

Perancangan Sistem Kontrol Intensitas Cahaya Berbasis Feedback Menggunakan Metode PID

¹ Raudahtul Zannah Pane, ² Zulwisli, ² Winda Agustiarmi, ² Yudhi Diputra

¹ Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Jl. Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Barat, Kecamatan Padang Utara, Kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia

*Corresponding Author e-mail: raudahtulzannahpane@gmail.com

Received: May 2026; Revised: June 2026; Published: July 2026

Abstrak

Sistem pencahayaan yang masih dioperasikan secara manual umumnya belum mampu mempertahankan intensitas cahaya pada nilai yang diinginkan ketika terjadi perubahan kondisi lingkungan. Permasalahan utama yang melatarbelakangi penelitian ini adalah keterbatasan sistem pencahayaan konvensional dalam merespons perubahan intensitas cahaya alami secara otomatis, yang mengakibatkan ketidakstabilan tingkat pencahayaan dan pemborosan energi listrik. Penelitian ini bertujuan merancang sistem kontrol intensitas cahaya berbasis feedback menggunakan metode Proportional-Integral-Derivative (PID) untuk menjaga kestabilan intensitas cahaya terhadap nilai setpoint. Sistem dikembangkan menggunakan Arduino Uno sebagai pengendali, sensor BH1750 sebagai pembaca intensitas cahaya, dan lampu LED sebagai aktuator yang dikendalikan melalui sinyal PWM. Penentuan parameter PID dilakukan menggunakan metode trial and error dengan evaluasi berbasis karakteristik respon transien sistem. Pengujian dilakukan dengan menganalisis parameter respon sistem yang meliputi rise time, settling time, overshoot, dan steady-state error. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan kombinasi parameter PID terbaik $K_p=1,5$, $K_i=0,3$, dan $K_d=0,1$, sistem mampu mempertahankan intensitas cahaya mendekati setpoint dengan rise time 0,5–1,6 detik, settling time 1,5–2,1 detik, maximum overshoot 1,34%–3,1%, dan steady-state error sebesar 0,8 lux. Sistem yang dirancang juga dapat digunakan sebagai media pembelajaran sistem kontrol berbasis mikrokontroler.

Kata Kunci: Pencahayaan Otomatis, Kendali Umpan Balik, Sensor Cahaya, Analisis Respon Sistem

Design of a Feedback-Based Light Intensity Control System Using the PID Method

Abstract

Manually operated lighting systems generally fail to maintain light intensity at a desired level when environmental conditions change. The primary issue motivating this research is the limitation of conventional lighting systems in automatically responding to fluctuations in natural light intensity, resulting in unstable illumination levels and electrical energy waste. This study aims to design a feedback-based light intensity control system using the Proportional-Integral-Derivative (PID) method to maintain light intensity stability relative to a setpoint. The system was developed using an Arduino Uno as the controller, a BH1750 sensor to measure light intensity, and an LED lamp as the actuator controlled via a PWM signal. PID parameters were determined through a trial-and-error method, evaluated based on the system's transient response characteristics. Testing involved analyzing system response parameters, including rise time, settling time, overshoot, and steady-state error. The results demonstrate that with the optimal PID parameter combination of $K_p=1.5$, $K_i=0.3$, and $K_d=0.1$, the system successfully maintained light intensity close to the setpoint, achieving a rise time of 0.5–1.6 seconds, a settling time of 1.5–2.1 seconds, a maximum overshoot of 1.34%–3.1%, and a steady-state error of 0.8 lux. The designed system can also serve as an educational tool for microcontroller-based control systems.

Keywords: Automatic Lighting, Feedback Control, Light Sensor, System Response Analysis

How to Cite: Pane, R. Z., Zulwisli, Agustiarmi, W., & Diputra, Y. (2026). Perancangan Sistem Kontrol Intensitas Cahaya Berbasis Feedback Menggunakan Metode PID. *Journal of Authentic Research*, 5(3), 5007–5021. <https://doi.org/10.36312/4dkfwg16>



<https://doi.org/10.36312/4dkfwg16>

Copyright© 2026, Pane et al.

This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



PENDAHULUAN

Sistem pencahayaan merupakan salah satu aspek penting dalam mendukung aktivitas manusia pada berbagai sektor, seperti industri, laboratorium, perkantoran, maupun institusi pendidikan (Badan Standardisasi Nasional, 2020; Lambonan et al., 2024). Tingkat pencahayaan yang sesuai berpengaruh terhadap kenyamanan visual, produktivitas kerja, keselamatan, serta kualitas hasil pekerjaan (Amarulloh & Nurhuda, 2024). Pada lingkungan industri, pencahayaan yang tidak memenuhi standar dapat meningkatkan risiko kesalahan kerja, menurunkan ketelitian operator, mempercepat kelelahan mata, dan berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja (Zhou & Pan, 2023). Selain aspek keselamatan dan produktivitas, konsumsi energi listrik untuk pencahayaan memberikan kontribusi yang cukup besar terhadap total penggunaan energi pada suatu bangunan (Latief et al., 2025; Triandono et al., 2025).

Pada praktiknya, sebagian besar sistem pencahayaan masih menggunakan pengaturan secara manual atau bekerja berdasarkan sistem *open-loop*, sehingga intensitas cahaya yang dihasilkan tidak mampu menyesuaikan perubahan kondisi lingkungan secara otomatis (Kusuma et al., 2024; Yofanda et al., 2025). Perubahan intensitas cahaya alami akibat cuaca, waktu, maupun kondisi sekitar menyebabkan nilai pencahayaan pada area kerja sering kali berubah dari nilai yang diharapkan (Prasasti et al., 2023). Kondisi tersebut tidak hanya menyebabkan pemborosan energi listrik, tetapi juga mengakibatkan kualitas pencahayaan menjadi kurang optimal. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem pengendalian yang mampu melakukan penyesuaian intensitas cahaya secara otomatis berdasarkan kondisi pencahayaan aktual (Aprianti & Nulpulaela, 2024; Pratama & Budijanto, 2025).

Salah satu pendekatan yang banyak diterapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah sistem kontrol berbasis *feedback* (Nasihin & Majid, 2026). Pada sistem ini, keluaran sistem diukur menggunakan sensor kemudian dibandingkan dengan nilai *setpoint* sehingga diperoleh nilai *error* yang digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan oleh pengendali (Oktaviana et al., 2022; Huda & Kurniawan, 2022). Mekanisme *feedback* memungkinkan sistem melakukan koreksi secara terus-menerus terhadap perubahan kondisi lingkungan sehingga menghasilkan respon yang lebih stabil dibandingkan sistem *open-loop* (Esario & Yuhendri, 2020). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem kontrol *closed-loop* mampu meningkatkan akurasi pengendalian, memperkecil *steady-state error*, serta meningkatkan efisiensi penggunaan energi pada sistem pencahayaan otomatis (Ginting & Hidayati, 2025).

