

# Redesain Sistem Pengendali Elektronik Lampu Sarana Bantu Navigasi Pelayaran (SBNP) Berbasis *Smart Controller*

Slamet Riyadi<sup>1</sup>, Hari Wijanarto<sup>2</sup>, Untung Slamet Widodo<sup>3</sup>, Dedi Widhiatmoko<sup>4</sup>, Anggitamas Rusindatama<sup>5</sup>, Muhammad Rheza Pahlevi<sup>6</sup>, Alfian Rizky Febriawan<sup>7</sup>, Bayu Senja Ismail<sup>8</sup>, Nugroho Budi Satriawan<sup>9</sup>, Ison Hendrasto<sup>10</sup>, Alfian Yuda Prasetyo<sup>11</sup>

<sup>1-10</sup> Distrik Navigasi Tipe A Kelas II Tanjung Emas, Indonesia

<sup>11</sup> Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, Indonesia

Received: 25 May 2026

Revised: 1 June 2026

Accepted: 24 June 2026

Published: 30 June 2026

Corresponding Author:

Author Name: Alfian Yuda Prasetyo

Email:

[alfianyudaprasetyo@gmail.com](mailto:alfianyudaprasetyo@gmail.com)

© 2026 The Authors. This open access article is distributed under a (CC-BY SA License)



DOI: 10.56855/jeep.v4i1.2130

**Abstract:** Keandalan Sarana Bantu Navigasi Pelayaran (SBNP) merupakan faktor krusial dalam menjamin keselamatan pelayaran. Namun, sistem pengendali lampu SBNP eksisting kerap mengalami kegagalan fungsi pada modul kontrol, keterbatasan ketersediaan suku cadang spesifik (proprietary), tingginya biaya penggantian unit secara utuh, serta inkonsistensi sistem operasi antar-merek. Penelitian ini bertujuan melakukan rekayasa balik (reverse engineering) dan redesign sistem pengendali lampu SBNP untuk menghasilkan modul kontrol yang universal, ekonomis, dan aplikatif tanpa mereduksi fungsionalitas utamanya. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental berbasis rekayasa, meliputi tahapan identifikasi masalah, analisis kebutuhan, perancangan sistem, fabrikasi prototipe, dan pengujian performa. Konstruksi pengendali diimplementasikan menggunakan integrasi modul kontrol HCW-M421, Timer Relay, modul sensor cahaya XH-M131 berbasis LDR (Light Dependent Resistor), dan regulator DC LM-2596. Sistem dikonfigurasi untuk mengendalikan aktivitas sakelar lampu secara otomatis berdasarkan fluktuasi intensitas cahaya lingkungan. Hasil pengujian performa menunjukkan bahwa sistem hasil redesign mampu beroperasi secara stabil pada berbagai tingkat iluminasi serta memenuhi tiga parameter wajib SBNP, yaitu fungsi periodisitas kedipan, intensitas pemancaran, dan sensitivitas sensor. Modul kontrol ini terbukti kompatibel dengan berbagai variasi lampu SBNP serta menawarkan efisiensi biaya material melalui pemanfaatan komponen modular di pasar domestik. Rekayasa ulang ini berpotensi menjadi solusi alternatif yang andal dan cost-effective dalam mendukung kesinambungan operasional navigasi pelayaran.

**Keywords:** SBNP, sistem kendali, lampu navigasi, smart relay, redesign.

## PENDAHULUAN

Keselamatan dan keamanan transportasi laut sangat dipengaruhi oleh keandalan Sarana Bantu Navigasi Pelayaran (SBNP) sebagai bagian integral dari sistem navigasi maritim. Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 25 Tahun 2011, SBNP berfungsi sebagai penanda visual berbasis cahaya yang digunakan untuk membantu kapal dalam mengenali jalur pelayaran, mengidentifikasi bahaya navigasi, serta menentukan batas alur pelayaran yang aman. Oleh

karena itu, kontinuitas operasional sistem pemancaran cahaya pada lampu SBNP menjadi aspek yang sangat penting karena gangguan pada sistem dapat berimplikasi langsung terhadap keselamatan pelayaran. Dalam kajian sistem kendali, tingkat keandalan suatu perangkat otomatis dipengaruhi oleh stabilitas sistem kontrol, akurasi sensor, dan kemampuan sistem mempertahankan performa kerja secara berkesinambungan (Ogata, 2010; Bolton, 2015).

