

PERANCANGAN PROTOTIPE SISTEM PENERANGAN SELASAR OTOMATIS BERBASIS ATMEGA2560

Edy Supriyadi; M. Febriansyah; Melisa Aftantia

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains Terapan dan Teknologi,
Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta, Indonesia

Email: edy_syadi@istn.ac.id; m.febriansyah@istn.ac.id; melisa.aftantia@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem penerangan selasar otomatis berbasis Arduino Mega untuk mengoptimalkan penggunaan energi listrik dengan memanfaatkan pembagian waktu Waktu Beban Puncak (WBP) dan Luar Waktu Beban Puncak (LWBP). Sistem menggunakan lampu LED 12V 3 watt, modul Real Time Clock (RTC) sebagai penentu waktu operasional, sensor Passive Infrared (PIR) untuk deteksi aktivitas, sensor Light Dependent Resistor (LDR) untuk deteksi intensitas cahaya, relay 12V DPDT untuk peralihan sumber daya, dan modul MOSFET untuk pengaturan intensitas cahaya berbasis Pulse Width Modulation (PWM). Pada periode WBP (17.00-22.00), sistem menggunakan sumber daya baterai dengan lampu dalam kondisi redup dan menyala terang saat sensor PIR mendeteksi aktivitas. Pada periode LWBP, sistem menggunakan power supply 12V dengan sensor PIR dinonaktifkan dan tingkat kecerahan dikendalikan oleh sensor LDR. Hasil pengujian menunjukkan konsumsi energi sistem sebesar 49 Wh per hari, lebih rendah 62,6% dibandingkan sistem konvensional yang mengonsumsi 131 Wh per hari.

Kata kunci: Sistem Penerangan Otomatis, Penghematan Energi, Waktu Beban Puncak, ATmega2560

Abstract

This research designs and implements an automatic corridor lighting system based on Arduino Mega to optimize electrical energy usage by utilizing time-based operation through Peak Load Time (PLT) and Off-Peak Load Time (OPLT). The system employs a 12V 3 watt LED lamp, Real Time Clock (RTC) module for operational timing, Passive Infrared (PIR) sensor for activity detection, Light Dependent Resistor (LDR) sensor for light intensity detection, 12V DPDT relay for power source switching, and MOSFET module for light intensity control using Pulse Width Modulation (PWM). During PLT (17:00-22:00), the system operates using battery power with the lamp in dim condition and switches to full brightness when the PIR sensor detects activity. During OPLT, the system uses 12V power supply with PIR sensor disabled and brightness controlled by LDR sensor. Test results show the system consumes 49 Wh per day, 62.6% lower than the conventional system consuming 131 Wh per day.

Keywords: Automatic Lighting System, Energy Saving, Peak Load Time, ATmega2560

1. PENDAHULUAN

Keberadaan lampu penerangan memiliki peran penting dalam menciptakan rasa aman. Dengan adanya cahaya, lingkungan menjadi lebih terlihat sehingga orang yang melewati area tersebut dapat merasa lebih terlindungi dan waspada terhadap kondisi di sekitarnya. Penerangan yang baik juga membantu mengurangi potensi bahaya karena pengguna jalan dapat melihat jalur yang dilalui dengan lebih jelas (Widiastuti, 2023).

Selain faktor keamanan, aspek kenyamanan juga menjadi alasan utama dalam perancangan sistem ini. Lingkungan yang gelap sering kali menimbulkan rasa takut atau tidak nyaman, terutama pada malam hari. Sebaliknya, kondisi pencahayaan yang cukup dan terang dapat memberikan rasa tenang dan nyaman bagi orang yang melintas. Oleh karena itu, sistem penerangan yang mampu menyesuaikan tingkat

kecerahan secara otomatis dianggap dapat meningkatkan kenyamanan tanpa harus selalu menyala terang sepanjang waktu (Ahmad Rizal, 2020).

Kebutuhan akan sistem penerangan yang efisien dan andal semakin meningkat seiring dengan bertambahnya aktivitas manusia, khususnya pada malam hari. Sistem penerangan konvensional umumnya masih bergantung sepenuhnya pada pasokan listrik dari PLN dan beroperasi secara statis tanpa memperhatikan kondisi lingkungan maupun tingkat aktivitas di sekitarnya. Hal ini menyebabkan terjadinya pemborosan energi, terutama pada jam-jam tertentu ketika beban listrik berada pada kondisi puncak (Achmad Rahman, 2023).