Seiring berkembangnya teknologi sistem kontrol, metode *Proportional-Integral-Derivative* (PID) masih menjadi salah satu algoritma pengendalian yang paling banyak digunakan pada berbagai aplikasi industri karena memiliki struktur yang sederhana, mudah diimplementasikan, dan mampu menghasilkan respon sistem yang cepat serta stabil (Zaeny et al., 2025; Aprianti & Nulpulaela, 2024). Beberapa penelitian terbaru telah menerapkan metode PID pada sistem pengendalian suhu, kecepatan motor DC, level cairan, maupun intensitas cahaya dengan hasil yang menunjukkan peningkatan performa sistem dibandingkan pengendalian tanpa *feedback* (Esario & Yuhendri, 2020; Saufa et al., 2024). Berdasarkan tinjauan terhadap penelitian sebelumnya, terdapat kesenjangan (*research gap*) dimana sebagian besar penelitian lebih berfokus pada implementasi algoritma pengendalian atau monitoring sistem, sedangkan analisis performa berdasarkan karakteristik respon

transien seperti *rise time*, *settling time*, *overshoot*, dan *steady-state error* masih belum banyak dibahas secara komprehensif. Penelitian oleh Saufa et al. (2024) merancang sistem kontrol intensitas cahaya berbasis Arduino Nano tanpa melakukan analisis mendalam terhadap parameter respon transien dan pengaruh variasi parameter PID. Sementara itu, penelitian Yofanda et al. (2025) mengembangkan sistem pengendalian parameter ruangan berbasis IoT dengan sensor BH1750 namun belum mengevaluasi performa kontrol secara kuantitatif menggunakan parameter standar sistem kendali.

Selain itu, pengembangan sistem dalam bentuk *trainer* sebagai media pembelajaran sistem kontrol berbasis mikrokontroler juga masih relatif terbatas, sehingga penelitian ini memiliki posisi yang berbeda (*state of the art*) dengan menggabungkan implementasi sistem kontrol PID berbasis Arduino Uno, analisis kuantitatif parameter respon transien, serta pengembangan *trainer* pembelajaran. Penelitian ini memiliki batasan pada rentang nilai setpoint yang diuji sebesar 45 lux, 55 lux, dan 60 lux, menggunakan sensor BH1750 tanpa kalibrasi tambahan, serta pengujian dilakukan pada kondisi lingkungan ruangan tertutup.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengusulkan perancangan sistem kontrol intensitas cahaya berbasis *feedback* menggunakan metode PID dengan memanfaatkan Arduino Uno sebagai pengendali utama dan sensor BH1750 sebagai sensor intensitas cahaya. Tujuan khusus penelitian ini adalah (1) merancang sistem kontrol intensitas cahaya berbasis *feedback* yang mampu mempertahankan intensitas cahaya mendekati setpoint dengan *rise time* kurang dari 2 detik dan *steady-state error* kurang dari 1 lux, (2) menganalisis pengaruh variasi parameter PID terhadap karakteristik respon sistem, dan (3) menghasilkan *trainer* yang dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran sistem kontrol berbasis mikrokontroler.

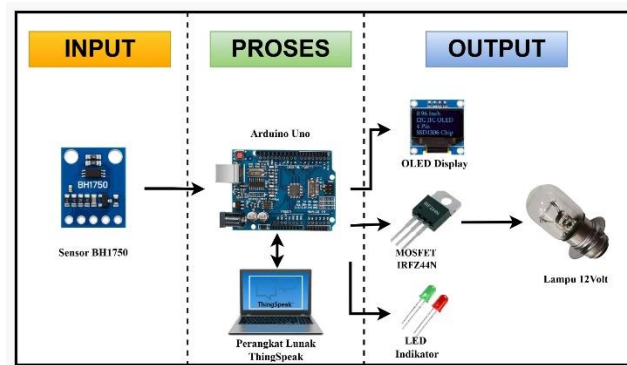
METODE

Penelitian ini merupakan penelitian rancang bangun (*design and implementation*) yang bertujuan mengembangkan sistem kontrol intensitas cahaya berbasis *feedback* menggunakan metode *Proportional-Integral-Derivative* (PID).

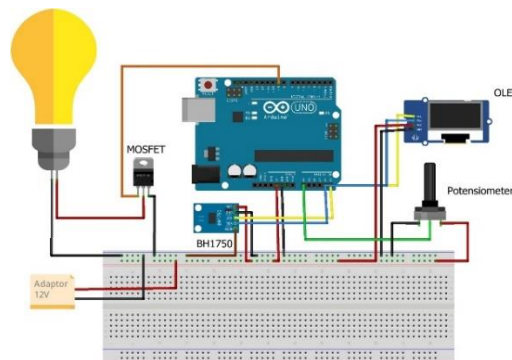
Tahapan penelitian meliputi perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, dan perancangan kendali PID.

Perancangan Perangkat Keras

Perancangan sistem alat dapat dilihat pada Gambar 1. Data *input* berasal dari sensor BH1750. Sistem dilengkapi dengan fasilitas monitoring menggunakan platform ThingSpeak sehingga kondisi sistem dapat dipantau secara *real-time*. *Output* sistem berupa sinyal PWM yang diterima oleh *driver* MOSFET untuk mengendalikan intensitas cahaya lampu. LED dan OLED *display* digunakan sebagai lampu indikator dan untuk menampilkan hasil pengolahan sistem secara langsung.