### How to Cite:

Riyadi, S., Wijanarto, H., Widodo, U. S., Widhiatmoko, D., Rusindatama, A., Pahlevi, M. R., Febriawan, A. R., Ismail, B. S., Satriawan, N. B., Hendrasto, I., & Prasetyo, A. Y. (2023). Redesain sistem pengendali elektronik lampu sarana bantu navigasi pelayaran (SBNP) berbasis smart controller. *Journal of Engineering Education and Pedagogy*, 4(1), 1-5. <https://doi.org/10.56855/jeep.v4i1.2130>

Pada implementasinya, sistem pengendali (*control system*) lampu SBNP masih menghadapi berbagai permasalahan teknis, di antaranya kerusakan modul kontrol bawaan, keterbatasan kompatibilitas komponen pengganti, serta tingginya kompleksitas pemeliharaan akibat penggunaan sistem proprietary dari masing-masing produsen. Variasi arsitektur dan mekanisme operasi antarperangkat juga menyebabkan proses standarisasi pemeliharaan dan integrasi sistem menjadi kurang optimal. Hughes (2016) menyatakan bahwa sistem elektronika berbasis proprietary cenderung menimbulkan ketergantungan teknis terhadap produsen tertentu sehingga mengurangi fleksibilitas dalam pengembangan maupun pemeliharaan sistem. Selain itu, Malvino (2018) menjelaskan bahwa sistem elektronika yang memiliki tingkat modularitas rendah akan meningkatkan kompleksitas integrasi dan menurunkan efisiensi pemeliharaan perangkat.

Permasalahan tersebut menunjukkan perlunya pengembangan sistem kontrol alternatif yang lebih adaptif, modular, dan mudah diintegrasikan dengan berbagai konfigurasi perangkat SBNP. Pendekatan rekayasa balik (*reverse engineering*) maupun redesain sistem kontrol menjadi salah satu solusi yang relevan untuk menghasilkan sistem pengendali yang bersifat universal dan ekonomis tanpa bergantung pada konfigurasi bawaan pabrikan. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip sistem kontrol modern yang menekankan efisiensi, fleksibilitas, serta kemudahan pemeliharaan dalam jangka panjang (Bolton, 2015; Petruzella, 2017). Redesain sistem juga memungkinkan optimalisasi kembali perangkat SBNP yang mengalami degradasi performa akibat faktor usia pakai tanpa mengurangi standar keandalan operasionalnya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang ulang (*redesign*) sistem pengendali elektronik lampu SBNP dengan memanfaatkan komponen *smart controller* yang modular dan berbiaya rendah. Redesain difokuskan pada integrasi tiga parameter utama SBNP, yaitu pengaturan periode kedipan (karakteristik waktu), intensitas cahaya, dan sensitivitas sensor cahaya secara presisi dan otomatis. Dalam implementasinya, sistem kontrol yang baik harus mampu menghasilkan respons yang stabil, akurat, dan efisien terhadap perubahan kondisi lingkungan (Ogata, 2010). Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pengendali SBNP yang lebih adaptif, mudah dipelihara, dan sesuai dengan kebutuhan operasional navigasi pelayaran modern.

## METODE

Penelitian ini menerapkan metode eksperimental melalui pendekatan perancangan dan pengujian sistem (*system design and testing*) (Pandya et

al., 2025). Alur penelitian dilaksanakan secara sistematis melalui beberapa tahapan (Prasetyo, 2025), meliputi identifikasi kegagalan fungsi pada sistem SBNP eksisting, perancangan arsitektur rangkaian kontrol baru, fabrikasi prototipe, hingga pengujian fungsional sistem hasil redesain. Objek dalam penelitian ini adalah sistem pengendali elektronik pada lampu SBNP yang dioperasikan oleh Distrik Navigasi Tipe A Kelas II Tanjung Emas, dengan fokus kajian pada unit kendali yang mengalami kerusakan mekanis maupun kendala operasional.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui tiga instrumen utama. Pertama, observasi lapangan secara langsung untuk mengidentifikasi karakteristik kerusakan fisik dan elektrik pada modul lampu SBNP. Kedua, studi literatur untuk mengkaji teori, standar regulasi, serta penelitian terdahulu yang relevan dengan smart relay dan sistem kendali pencahayaan. Ketiga, pengujian eksperimental terhadap prototipe rangkaian kontrol pada berbagai tipe lampu SBNP guna mengetahui tingkat keterterapannya. Selanjutnya, data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif komparatif dengan membandingkan performa sistem sebelum dan sesudah proses rekayasa ulang. Parameter analisis difokuskan pada validitas fungsi kontrol, tingkat kompatibilitas antarmodul, serta efisiensi biaya teknis pemeliharaan jangka panjang.