Dalam sistem kelistrikan, dikenal istilah Waktu Beban Puncak (WBP) dan Luar Waktu Beban Puncak (LWBP). WBP merupakan periode waktu di mana

konsumsi energi listrik berada pada tingkat tertinggi akibat meningkatnya aktivitas masyarakat, umumnya terjadi pada sore hingga malam hari. Pada kondisi ini, beban sistem kelistrikan meningkat secara signifikan sehingga berpotensi menurunkan efisiensi dan keandalan pasokan listrik. Sementara itu, LWBP adalah periode di luar waktu beban puncak, di mana konsumsi energi listrik relatif lebih rendah dan sistem kelistrikan berada dalam kondisi yang lebih stabil (<https://web.pln.co.id/cms/media/2025/12/tarif-listrik/>).

Penggunaan energi listrik yang tidak terkontrol pada waktu WBP dapat menyebabkan tingginya biaya operasional serta memperbesar risiko gangguan pada jaringan listrik. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu mengelola penggunaan energi secara cerdas dengan memanfaatkan sumber daya alternatif, seperti aki, serta mengatur konsumsi daya berdasarkan waktu operasional (Lestari et al., 2024).

Pada rentang waktu beban puncak, yaitu pukul 17.00 hingga 22.00, konsumsi energi listrik dari PLN mengalami peningkatan yang signifikan (<https://web.pln.co.id/cms/media/2025/12/tarif-listrik/>). Jika sistem penerangan tetap menggunakan sumber listrik utama tanpa pengelolaan yang baik, maka akan berdampak pada tingginya biaya operasional serta potensi gangguan kestabilan pasokan listrik. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem yang mampu mengalihkan sumber energi ke alternatif lain, seperti aki (*accu*), serta mengatur penggunaan daya secara cerdas sesuai kebutuhan (Natha Guna, 2021).

Selain pengelolaan sumber energi, intensitas cahaya lampu juga menjadi faktor penting dalam efisiensi energi. Lampu yang menyala dengan intensitas penuh secara terus-menerus meskipun tidak ada aktivitas manusia di sekitarnya merupakan bentuk pemborosan energi. Pemanfaatan sensor *Passive Infrared* (PIR) memungkinkan sistem untuk mendeteksi keberadaan manusia sehingga lampu dapat diatur menyala terang hanya saat dibutuhkan, dan diredupkan ketika tidak ada aktivitas. Pengaturan tingkat kecerahan ini dapat dilakukan menggunakan teknik *Pulse Width Modulation* (PWM) melalui modul MOSFET (Nathania, 2025).

Dengan dikembangkannya sistem ini, diharapkan penggunaan energi listrik dapat menjadi lebih efisien, beban puncak pada jaringan listrik dapat dikurangi, serta umur komponen penerangan dan sumber daya dapat diperpanjang. Sistem ini juga menjadi solusi penerangan otomatis yang adaptif terhadap waktu, aktivitas manusia, dan kondisi lingkungan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Instrumentasi

Sistem instrumentasi dapat dipahami sebagai sebuah sistem elektronik yang berfungsi sebagai pembaca nilai lingkungan, control dan komunikasi data. Beberapa ciri kas sistem instrumentasi ini yaitu

berdaya rendah, proses sederhana dan biaya pembuatannya rendah. Beberapa aplikasi dari sistem instrumentasi ini adalah alat ukur atau biasa disebut meter dan alat control. Sistem instrumentasi secara umum terdiri dari sensor, mikrokontroler, *display*, *actuator*, *interfacing* dan *power supply*. Sensor merupakan komponen yang dapat menterjemahkan nilai-nilai lingkungan menjadi nilai-nilai elektronik. Mikrokontroler bisa juga disebut mikro computer merupakan chip prosesor yang bertugas melakukan proses logika, swiching dan proses operasional data lainnya. *display* sebagaimana Namanya bertugas untuk menampilkan sebuah nilai ataupun karakter output dari sebuah sistem instrumentasi. Actuator dapat dipahami sebagai komponen yang dapat mengubah perintah atau signal menjadi sebuah kerja. Interfacing merupakan komponen yang dapat memperbaiki signal-signal elektronik agar lebih mudah diproses. Dan *power supply* adalah perangkat elektronik yang mensupply tegangan dan arus menuju sistem. (Rifki Muhendra, 2021).