Gambar 1. Perancangan Sistem Alat



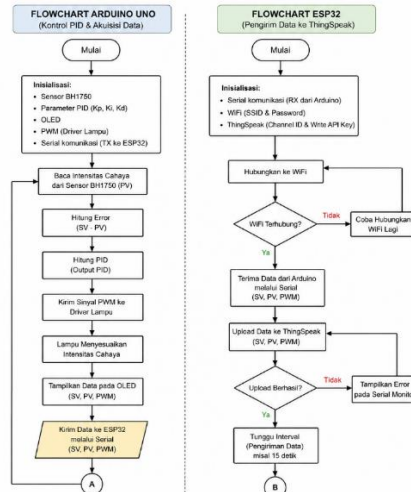
Gambar 2. Skema Rangkaian Perangkat Keras

Gambar 2 adalah skema rangkaian yang didesain menggunakan perangkat lunak Fritzing. Berikut adalah fungsi dan spesifikasi dari masing-masing komponen:

- Sensor BH1750 berfungsi sebagai sensor intensitas cahaya yang mengukur tingkat pencahayaan dalam satuan *lux*. Spesifikasi sensor BH1750 memiliki resolusi 1 lux dengan akurasi $\pm 20\%$ dan rentang pengukuran 1–65535 lux. Data hasil pengukuran dikirim ke Arduino Uno melalui komunikasi I2C sebagai nilai proses (*Process Variable/PV*).
- Arduino Uno berfungsi sebagai pengendali utama (*controller*) yang membaca data sensor, menghitung nilai *error*, menjalankan algoritma PID, dan menghasilkan sinyal PWM untuk mengatur tingkat kecerahan lampu melalui MOSFET.
- OLED Display 128x64 berfungsi sebagai media tampilan (*Human Machine Interface/HMI*) yang menampilkan informasi kondisi sistem secara *real-time*.
- MOSFET IRFZ44N berfungsi sebagai saklar elektronik (*electronic switch*) yang mengendalikan arus menuju lampu 12 Volt berdasarkan sinyal PWM. MOSFET IRFZ44N memiliki karakteristik V_{gs} threshold 2–4 V, $R_{ds\ on}$ sebesar 17,5 m Ω , dan mampu mengalirkan arus hingga 49 A.
- Lampu 12 Volt berfungsi sebagai aktuator pada sistem pengendalian. Spesifikasi lampu yang digunakan memiliki daya 5 Watt dengan keluaran cahaya 400 lumen dan warna cahaya putih (6500K).
- Adaptor 12 Volt 1 Ampere berfungsi sebagai sumber catu daya utama.

Sistem juga menggunakan kapasitor 100 μ F dan 0,1 μ F sebagai filter tegangan untuk mengurangi noise pada rangkaian driver MOSFET.

Perancangan Perangkat Lunak (Software)

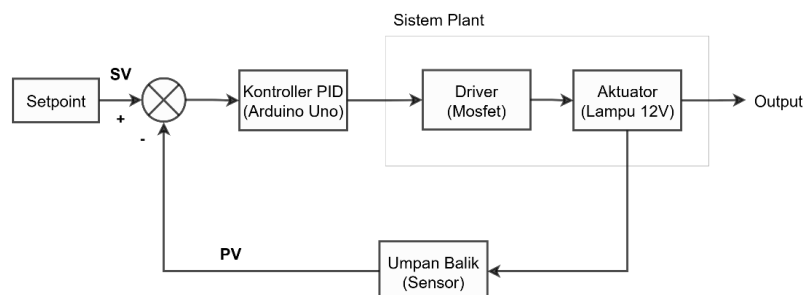


Gambar 2. Flowchart Sistem

Pada Gambar 3, Flowchart sistem terdiri dari dua bagian, yaitu Arduino Uno sebagai pengendali utama dan ESP32 sebagai pengirim data ke ThingSpeak. Pada Arduino Uno, proses dimulai dengan inisialisasi sensor BH1750, parameter PID, OLED, PWM, dan komunikasi serial. Proses inisialisasi sensor BH1750 dilakukan dengan konfigurasi mode *continuous high-resolution* (1 lux resolution). Selanjutnya sensor membaca intensitas cahaya (PV), sistem menghitung nilai *error* (SV – PV) dan menghasilkan keluaran PID untuk mengatur sinyal PWM. Untuk penanganan *error*, sistem dilengkapi dengan mekanisme pembacaan ulang sensor apabila data yang diterima tidak valid. Nilai setpoint (SV), nilai aktual (PV), dan output PWM ditampilkan pada OLED dan dikirim ke ESP32.

Pada ESP32, sistem melakukan inisialisasi komunikasi serial, koneksi WiFi, dan konfigurasi ThingSpeak. Proses koneksi WiFi dilakukan dengan mekanisme *retry* hingga 10 kali percobaan. Setelah terhubung, ESP32 menerima data dari Arduino dan mengunggahnya ke ThingSpeak setiap 15 detik.

Perancangan Kendali PID



Gambar 3. Diagram Blok

Berdasarkan Gambar 4, proses pengendalian diawali dengan pemberian nilai *setpoint*. Sensor BH1750 melakukan pengukuran intensitas cahaya aktual dan mengirimkan data sebagai sinyal *feedback*. Arduino membandingkan nilai aktual dengan *setpoint* untuk memperoleh nilai *error*. Nilai *error* diproses menggunakan algoritma PID sehingga dihasilkan sinyal PWM yang dikirimkan ke MOSFET untuk mengatur daya lampu. Proses ini berlangsung secara terus-menerus (*closed-loop*).

Penentuan parameter kendali PID dilakukan menggunakan metode *trial and error* dengan prosedur sistematis: (1) nilai awal Kp ditentukan dengan mengabaikan

Ki dan Kd ($K_i=0$, $K_d=0$), kemudian K_p dinaikkan secara bertahap dari 0,5 hingga diperoleh respon cepat tanpa osilasi; (2) setelah K_p ditentukan, nilai K_i dinaikkan secara bertahap dari 0,1 untuk mengurangi steady-state error; (3) nilai K_d kemudian ditambahkan dari 0,0 secara bertahap untuk meredam overshoot; (4) setiap perubahan parameter dievaluasi berdasarkan kriteria rise time minimum, settling time minimum, overshoot minimum ($<5\%$), dan steady-state error minimum; (5) iterasi tuning dilakukan sebanyak 27 kombinasi; (6) parameter akhir dipilih berdasarkan kombinasi yang menghasilkan keseimbangan terbaik. Kinerja sistem dievaluasi berdasarkan parameter respon transien. Definisi operasional parameter: (1) rise time didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan sinyal keluaran untuk naik dari 10% hingga 90% dari nilai steady-state; (2) settling time didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan sinyal keluaran untuk mencapai dan tetap berada dalam toleransi $\pm 2\%$ dari nilai akhir; (3) maximum overshoot didefinisikan sebagai selisih maksimum antara nilai puncak keluaran dengan nilai steady-state dibagi nilai steady-state dikali 100%; (4) steady-state error didefinisikan sebagai selisih absolut antara nilai steady-state dengan nilai setpoint.