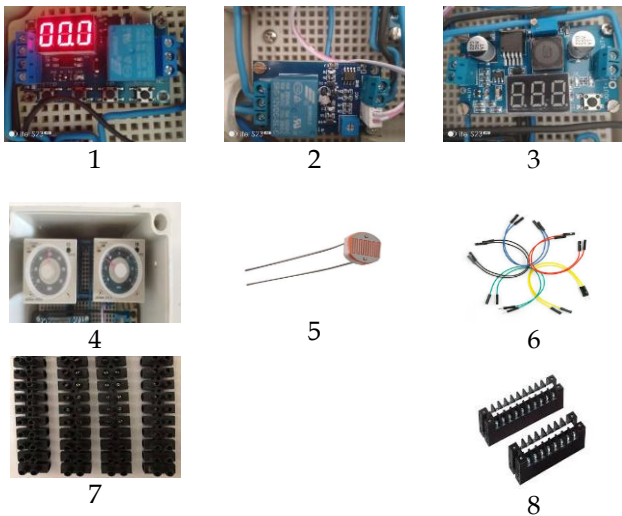
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Redesain sistem pengendali lampu berbasis *smart controller* berhasil diuji dengan menjalankan fungsi utama lampu SBNP, yaitu pengaturan periode nyala lampu, sensitivitas cahaya, dan pengendalian otomatis berdasarkan kondisi siang dan malam.

### Komponen Alat

Pada tahap ini dilakukan identifikasi terhadap komponen dalam proses pembuatan redesain sistem pengendali lampu SBNP. Komponen yang menjadi bagian dari pembuatan tersebut di antaranya:

1. Modul Kontrol Timer Relay HCW-M421
2. Modul Sensor Cahaya XH-M131
3. Module Regulator DC LM-2596
4. *Timer Relay*
5. Light Dependant Relay (LDR)
6. Kabel Jumper
7. Konektor
8. Terminal Kabel

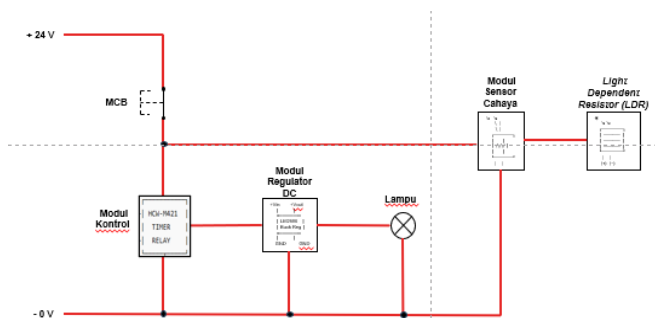


Gambar 1. Komponen elektronik yang digunakan

**Desain dan Perancangan**

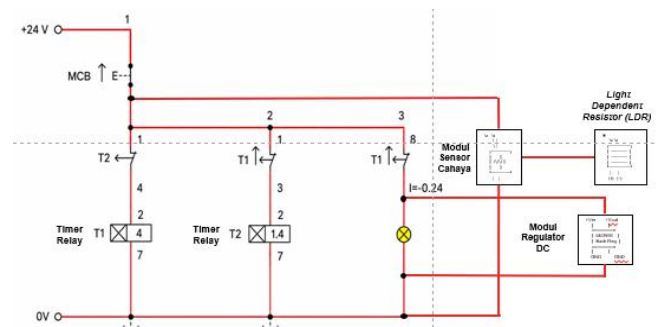
Tahap perancangan sistem merupakan fondasi awal dalam pelaksanaan penelitian ini. Pada tahap ini dilakukan perumusan konsep utama berupa sistem pengendali lampu Sarana Bantu Navigasi Pelayaran (SBNP) otomatis yang mampu beroperasi secara mandiri untuk menghidupkan dan mematikan lampu berdasarkan intensitas cahaya matahari. Sistem dirancang dengan memanfaatkan relay yang mudah diperoleh di pasaran sehingga rangkaian yang dihasilkan tetap sederhana, mudah diimplementasikan, serta memiliki efisiensi biaya yang baik.

Konsep dasar sistem pengendali ini memanfaatkan modul sensor cahaya XH-M131, modul kontrol timer relay HCW-M421, sensor cahaya Light Dependent Resistor (LDR), serta Timer Relay sebagai komponen utama. Sistem dirancang agar mampu bekerja secara otomatis berdasarkan perubahan intensitas cahaya lingkungan tanpa memerlukan intervensi operator. Dalam penelitian ini, dikembangkan dua rancangan sistem pengendali lampu SBNP yang berbeda, namun keduanya memiliki fungsi operasional yang sama, yaitu mengendalikan proses penyalan dan pemadaman lampu secara otomatis.