Pengukuran dalam dunia listrik memainkan peran sentral dalam memahami, mengelola, dan mengoptimalkan penggunaan energi. Dalam konteks ini, pengukuran bukan hanya sekadar proses teknis, tetapi merupakan fondasi utama bagi perkembangan teknologi listrik modern. Seiring dengan kemajuan teknologi, pentingnya pengukuran dalam memastikan kehandalan sistem listrik semakin meningkat. Salah satu aspek penting pengukuran dalam listrik adalah penilaian keandalan dan kualitas daya. Sebuah sistem listrik yang efisien memerlukan pengukuran yang akurat terhadap parameter-parameter seperti tegangan, arus, dan frekuensi. Dengan pemantauan yang tepat, masalah seperti gangguan tegangan dan harmonik dapat dideteksi secara dini, meminimalkan risiko kerusakan pada peralatan listrik dan meningkatkan keandalan sistem secara keseluruhan (Smith, et al., 2019). Selain itu, pengukuran juga memainkan peran penting dalam pengoptimalan penggunaan energi. Melalui pemantauan dan analisis konsumsi energi, penggunaan listrik yang berlebihan dapat diidentifikasi, membantu pengguna untuk mengambil langkah-langkah yang lebih berkelanjutan dalam mengelola energi. Dalam era energi terbarukan, pengukuran juga menjadi kunci dalam integrasi sumber energi terbarukan ke dalam jaringan listrik. Pengukuran yang tepat terhadap produksi dan distribusi energi terbarukan memungkinkan pengelolaan yang lebih efisien dan optimal dari sumber energi alternatif (Zhang, et al., 2020).

2.2 Waktu Beban Puncak dan Luar Waktu Beban Puncak

Waktu Beban Puncak (WBP) adalah periode waktu di mana pemakaian energi listrik berada pada tingkat tertinggi akibat meningkatnya aktivitas masyarakat. Menurut PT PLN (Persero), kondisi WBP biasanya terjadi pada sore hingga malam hari. Sebaliknya, Luar Waktu Beban Puncak (LWBP)

merupakan periode di luar WBP, di mana konsumsi listrik relatif lebih rendah dan sistem tenaga listrik berada pada kondisi yang lebih stabil (<https://web.pln.co.id/cms/media/2025/12/tarif-listrik/>).

Pengelolaan energi dengan membedakan WBP dan LWBP bertujuan untuk menekan beban puncak sistem tenaga listrik serta mengurangi penggunaan energi. Golongan rumah tangga merupakan pelanggan terbesar PLN. Tarif listrik golongan ini terbagi menjadi beberapa kelompok daya.

Tabel 1. Tarif Listrik (Sumber: <https://web.pln.co.id/cms/media/2025/12/tarif-listrik/>)

Golongan	Daya Listrik	Tarif (Rp/kWh)
B-1 (Bisnis kecil)	450–5.500 VA	Rp1444,70/kWh
B-2 (Bisnis menengah)	6.600–200.000 VA	Rp1444,70/kWh
B-3 (Bisnis besar)	>200.000 VA	Rp1035,78/kWh untuk LWBP dan WBP (Terapkan <i>Time of Use</i> (TOU) dengan tarif WBP/LWBP berbeda)

Pada Tabel 1. Sistem *Time of Use* (TOU) merupakan mekanisme tarif listrik di mana harga per kWh berbeda tergantung waktu penggunaan. Skema ini diterapkan untuk pelanggan industri dan bisnis besar dengan daya di atas 200 kVA. Tujuannya adalah mendorong pelanggan mengalihkan konsumsi listrik ke waktu beban rendah (LWBP) dengan tarif lebih murah, dan mengurangi pemakaian saat waktu beban puncak (WBP) yang tarifnya lebih tinggi.

2.2 Kerangka Berpikir

Penggunaan sistem penerangan konvensional umumnya masih dioperasikan secara manual dan bergantung pada satu sumber daya listrik, sehingga berpotensi menimbulkan pemborosan energi. Selain itu, sistem penerangan tersebut belum mampu menyesuaikan tingkat pencahayaan berdasarkan kondisi lingkungan maupun keberadaan pengguna. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem penerangan otomatis yang mampu bekerja secara otomatis, efisien, dan memiliki keandalan tinggi melalui pemanfaatan teknologi mikrokontroler serta sistem catu daya PLN dan baterai.