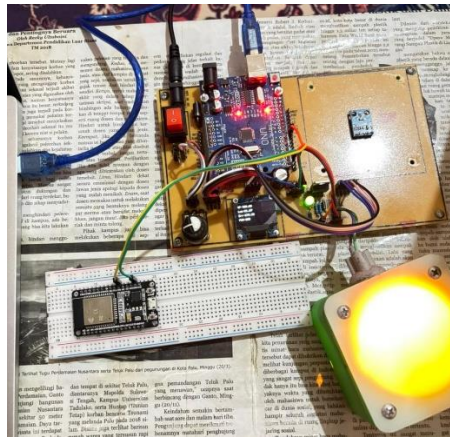
Validasi sistem dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian pada tiga variasi setpoint dan memastikan sistem mencapai kondisi stabil. Pengujian dilakukan pada kondisi ruangan tertutup dengan suhu 25–27°C, jarak sensor-lampu 30 cm, dan intensitas cahaya ambient 5–10 lux. Setiap skenario diulang 3 kali dengan interval sampling 1 detik selama 60 detik. Variabel bebas adalah setpoint (45, 55, 60 lux) dan parameter PID (K_p , K_i , K_d), sedangkan variabel terikat adalah parameter respon sistem. Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif.

Keterbatasan metode trial and error yang digunakan adalah sifatnya yang subjektif dalam menentukan kriteria respon terbaik serta tidak adanya jaminan optimalitas parameter yang diperoleh. Namun demikian, metode ini dipilih karena kemudahan implementasi dan kecepatan dalam mendapatkan parameter yang menghasilkan respon sistem yang dapat diterima untuk tujuan pengembangan trainer pembelajaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancangan

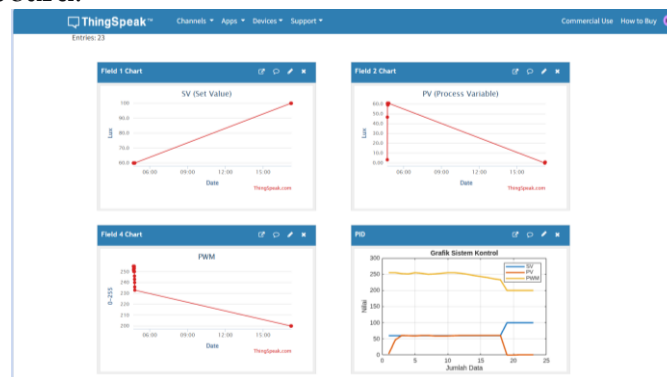
Hasil rancangan berupa sistem kontrol intensitas cahaya berbasis *feedback* menggunakan metode PID yang telah berhasil direalisasikan dalam bentuk prototipe. Seluruh komponen terintegrasi dan dapat bekerja secara terpadu. Lampu 12V sebagai aktuator mampu menyala dengan tingkat kecerahan yang dikendalikan oleh sinyal PWM. Sensor BH1750 berhasil membaca perubahan intensitas cahaya dan mengirimkan data sebagai sinyal *feedback*.



Gambar 5. Hasil Rancangan Sistem Kontrol Cahaya

Tampilan Monitoring ThingSpeak

Sistem dilengkapi dengan fitur pemantauan (*monitoring*) berbasis IoT menggunakan ThingSpeak. ESP32 menerima data dari Arduino melalui komunikasi serial dan mengirimkannya ke server ThingSpeak melalui Wi-Fi. Pengiriman data ke ThingSpeak memiliki delay rata-rata 2-3 detik dari waktu pengukuran hingga data tampil pada dashboard.



Gambar 6. Tampilan Monitoring pada ThingSpeak

Pengujian Variasi Setpoint

Pengujian variasi *setpoint* dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mempertahankan intensitas cahaya pada tiga nilai acuan berbeda: 45 lux, 55 lux, dan 60 lux.

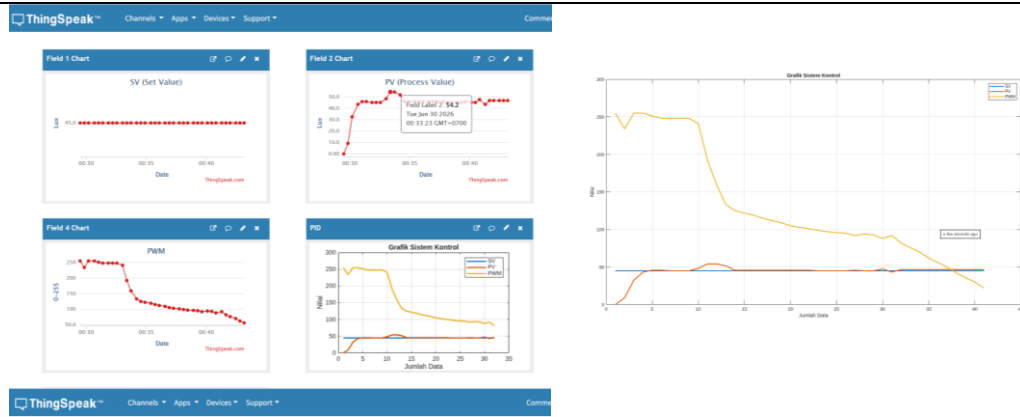
Tabel 1. Hasil Pengujian Variasi Setpoint

No	Setpoint (lux)	PV Stabil (lux)	PV Max (lux)	Rise Time (s)	Setting Time (s)	Overshoot (%)	Steady-State Error (Lux)	PWM Stabil
1	45	44,2	45,8	0,5	1,5	1,7%	0,8	88
2	55	54,2	56,7	1,0	1,9	3,1%	0,8	245
3	60	59,2	60,8	1,6	2,1	1,34%	0,8	247

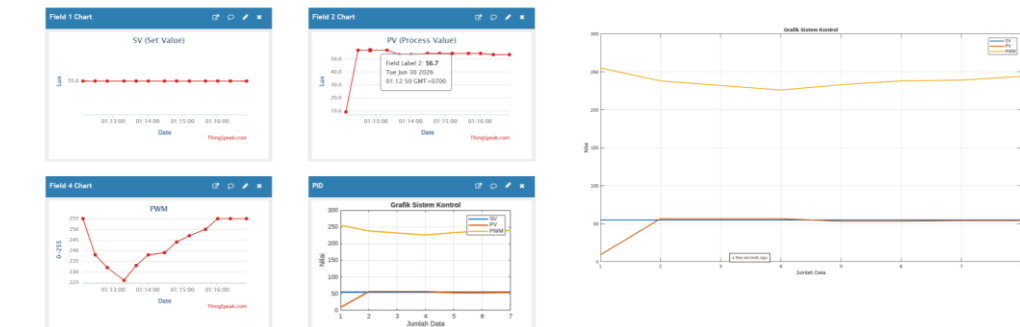
Tabel 2. Hasil Grafik Sistem Kontrol

Setpoint	Grafik Monitoring	Grafik Sistem Kontrol
----------	-------------------	-----------------------