Gambar 2. Diagram sistem pengendali menggunakan modul kontrol HCW-M421

Pada diagram ini, sumber tegangan 24 V mengalirkan arus untuk mengaktifkan modul sensor cahaya dan sensor LDR yang berfungsi sebagai saklar pengendali otomatis. Output dari modul sensor cahaya tersebut mengalirkan arus ke modul kontrol yang berfungsi sebagai timer nyala atau mati lampu. Di dalam modul kontrol timer relay ini dapat diatur berapa waktu yang dibutuhkan untuk nyala atau mati lampu. Setelah modul kontrol tersebut aktif, output dari modul kontrol timer relay tersebut masuk ke dalam input modul regulator DC yang berfungsi menurunkan tegangan yang masih 24 V menjadi 6 V. Output dari tegangan 6 V tersebut digunakan untuk menyalakan lampu SBNP yang memiliki nilai catu daya sebesar 6 V. Komponen yang terdiri dari modul sensor cahaya XH-M131 berfungsi sebagai saklar pengendali otomatis, Sensor LDR berfungsi sebagai pendeteksi kondisi gelap/terang cahaya, modul kontrol HCW-M421 berfungsi sebagai timer relay mengatur periode nyala atau mati lampu, dan modul regulator DC LM-2596 berfungsi sebagai penurun tegangan (*stepdown*).

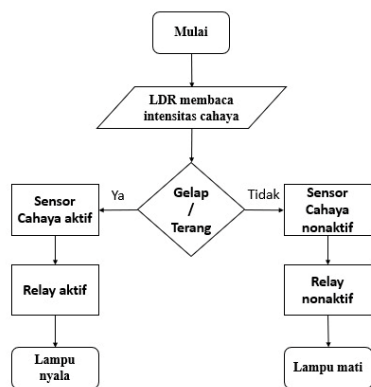


Gambar 3. Diagram sistem pengendali menggunakan Timer Relay

Pada diagram ini, sumber tegangan 24 V mengalirkan arus untuk mengaktifkan modul sensor cahaya dan sensor LDR yang berfungsi sebagai saklar pengendali otomatis. Output dari modul sensor cahaya tersebut mengalirkan arus ke kontak *normally close* (NC) pada timer relay 1 untuk mengatur periode mati lampu dan kontak *normally open* (NO) pada timer relay 2 untuk mengatur periode nyala lampu. Output dari kontak timer relay 1 & 2 masuk ke input modul regulator DC untuk menurunkan tegangan dari 24 V menjadi 6 V. Output tegangan 6 V digunakan untuk menyalakan lampu yang memiliki catu daya 6 volt.

Flowchart sistem sistem pengendali lampu SBNP dirancang untuk bekerja secara mandiri berdasarkan intensitas cahaya di lingkungan sekitarnya. Untuk merepresentasikan logika kerja sistem secara keseluruhan, digunakan flowchart berikut yang menunjukkan proses otomatisasi nyala dan mati lampu

berdasarkan pembacaan sensor cahaya (LDR) Azalig et al (2024).



Gambar 4. Flowchart Sistem

Flowchart di atas menggambarkan alur kerja sistem pengendali lampu SBNP. Proses dimulai dari blok "Mulai", kemudian sistem membaca nilai dari sensor cahaya (LDR). Setelah itu, sistem menentukan tingkat intensitas cahaya di lingkungan. Jika intensitas cahaya di bawah ambang batas (kondisi gelap), maka sistem menyalakan lampu dan masuk ke kondisi tunggu sebelum membaca sensor kembali. Sebaliknya, jika cahaya cukup terang (siang hari), sistem mematikan lampu dan juga masuk ke kondisi tunggu sebelum kembali membaca sensor. Proses ini berlangsung terus menerus dalam bentuk loop, sehingga lampu dapat menyala dan mati secara otomatis sesuai kondisi cahaya sekitar (Bolton, 2015). Dengan demikian, flowchart ini mewakili logika pengambilan keputusan otomatis yang dilakukan oleh sistem.