Sistem penerangan otomatis yang dirancang pada skripsi ini menggunakan mikrokontroler ATmega2560 yang diimplementasikan pada papan Arduino Mega sebagai pusat pengendali sistem. Mikrokontroler ini berfungsi untuk mengolah data dari sensor dan memberikan perintah kepada aktuator sesuai dengan logika yang telah diprogram. Sensor

LDR digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya lingkungan, sehingga sistem dapat menentukan kondisi siang atau malam. Sementara itu, sensor PIR berfungsi untuk mendeteksi keberadaan manusia di area tertentu, sehingga lampu hanya akan menyala ketika terdeteksi aktivitas, yang bertujuan untuk mengurangi pemborosan energi listrik.

Pengendalian beban lampu pada sistem ini menggunakan modul MOSFET yang berfungsi sebagai saklar elektronik untuk mengatur nyala LED 12V. Penggunaan modul MOSFET dipilih karena mampu menangani arus dan tegangan yang lebih besar serta memungkinkan pengaturan intensitas cahaya menggunakan sinyal PWM dari Arduino Mega. Dengan demikian, sistem tidak hanya dapat menyalakan dan mematikan lampu, tetapi juga dapat mengatur tingkat kecerahan LED sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lingkungan.

Untuk meningkatkan keandalan sistem, digunakan catu daya yang mengombinasikan sumber listrik utama dengan sumber daya cadangan berupa aki. Aki dilengkapi dengan modul pengisian daya (*charger*) dan sistem *Battery Management System* (BMS) yang berfungsi untuk melindungi aki dari kondisi *overcharge*, *overdischarge*, dan *hubung singkat*. Ketika sumber daya utama tersedia, sistem akan menggunakan daya tersebut sekaligus melakukan pengisian aki.

Perancangan sistem meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras mencakup integrasi Arduino Mega, sensor LDR, sensor PIR, modul MOSFET, LED 12V, serta rangkaian catu daya yang terdiri dari *charger*, BMS, dan aki. Perangkat lunak dirancang untuk membaca data sensor, menentukan kondisi lingkungan dan keberadaan pengguna, mengontrol modul MOSFET untuk mengatur LED, serta mengelola penggunaan sumber daya listrik secara efisien.

Tahap selanjutnya adalah implementasi dan pengujian sistem untuk memastikan seluruh komponen dapat bekerja sesuai dengan perancangan. Pengujian dilakukan terhadap respon sensor LDR dan PIR, kinerja modul MOSFET dalam mengendalikan LED 12V, serta kemampuan sistem catu daya dalam mempertahankan operasi sistem saat terjadi perpindahan sumber daya. Hasil pengujian dianalisis untuk mengetahui tingkat pengurangan energi dan keandalan sistem.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan tujuan mengembangkan prototipe sistem penerangan selasar otomatis. Tahapan penelitian meliputi analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi prototipe, pengujian, dan evaluasi.

3.1 Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Pada jaringan listrik

AC dengan bentuk gelombang sinusoidal dikenal beberapa jenis bentuk daya, diantaranya adalah, daya aktif, daya reaktif dan daya semu (Hudan, et al.,2019) Salah satu langkah untuk menghemat penggunaan energi listrik adalah mengurangi pemakaian energi listrik yang digunakan untuk penerangan, sebab 50% beban listrik di Indonesia adalah lampu penerangan. Pengurangan pemakaian energi listrik untuk penerangan dapat dilakukan dengan cara penggunaan lampu hemat energi baik ditingkat rumah tangga, komersial atau bisnis maupun disektor industri, (PT.PLN Persero.2002).

Efisiensi pemakaian listrik pada lampu umumnya dinyatakan sebagai perbandingan antara daya keluaran yang dimanfaatkan (berguna) terhadap daya listrik yang dikonsumsi, dalam bentuk persentase (Widiastuti, 2023).

Untuk menghitung energi listrik yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

$$E = P \times t \quad (3.1)$$

Keterangan:

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Untuk menghitung besarnya daya sesaat diperoleh dari hasil perkalian tegangan dan arus yang dihasilkan dengan persamaan berikut:

$$P = V \times I \quad (3.2)$$

Keterangan:

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Untuk perbandingan konsumsi pemakaian energi listrik:

$$\eta = \frac{\Sigma_{awal} - \Sigma_{akhir}}{\Sigma_{awal}} \times 100\% \quad (3.3)$$

3.2 Rancangan Sistem

Komponen utama diceritakan mulai dari input sampai output. Bentuk rancangan sistem secara keseluruhan dapat digambarkan seperti terlihat pada Gambar 1.

Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Gambar 1. menunjukkan diagram blok sistem penerangan selasar otomatis. Pada bagian input terdapat modul RTC, sensor PIR, dan sensor LDR yang berfungsi sebagai pemberi informasi ke sistem. Modul RTC memberikan data waktu aktual sebagai dasar pengaturan mode siang dan malam, sensor PIR mendeteksi keberadaan manusia, sedangkan sensor LDR mengukur intensitas cahaya lingkungan.

3.3 Input

Pada Gambar 1. Real Time Clock (RTC) berfungsi sebagai pemicu utama dalam proses perpindahan sumber daya listrik. RTC mengatur perpindahan suplai dari PLN ke baterai pada pukul 17.00–06.00, serta dari baterai kembali ke PLN pada pukul 06.00–17.00. Pada periode siang hari (06.00–17.00), baterai akan melakukan proses pengisian daya (charging) menggunakan sumber listrik dari PLN.

Sensor PIR berperan sebagai pengatur intensitas cahaya berdasarkan deteksi keberadaan objek atau pergerakan. Pada malam hari, lampu tetap menyala dalam kondisi redup sebagai mode siaga. Ketika sensor PIR mendeteksi adanya pergerakan atau keberadaan seseorang yang melintas, sistem akan meningkatkan intensitas cahaya sehingga lampu menyala terang. Sebaliknya, apabila tidak terdeteksi pergerakan, lampu akan kembali atau tetap berada dalam kondisi redup. Penggunaan sensor PIR ini bertujuan untuk mengoptimalkan konsumsi daya baterai.

Selain itu, pada rentang waktu 06.00–17.00, apabila kondisi cuaca mendung atau intensitas cahaya lingkungan rendah, sensor LDR akan mendeteksi penurunan tingkat pencahayaan tersebut dan secara otomatis mengaktifkan lampu dalam kondisi terang. Dengan demikian, sistem mampu bekerja secara otomatis berdasarkan pengaturan waktu dan kondisi lingkungan untuk mencapai pemakaian energi yang optimal.

3.4 Proses

Pada Gambar 1. sistem akan diproses dan dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Mega, di saat waktu sudah sesuai dengan yang dibutuhkan maka mikrokontroler akan mengirim sinyal digital ke relay untuk *switch power* yang dibutuhkan dan menyalakan lampu.

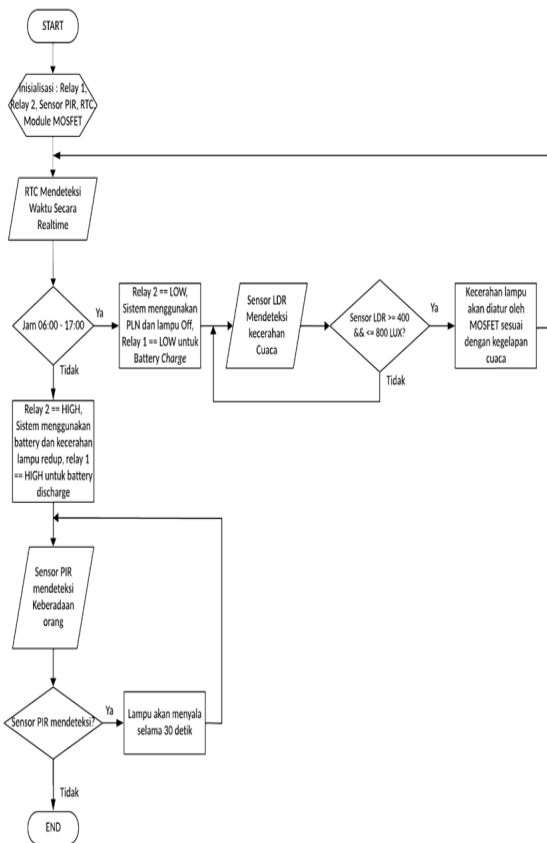
3.5 Output

Pada Gambar 1 Relay sebagai aktuator untuk mengubah *supply power* dari PLN ke baterai dan sebaliknya sesuai dengan RTC yang dibutuhkan. Sensor PIR akan diproses oleh mikrokontroler untuk menyalakan lampu jika terdeteksi dengan baik. Modul mosfet akan mengatur PWM pada LED 12V, jika pada malam hari tidak ada orang melintas maka lampu akan menyala redup.