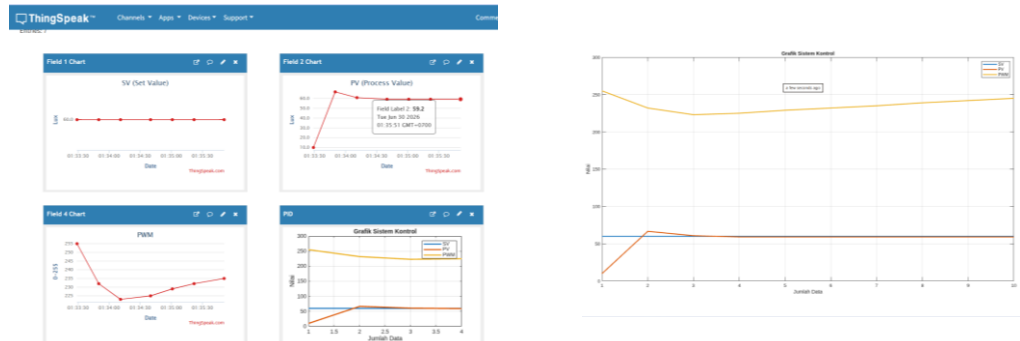
45



55



60



Analisis lebih mendalam menunjukkan bahwa peningkatan nilai setpoint menyebabkan rise time dan settling time cenderung meningkat. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan sistem untuk menghasilkan daya yang lebih besar (ditunjukkan oleh nilai PWM yang lebih tinggi) untuk mencapai setpoint yang lebih tinggi. Pada setpoint 45 lux, sistem mencapai rise time 0,5 detik dan settling time 1,5 detik, sedangkan pada setpoint 60 lux, rise time meningkat menjadi 1,6 detik dan settling time menjadi 2,1 detik. Fenomena ini berkaitan dengan karakteristik fisik lampu yang memiliki inersia termal, dimana perubahan intensitas cahaya tidak terjadi secara instan ketika daya diberikan. Namun demikian, nilai overshoot yang rendah (1,34%–3,1%) dan steady-state error yang konsisten (0,8 lux) menunjukkan bahwa sistem memiliki kemampuan kontrol yang baik dan stabil.

Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu mencapai kondisi stabil pada seluruh nilai setpoint. Rise time berkisar antara 0,5–1,6 detik, settling time 1,5–2,1 detik, maximum overshoot 1,34%–3,1%, dan steady-state error 0,8 lux. Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki respon yang relatif cepat dan stabil.

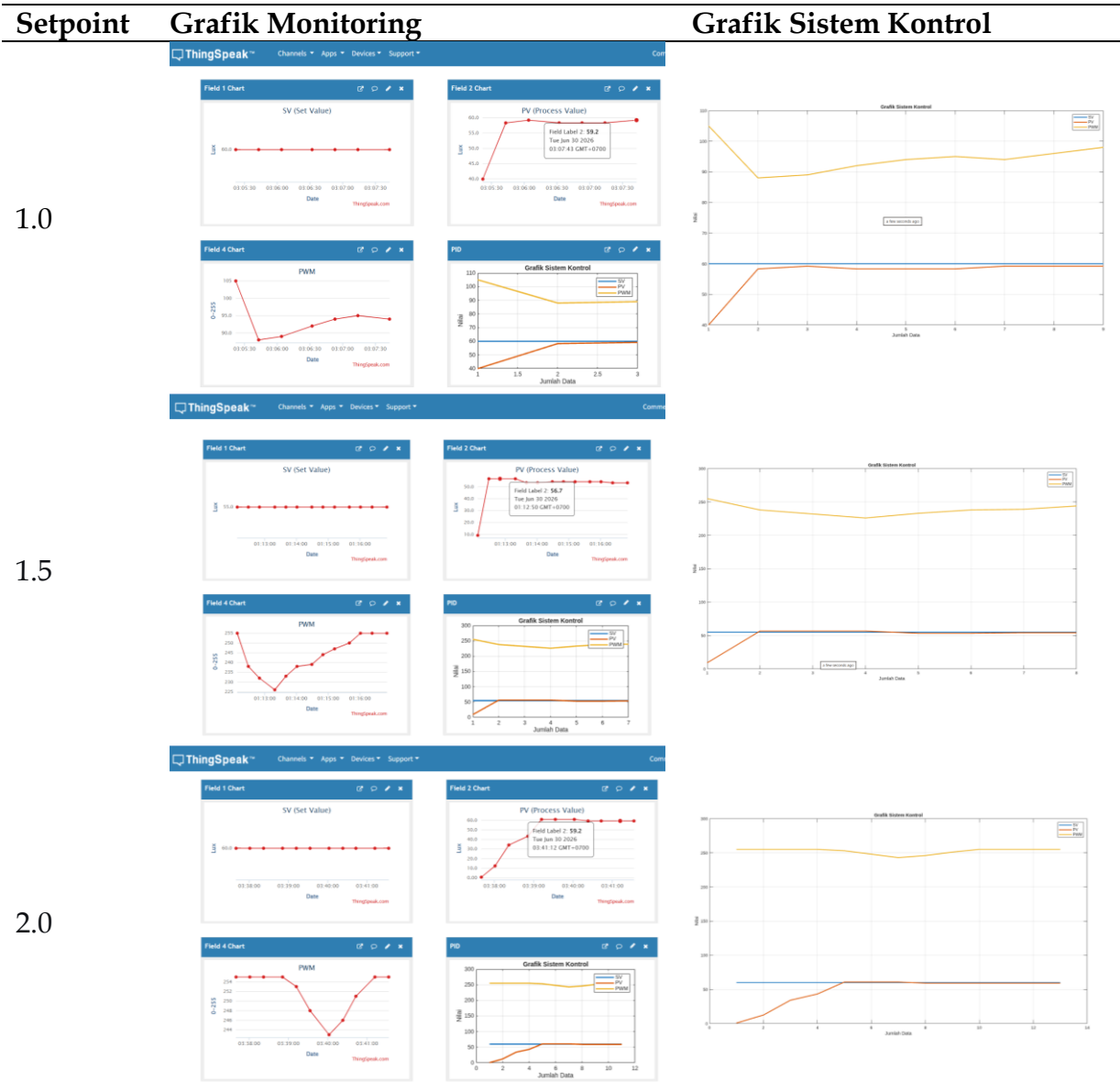
Penguujian Parameter PID

a. Pengaruh Perubahan Kp

Tabel 3. Hasil Pengujian Perubahan Kp

No	Kp	Ki	Kd	Rise Time (s)	Setting Time (s)	Overshoot (%)	Steady-State Error (Lux)
1	1,0	0,3	0,1	2,4	3,9	0%	0,8
2	1,5	0,3	0,1	1,6	2,8	1,3%	0,3
3	2,0	0,3	0,1	1,0	3,4	12,5%	0,2