**Pembahasan**

Untuk memastikan redesain sistem pengendali lampu SBNP bekerja dengan baik, dilakukan pengujian pada 2 rangkaian tersebut dalam kondisi pencahayaan pada malam hari dan siang hari. Pengujian ini bertujuan untuk mengamati bagaimana respon komponen-komponen utama pada rangkaian tersebut. Hasil lengkap pengujian disajikan dalam tabel berikut ini:

Tabel 1. Hasil pengujian menggunakan Modul Kontrol HCW-M421

No	Kondisi pencahayaan	Resistensi LDR	Tegangan modul regulator DC	Status modul kontrol	Status sensor cahaya	Status lampu
1	Siang hari (terang)	1-5 kΩ	1.5 V	Off	Off	Mati

2	Malam hari (gelap)	50 kΩ – 1 MΩ	6 – 7 V	On	On	Nyala
3	Sensor ditutup kain	100 kΩ – 500 kΩ	6 – 6.5 V	On	On	Nyala

Tabel 2. Hasil pengujian menggunakan Timer Relay

No	Kondisi pencahayaan	Resistensi LDR	Tegangan modul regulator DC	Status modul kontrol	Status sensor cahaya	Status lampu
1	Siang hari (terang)	1-5 kΩ	1.5 V	Off	Off	Mati
2	Malam hari (gelap)	50 kΩ – 1 mΩ	6 – 7 V	On	On	Nyala
3	Sensor ditutup kain	100 kΩ – 500 kΩ	6 – 6.5 kΩ	On	On	Nyala

Berdasarkan hasil pengujian 2 tabel diatas dengan kondisi pencahayaan yang berbeda, sistem pengendali lampu SBNP menunjukkan respon yang konsisten dan sesuai dengan tujuan perancangan. Meskipun terdapat 2 rangkaian kontrol yang memiliki salah satu komponen yang berbeda namun secara keseluruhan sistem mampu menjalankan fungsi periode lampu otomatisasi yang sama dan berhasil memenuhi tiga fungsi utama sekaligus yaitu periode, intensitas, dan sensitivitas dalam berbagai kondisi lingkungan.

**KESIMPULAN**

Penelitian ini berhasil merancang ulang sistem pengendali lampu Sarana Bantu Navigasi Pelayaran (SBNP) berbasis smart controller untuk mendukung efektivitas pemeliharaan dan operasional. Redesain sistem menggunakan modul kontrol HCW-M421 dan

*Timer Relay* yang dipadukan dengan sensor cahaya serta regulator tegangan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara otomatis sesuai kondisi pencahayaan lingkungan dan berhasil menjalankan fungsi utama lampu SBNP, yaitu periodik, intensitas, dan sensitivitas. Sistem hasil redesain juga lebih mudah dioperasikan, kompatibel dengan beberapa jenis lampu SBNP, serta menggunakan komponen yang mudah diperoleh dengan biaya lebih efisien.

Dengan demikian, redesain sistem pengendali lampu SBNP dapat menjadi solusi yang efektif, sederhana, dan ekonomis untuk meningkatkan keandalan operasional serta pemeliharaan lampu navigasi pelayaran. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) sehingga memungkinkan monitoring dan pengendalian jarak jauh secara real-time. Selain itu, perlu dilakukan pengujian dalam jangka waktu yang lebih lama pada berbagai kondisi lingkungan untuk mengetahui tingkat keandalan dan ketahanan sistem secara lebih optimal.

## REFERENSI

- Azalig, Risyad et al (2024). Asla Intelligent Sensor in Energy-Saving and Environmentally Friendly Directional Lighting Settings. *Journal of Railway Transportation and Technology*. Doi. <https://doi.org/10.37367/jrtt.v3i2.53>
- Bolton, W. (2015). *Programmable Logic Controllers* (6th ed.). Oxford: Newnes.
- Firjatullah, et al. (2025). Innovation In Renewable Energy Systems: Utilization of Piezoelectric Sensors on Railway Tracks to Harvest Vibration Energy. *Journal of Railway Transportation and Technology*. Doi. <https://doi.org/10.37367/jrtt.v4i2.57>
- Hughes, E. (2016). *Electrical and Electronic Technology* (11th ed.). United Kingdom: Pearson Education.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2011). *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 25 Tahun 2011 tentang Sarana Bantu Navigasi Pelayaran*. Jakarta: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- Malvino, A. P., & Bates, D. J. (2018). *Electronic Principles* (8th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Ogata, K. (2010). *Modern Control Engineering* (5th ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Omron Corporation. (2018). *Timer Relay Technical Manual*. Kyoto: Omron Corporation.
- Petruzella, F. D. (2017). *Programmable Logic Controllers* (5th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Prasetyo, Alfian Yuda (2025). Interpretasi dan Pelaporan Hasil Analisis PLS-SEM dalam Penelitian Manajemen. *Journal of Accounting, Management, Economics, and Business*, 3(2), pp. 146-158, doi. <https://doi.org/10.56855/analysis.v3i3.1684>
- Datasheet HCW-M421 Timer Relay Module.
- Datasheet LM2596 DC-DC Step Down Voltage Regulator Module.
- Datasheet XH-M131 Light Control Sensor Module.