3.6 Flowchart Sistem

Pada Gambar 2 tersebut menjelaskan Sistem dimulai dengan proses inisialisasi, dimana seluruh komponen utama dipersiapkan agar dapat bekerja dengan baik. Komponen yang diinisialisasi meliputi relay, sensor PIR, sensor LDR, modul RTC (*Real Time Clock*), serta modul MPPT sebagai pengatur pengisian baterai. Tahap ini bertujuan untuk

memastikan bahwa seluruh perangkat berada dalam kondisi siap sebelum sistem dijalankan. Setelah proses inialisasi selesai, modul RTC membaca waktu secara real-time. Informasi waktu ini digunakan sebagai dasar untuk menentukan mode operasi sistem, yaitu apakah sistem berada pada kondisi siang atau malam hari.



Gambar 2. Flowchart Sistem

Selanjutnya, sistem melakukan pengecekan rentang waktu operasional, yaitu antara pukul 06.00 hingga 17.00. Apabila waktu berada dalam rentang tersebut, sistem menganggap kondisi sebagai siang hari. Pada kondisi ini, relay berada pada keadaan LOW, sehingga sumber daya listrik berasal dari PLN 220V AC. Pada saat yang sama, baterai akan berada dalam kondisi pengisian (*charging*) melalui modul MPPT. Modul MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) pada sistem ini berfungsi sebagai pengatur tegangan dan arus pengisian baterai agar proses charging berlangsung secara optimal dan stabil. Meskipun sumber energi berasal dari PLN yang telah melalui proses penyearahan (*rectifier*) menjadi DC, modul MPPT tetap berperan dalam mengontrol karakteristik pengisian agar sesuai dengan spesifikasi baterai 12V. Dengan pengaturan ini, arus pengisian menjadi lebih terkontrol, serta risiko overcharging dapat diminimalkan sehingga umur baterai lebih terjaga.

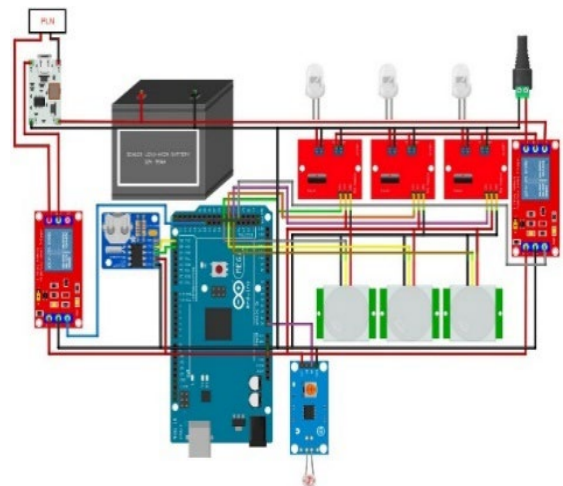
Namun, apabila waktu berada di luar rentang 06.00 hingga 17.00, sistem menganggap kondisi

sebagai malam hari. Pada kondisi ini, relay berubah ke keadaan HIGH, yang menyebabkan suplai dari PLN terputus dan sistem beralih menggunakan baterai sebagai sumber daya utama. Energi yang telah tersimpan melalui proses pengisian terkontrol oleh modul MPPT pada siang hari kemudian digunakan untuk menyuplai sistem penerangan pada malam hari.

Pada saat sistem beroperasi di malam hari, sensor PIR diaktifkan untuk mendeteksi keberadaan manusia di sekitar area penerangan. Jika sensor PIR mendeteksi adanya pergerakan atau keberadaan manusia, maka lampu akan menyala secara otomatis selama 30 detik. Setelah waktu tersebut habis dan tidak terdeteksi pergerakan lanjutan, lampu akan kembali redup untuk menghemat energi. Selain itu, sistem juga melakukan pengukuran intensitas cahaya lingkungan menggunakan sensor LDR. Sensor ini berfungsi untuk menentukan tingkat kecerahan lingkungan. Apabila nilai pembacaan sensor LDR menunjukkan intensitas cahaya 800 ADC, yang menandakan kondisi gelap atau cuaca mendung, maka sistem akan melanjutkan proses pengaturan pencahayaan.

Pada kondisi tersebut, sistem menjalankan tiga mode pengaturan PWM, di mana intensitas cahaya lampu akan disesuaikan secara bertahap sesuai dengan kondisi lingkungan dan kebutuhan pencahayaan. Penggunaan PWM memungkinkan pengaturan kecerahan lampu menjadi lebih efisien dan hemat energi. Sebaliknya, jika hasil pembacaan sensor LDR menunjukkan nilai lebih besar atau sama dengan 400, yang menandakan kondisi lingkungan masih terang, maka lampu tidak akan diaktifkan meskipun berada pada malam hari.