Tabel 4. Hasil Grafik Sistem Kontrol



Pengujian parameter proporsional (K_p) menunjukkan bahwa peningkatan K_p mempercepat respon sistem. Pada $K_p = 1,0$ sistem memiliki *rise time* 2,4 detik dengan *overshoot* 0%, namun respon masih lambat. Pada $K_p = 1,5$, *rise time* menjadi 1,6 detik dan *settling time* 2,8 detik dengan *overshoot* 1,3% serta *steady-state error* 0,3 lux. Pada $K_p = 2,0$, sistem mencapai *rise time* 1,0 detik namun

menghasilkan *overshoot* 12,5%. Analisis kausalitas menunjukkan bahwa peningkatan K_p memperbesar gain proporsional sehingga sistem memberikan respons yang lebih agresif terhadap error. Hal ini menyebabkan sistem bereaksi lebih cepat namun cenderung menghasilkan overshoot yang lebih besar karena kontroler memberikan koreksi yang berlebihan sebelum sistem mencapai setpoint. Kondisi ini sesuai dengan teori sistem kendali klasik yang menyatakan bahwa peningkatan gain proporsional akan mempercepat respon namun mengurangi kestabilan relatif sistem. Nilai $K_p = 1,5$ memberikan keseimbangan terbaik antara kecepatan respon dan kestabilan sistem.

b. Pengaruh Perubahan K_i

Tabel 5. Hasil Pengujian Perubahan K_i

No	K_p	K_i	K_d	Rise Time (s)	Setting Time (s)	Overshoot (%)	Steady-State Error (Lux)
1	1,5	0,1	0,1	1,8	3,2	0%	1,7
2	1,5	0,3	0,1	1,9	3,5	1,3%	0,8
3	1,5	0,5	0,1	2,2	4,0	1,3%	0,6

Tabel 6. Hasil Grafik Sistem Kontrol



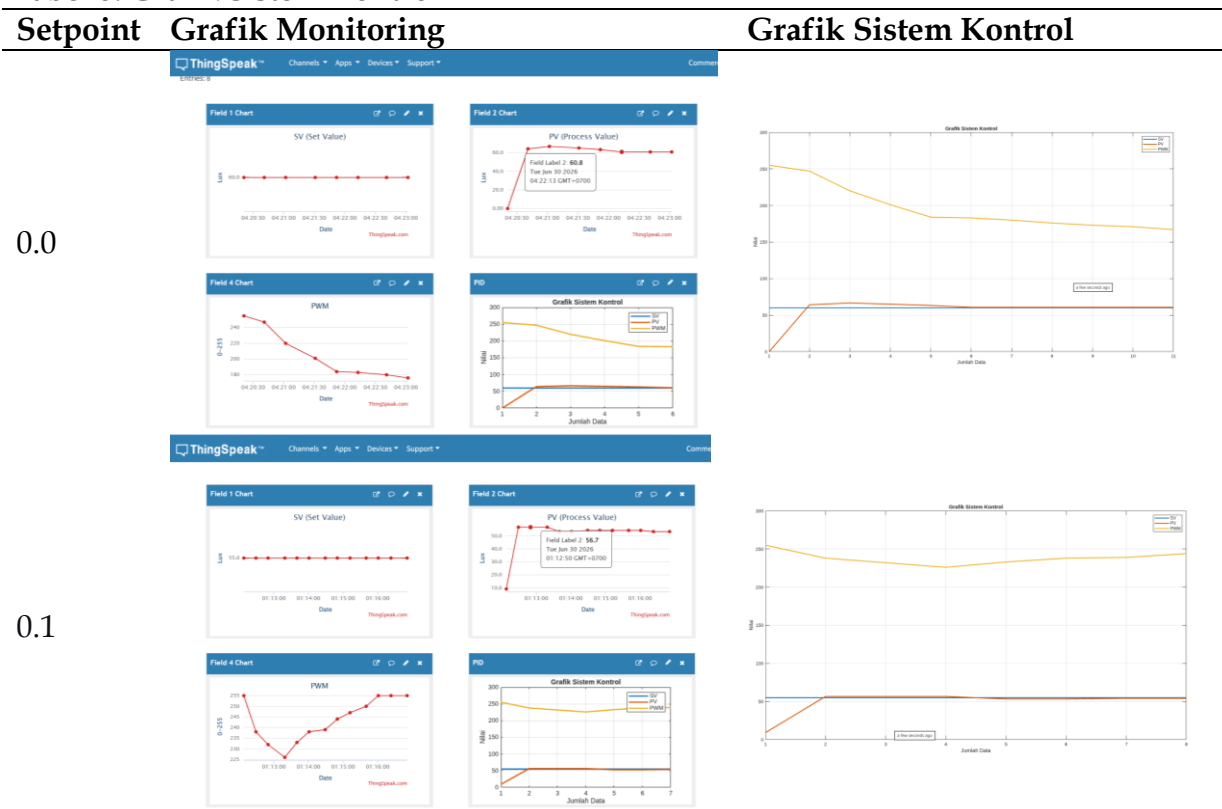
Pada pengujian parameter integral (K_i), peningkatan K_i mengurangi *steady-state error*. Saat $K_i = 0,1$, *steady-state error* 1,7 lux. Pada $K_i = 0,3$ dan 0,5, *steady-state error* menurun menjadi 0,8 lux dan 0,6 lux. Hal ini terjadi karena aksi integral mengakumulasi error dari waktu ke waktu dan memberikan koreksi tambahan untuk menghilangkan sisa error tunak. Namun, peningkatan K_i menyebabkan *rise time* bertambah dari 1,8 detik menjadi 2,2 detik dan *settling time* meningkat dari 3,2 detik menjadi 4,0 detik. Fenomena ini disebabkan oleh aksi integral yang cenderung menambah phase lag pada sistem, sehingga respon menjadi lebih lambat. Hal ini menunjukkan bahwa aksi integral efektif mengurangi error tunak, tetapi nilai K_i yang terlalu besar menyebabkan sistem membutuhkan waktu lebih lama untuk stabil.

