. 95-106, 2023.

[2] A. Aldi, E. Nasrullah, and S. Sumadi, "Rancang bangun sistem kendali intensitas cahaya lampu ruangan menggunakan fuzzy logic berbasis mikrokontroler Arduino Mega," J. Informatika dan Teknik Elektro Terapan, vol. 12, no. 1, pp. 178-185, 2024.

[3] L. Aditya and A. R. Harahap, "Rancang bangun penerangan jalan umum untuk mengatasi kondisi berkabut menggunakan sensor LDR dan sensor kabut berbasis ESP32," J. Elektro, vol. 12, no. 1, pp. 12-21, 2024.

[4] C. Cengiz, M. Azarifar, and M. Arik, "A critical review on the junction temperature measurement of light emitting diodes," Micromachines, vol. 13, no. 10, art. 1615, 2022.

[5] Espressif Systems, "ESP32 series datasheet," ver. 5.2, 2025.
[6] Texas Instruments, "INA226 36-V, 16-bit, ultra-precise I2C output current, voltage, and power monitor with alert," 2025.
[7] I. Irfan, R. Ramlah, A. Hafid, S. Suryani, and R. T. Wahyuningsih, "Rancang bangun pengaturan intensitas lampu LED menggunakan teknik modulasi lebar pulsa (PWM)," VERTEX ELEKTRO, vol. 17, no. 1, 2025.
[8] K. Iriyanta, H. Hendra, and I. Y. Buryadi, "Visualisasi data suhu dan kelembaban ruangan admisi UTDI berbasis IoT menggunakan Google Spreadsheet dan Google Looker Studio," J. Informasi Interaktif, vol. 10, no. 1, pp. 130-140, 2025.
[9] M. A. Ozcelik, "Investigation of the effect of light PWM frequency on the object in terms of human visual comfort," Bioengineering and Bioelectronics, vol. 5, p. 21, 2023.
[10] M. W. Umar, N. Yahaya, and Z. Baharuddin, "PWM dimming control for high brightness LED based automotive lighting applications," Int. J. Electrical and Computer Engineering (IJECE), vol. 7, no. 5, pp. 2434-2440, 2017.