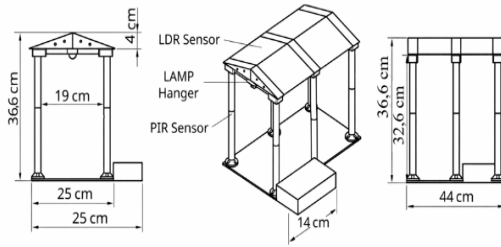
3.7 Perancangan Penerangan Selasar



Gambar 3. Rancangan Penerangan Selasar

Pada Gambar 3. merupakan perancangan alat yang akan digunakan pada sistem alat. Beberapa komponen seperti sensor PIR, sensor LDR, relay 12V, Relay 5V, Modul MOSFET IRF540, Battery 12V, Charge

Battery dan Real Time Clock (RTC) yang akan diproses oleh mikrokontroler Arduino Mega.



Gambar 4. Maket Penerangan Selasar

Gambar 4 menampilkan maket perancangan mekanik sistem penerangan selasar dalam tampak depan, isometrik, dan tampak samping. Dimensi konstruksi memiliki tinggi total 36,6 cm dengan tinggi efektif tiang 32,6 cm, lebar 25 cm, serta panjang 44 cm. Perancangan dimensi tersebut disesuaikan dengan kebutuhan ruang prototipe serta jangkauan deteksi sensor.

Sensor LDR ditempatkan pada bagian atas rangka, mendekati atap, dengan tujuan memperoleh pembacaan intensitas cahaya lingkungan secara optimal tanpa terhalang objek di sekitarnya. Penempatan ini juga meminimalkan gangguan cahaya buatan dari lampu itu sendiri agar pembacaan lebih akurat. Sensor PIR diposisikan pada bagian tengah tiang dengan orientasi menghadap area lintasan, sehingga sudut deteksi gerak dapat mencakup area selasar secara maksimal. Sementara itu, lampu dipasang pada bagian bawah atap (*lamp hanger*) agar distribusi cahaya lebih merata ke area di bawahnya serta terlindungi dari gangguan luar.

Secara keseluruhan, tata letak komponen dirancang berdasarkan pertimbangan fungsional, jangkauan deteksi, distribusi pencahayaan, serta integrasi sistem, sehingga mendukung peningkatan keamanan dan kenyamanan pengguna selasar.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem penerangan selasar otomatis berbasis Atmega2560 telah berhasil direalisasikan dan diuji. Pengujian komponen menunjukkan sensor PIR mampu mendeteksi keberadaan manusia dengan output HIGH saat terdeteksi gerakan dan LOW saat tidak ada gerakan. Sensor LDR menunjukkan nilai pembacaan 810-850 ADC pada kondisi mendung dan 410-450 ADC pada kondisi cerah, menunjukkan kemampuan yang baik dalam membedakan kondisi pencahayaan lingkungan.

Pengujian sistem dilakukan dengan membandingkan dua konfigurasi: Alat 1 (sistem otomatis dengan manajemen daya) dan Alat 2 (sistem timer). Alat 1 dirancang sebagai sistem yang lebih lengkap karena dilengkapi dengan dua sumber daya, yaitu Power Supply Unit dan aki, yang diswitch menggunakan relay 12V DPDT. Selain itu, Alat 1 menggunakan RTC sebagai penentu waktu operasional, sensor LDR sebagai pendeteksi intensitas cahaya, modul PWM untuk pengaturan kecerahan lampu, serta relay tambahan yang berfungsi untuk

menghubungkan dan memutus charger aki 12V 6A pada pagi dan siang hari.

Dengan konfigurasi ini, Alat 1 diharapkan mampu bekerja secara mandiri, efisien, dan tetap beroperasi saat sumber listrik utama tidak tersedia. Sementara itu, Alat 2 memiliki konfigurasi yang lebih sederhana. Sistem ini hanya menggunakan satu sumber daya utama tanpa dukungan aki dan charger.

Komponen yang digunakan meliputi Arduino, relay 12V DPDT, RTC, sensor LDR, modul PWM, dan lampu 12V 3 watt. Alat 2 berfungsi sebagai pembanding untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggunaan sistem cadangan daya dan pengisian aki terhadap keandalan dan efisiensi sistem. Hasil pengukuran menunjukkan konsumsi energi harian Alat 1 sebesar 49 Wh, sedangkan Alat 2 sebesar 131 Wh. Perhitungan pengurangan konsumsi energi diperoleh sebesar 62,6%.