c. Pengaruh Perubahan K_d

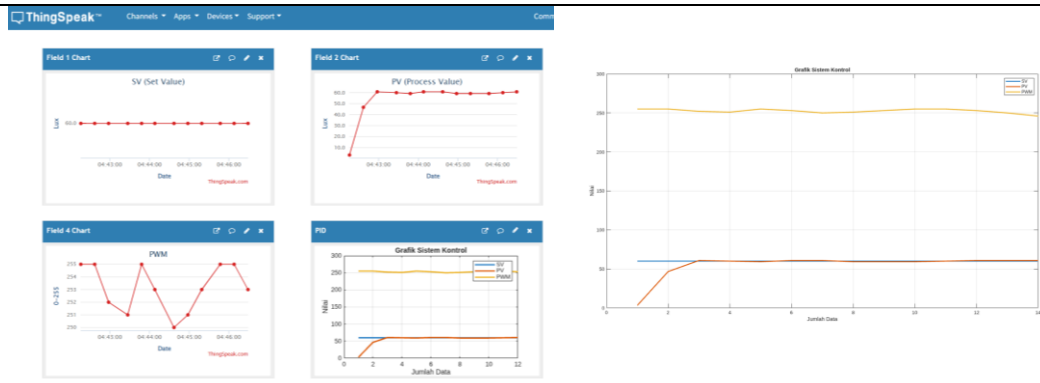
Tabel 7. Hasil Pengujian Perubahan K_d

No	K_p	K_i	K_d	Rise Time (s)	Setting Time (s)	Overshoot (%)	Steady-State Error (Lux)
1	1,5	0,3	0,0	1,5	4,2	2,8%	0,8
2	1,5	0,3	0,1	2,0	3,3	1,3%	0,8
3	1,5	0,3	0,2	2,3	4,0	0,5%	0,8

Tabel 8. Grafik Sistem Kontrol



0.2



Pengujian parameter derivatif (K_d) menunjukkan bahwa perubahan K_d terutama memengaruhi *overshoot*. Pada $K_d = 0$, *overshoot* 2,8% dengan *settling time* 4,2 detik. Pada $K_d = 0,1$, *overshoot* menurun menjadi 1,3% dan *settling time* membaik menjadi 3,3 detik. Pada $K_d = 0,2$, *overshoot* menurun hingga 0,5%, namun *rise time* meningkat menjadi 2,3 detik. Aksi derivatif bekerja dengan merespons laju perubahan error, sehingga ketika sistem mendekati setpoint, aksi derivatif memberikan efek pengereman untuk mencegah *overshoot*. Namun, peningkatan K_d yang berlebihan menyebabkan sistem menjadi terlalu sensitif dan memperlambat respon. Hal ini menunjukkan bahwa aksi derivatif mampu meredam lonjakan keluaran, tetapi nilai K_d yang terlalu besar menyebabkan respon sistem lebih lambat.

Analisis stabilitas sistem menunjukkan bahwa sistem memiliki margin stabilitas yang baik berdasarkan kriteria tidak adanya osilasi berkelanjutan pada seluruh variasi parameter yang diuji. Sensitivitas sistem paling tinggi pada variasi K_p , dimana peningkatan K_p dari 1,5 menjadi 2,0 menyebabkan *overshoot* meningkat signifikan dari 1,3% menjadi 12,5%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem lebih sensitif terhadap perubahan K_p dibandingkan K_i atau K_d .

Secara keseluruhan, kombinasi parameter PID $K_p = 1,5$, $K_i = 0,3$, dan $K_d = 0,1$ menghasilkan performa sistem paling seimbang. Pemilihan kombinasi ini didasarkan pada justifikasi bahwa kombinasi tersebut menghasilkan keseimbangan terbaik antara kecepatan respon (*rise time* 1,6 detik), waktu stabil (*settling time* 2,8 detik), *overshoot* rendah (1,3%), dan *steady-state error* kecil (0,3 lux). Dibandingkan dengan penelitian Saufa et al. (2024), penelitian ini memberikan kontribusi berupa evaluasi kuantitatif yang lebih komprehensif terhadap performa sistem kontrol. Kombinasi tersebut mampu memberikan respon cepat, waktu stabil singkat, *overshoot* rendah, serta *steady-state error* kecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem kontrol intensitas cahaya menggunakan metode PID, dapat disimpulkan bahwa sistem telah berhasil mengendalikan intensitas cahaya sesuai dengan nilai *setpoint* yang ditentukan. Hasil pengujian variasi *setpoint* menunjukkan bahwa sistem mampu mencapai kondisi stabil dengan *rise time* antara 0,5–1,6 detik, *settling time* antara 1,5–2,1 detik, *maximum overshoot* sebesar 1,34%–3,1%, dan *steady-state error* sebesar 0,8 lux. Pengujian variasi parameter PID menunjukkan bahwa nilai K_p berpengaruh terhadap kecepatan respon sistem, nilai K_i berfungsi mengurangi *steady-state error*, sedangkan nilai K_d berperan dalam meredam *overshoot* dan menghasilkan respon yang lebih

stabil. Dari seluruh pengujian diperoleh kombinasi parameter terbaik yaitu $K_p = 1,5$, $K_i = 0,3$, dan $K_d = 0,1$ karena mampu menghasilkan keseimbangan antara kecepatan respon, kestabilan sistem, *overshoot* yang rendah, serta *steady-state error* yang kecil. Dengan demikian, sistem kontrol intensitas cahaya berbasis Arduino Uno menggunakan metode PID telah bekerja sesuai dengan tujuan penelitian dan sistem juga berhasil melakukan *monitoring* data secara *real-time*.

REKOMENDASI

Penelitian ini merekomendasikan pengembangan lebih lanjut dengan menggunakan metode *tuning* PID yang lebih canggih seperti Ziegler-Nichols atau optimasi berbasis algoritma genetika untuk mendapatkan parameter PID yang lebih optimal. Implementasi pada skala yang lebih besar, misalnya untuk pengendalian pencahayaan seluruh ruangan atau gedung, juga perlu dilakukan untuk menguji kemampuan sistem pada kondisi yang lebih kompleks. Penambahan fitur *scheduling* berdasarkan aktivitas ruangan, integrasi dengan sistem manajemen energi gedung, serta penggunaan *multiple sensor* untuk pencahayaan yang lebih merata juga direkomendasikan untuk penelitian selanjutnya. Secara praktis, sistem ini dapat diimplementasikan sebagai media pembelajaran di laboratorium sistem kontrol untuk memberikan pengalaman langsung kepada mahasiswa dalam memahami konsep kontrol umpan balik, *tuning* parameter PID, dan aplikasi Internet of Things (IoT) dalam sistem kontrol.

REFERENSI

- Aldi, A., Nasrullah, E., & Sumadi, S. (2024). Rancang Bangun Sistem Kendali Intensitas Cahaya Lampu Ruangan Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 12(1). <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i1.3642>
- Al-Gadri, Z., Fatimah, P., & Kusumawati, W. I. (2023). Penerapan Controlling Auto Light Dimmer Menggunakan Fuzzy Logic Pada Hidroponik Indoor. *Techno. com*, 22(2). <https://doi.org/10.33633/tc.v22i2.7799>
- Aprianti, D. Z., & Nurpulaela, L. (2024). Mengoptimalkan Efisiensi Energi Dengan Sensor Cahaya Lussy Ldr Pada Lampu Pintar. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(3), 3199-3207. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i3.9646>
- BH1750 Datasheet. (2024). *Digital light intensity sensor BH1750FVI datasheet*. ROHM Semiconductor.
- Chanpal, M. A. C., Manurung, D. I. S., & Pamungkas, D. S. (2025). Performance Comparison of Fuzzy Mamdani and Sugeno in Curtain and Lighting Control. *Journal of Applied Electrical Engineering*, 9(2), 131-140. <https://doi.org/10.xxxx/jaee.v9i2.xxxx>
- Danuputri, C., Hakim, L., Susilo, W. S., & Samuel, F. D. (2020). Kontrol Pemakaian Peralatan Elektronik Berbasis Mikrokontroler Dan Algoritma Fuzzy Mamdani. *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, 3(2), 94-107. <https://doi.org/10.31598/jurnalresistor.v3i2.646>

- Esario, M. I., & Yuhendri, M. (2020). Kendali Kecepatan Motor DC Menggunakan DC Chopper Satu Kuadran Berbasis Kontroller PI. *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, 6(1), 296.
- Ginting, P. M. A., & Hidayati, R. (2025). Sistem Kontrol Lampu Aquascape Menggunakan Rule Based System dan PID. *Jurnal Informatika Polinema*, 12(1), 45-52. <https://doi.org/10.33795/jip.v12i1.8679>
- Huda, M. B. R., & Kurniawan, W. D. (2022). Analisa sistem pengendalian temperatur menggunakan sensor ds18b20 berbasis mikrokontroler arduino. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 7(02), 18-23. <https://doi.org/10.26740/jrm.v7i02.47897>
- IEA. (2022). *Lighting and energy efficiency*. International Energy Agency.
- Kusuma, R. W., Faiza, D., & Anori, S. (2024). Automatic Light Control System for Bathroom Using Arduino Uno. *Journal of Hypermedia & Technology-Enhanced Learning*, 2(3), 229-244. <https://doi.org/10.58536/j-hytel.v2i3.134>
- Lambonan, O. M., Budiman, M. J., Ramschie, A. A. S., & Katuuk, R. E. (2024). Optimalisasi Pencahayaan di Lingkungan Kampus: Implementasi Smart Lighting pada Taman dan Perbaikan Instalasi Penerangan Ruang Teater GKT Politeknik Negeri Manado. *JURNAL UMBANUA*, 4(2).
- Latief, M. R. P., Farisi, H., & Abidin, Z. (2025). Efisiensi Konsumsi Energi Listrik pada Sistem Pencahayaan Ruang Kelas Melalui Pengembangan Sistem Kontrol Lampu Ruang Kelas Berbasis Internet of Things dan Aplikasi Web. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 9(3).
- Nasihin, M. F. F., & Majid, N. W. A. (2026). PENGEMBANGAN APLIKASI MOBILE FEEDEZ SEBAGAI SISTEM KENDALI JARAK JAUH AUTOMATIC FISH FEEDER BERBASIS IOT: DEVELOPMENT OF THE FEEDEZ MOBILE APPLICATION AS AN IOT-BASED AUTOMATIC FISH FEEDER REMOTE CONTROL SYSTEM. *Rabit: Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab*, 11(1), 1742-1756. <https://doi.org/10.36341/rabit.v11i1.7495>
- Oktaviana, R., Rusimamto, P. W., Endryansyah, E., & Zuhrie, M. S. (2022). Rancang Bangun Sistem Kendali Water Level Berbasis IoT dengan Metode PID Controller. *Jurnal Teknik Elektro*, 11(3).
- Prasasti, A. A., Ernawati, M., & Fatah, M. Z. (2023). Analisis Intensitas Cahaya Pada Area Kerja Machining Berdasarkan Standar Pencahayaan. *Journal of Industrial Hygiene and Occupational Health*, 8(1), 77-88. <http://dx.doi.org/10.21111/jihoh.v8i1.10116>
- Pratama, F. F., & Budjianto, A. (2025). SMARTLIGHTING: SISTEM PENERANGAN OTOMATIS BERBASIS SENSOR KEHADIRAN UNTUK HEMAT ENERGI MAKSIMAL. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 9(6), 9538-9541. <https://doi.org/10.36040/jati.v9i6.15658>
- Saufa, N., & Sufandi, M. R. (2024). PROTOTYPE SISTEM KONTROL INTENSITAS CAHAYA RUANGAN BERBASIS ARDUINO NANO. *JURNAL TELISKA*, 17(I). <https://doi.org/10.5281/zenodo.11043988>
- Sihite, N. P., Angelo, V., Aritonang, K. F., & Sagala, J. R. (2026). IoT-Based Automatic Ornamental Plant Watering System Using Mamdani Fuzzy Logic With Real-Time Web Monitoring. *Journal of Digital Technology and Computer Science*, 59-71. <https://doi.org/10.61220/dtcs.v3i2.772>
- Triandono, M., Wijanarko, Y., & Rasyad, S. (2025). PENERAPAN SISTEM KONTROL LAMPU OTOMATIS MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO

- UNO BERBASIS FUZZY LOGIC. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3). <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3.7296>
- Zaeny, M. F., Ramzi, T., Ibrahim, A., & Hadi, M. N. (2025). ANALISIS DAN SIMULASI PENDALI PROPORTIONAL INTEGRAL DERIVATIVE PADA MOTOR DC. *Jurnal Media Akademik (JMA)*, 3(12). <https://doi.org/10.62281/0z9vqb07>