Gambar 5 Hasil Pengukuran Alat 1 (Sebelah kiri) dan Alat 2 Pagi Hari (Sebelah kanan)



Gambar 6 Hasil Pengukuran Alat 1 (Sebelah kiri) dan Alat 2 Malam Hari (Sebelah kanan)

Pada Pagi Hari (06:00 – 17:00):

- Alat 1
 $Energi\ Charge\ Aki\ (E) = 49Wh$

- Alat 2

$Energi\ Sistem\ selama\ Pagi\ Hari\ (E) = 14\ Wh$

$$Daya\ Sistem\ per\ jam = \frac{14\ Wh}{11\ Jam} = 1,27W$$

Pada Malam Hari (17:00 – 06:00):

- Alat 1

$Energi\ Sistem\ Malam\ Hari = 0\ Wh$

- Alat 2

$$Total\ Energi = 117Wh$$

$$Daya\ Sistem\ per\ jam = \frac{117\ Wh}{13\ Jam} = 9\ W$$

Tabel 2. Hasil Pengujian Sistem

Alat	Siang (Wh)	Malam (Wh)	Total (Wh/hari)
Alat 1	49	0	49 Wh
Alat 2	14	117	131 Wh

Pengurangan Konsumsi Energi

$$\% = \left(\frac{Total_{Alat2} - Total_{Alat1}}{Total_{Alat2}} \right) \times 100\%$$

Pengurangan Konsumsi Energi

$$\% = \left(\frac{131 - 49}{131} \right) \times 100\%$$

Pengurangan Konsumsi Energi = 62,6%

Tabel 3. Hasil Pengujian Konsumsi Energi

Alat	Siang (Wh)	Malam (Wh)	Total (Wh)
Alat 1	49	0	49
Alat 2	14	117	131

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap perancangan prototipe sistem penerangan selasar otomatis berbasis Atmega2560, diperoleh data konsumsi energi harian sebesar 49 Wh untuk Alat 1 dan 131 Wh untuk Alat 2. Perbedaan nilai konsumsi energi tersebut menunjukkan adanya pengaruh signifikan dari penerapan sistem manajemen daya berbasis waktu, sensor, dan sumber daya cadangan pada Alat 1 dibandingkan sistem pada Alat 2.

Pada periode siang hari (06.00–17.00), Alat 1 mencatat konsumsi energi sebesar 49 Wh. Konsumsi ini terutama digunakan untuk proses pengisian baterai (*charging*) serta kebutuhan daya rangkaian kontrol seperti mikrokontroler, RTC, dan sensor. Secara teknis, energi yang digunakan pada periode ini tidak sepenuhnya dikategorikan sebagai konsumsi beban penerangan, melainkan sebagai proses penyimpanan energi yang akan dimanfaatkan pada periode malam hari. Dengan adanya manajemen waktu berbasis RTC, sistem tidak mengaktifkan lampu pada siang hari karena intensitas cahaya alami sudah mencukupi. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu memisahkan fungsi penyimpanan energi dan fungsi konsumsi energi secara terstruktur.

Sebaliknya, Alat 2 pada siang hari tetap mengonsumsi energi sebesar 14 Wh meskipun tidak memiliki sistem pengisian baterai. Konsumsi ini berasal dari rangkaian kontrol yang tetap aktif sepanjang waktu. Meskipun nilainya lebih kecil dibandingkan Alat 1 pada siang hari, Alat 2 tidak memiliki mekanisme penyimpanan energi sehingga seluruh energi yang digunakan bersifat konsumtif tanpa adanya pengelolaan cadangan daya.

Perbedaan paling signifikan terlihat pada periode malam hari (17.00–06.00). Alat 1 tidak mengonsumsi energi, sedangkan Alat 2 mencapai 117 Wh. Nilai konsumsi Alat 2 yang tinggi disebabkan oleh kondisi lampu yang menyala pada intensitas maksimum (PWM penuh) selama kurang lebih 13 jam tanpa adanya kontrol adaptif terhadap keberadaan pengguna. Hal ini menyebabkan energi terpakai secara kontinu meskipun tidak selalu dibutuhkan.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sistem Pada Saat Malam Hari

Alat	Malam (mA)
Alat 1	0,72

Sementara itu, pada periode malam hari (17.00–06.00), sistem Alat 1 mengambil energi dari sumber PLN. Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4, arus yang terukur pada malam hari sebesar 0,72 mA dengan tegangan kerja 12 Volt. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa energi listrik yang dikonsumsi sistem selama 13 jam pada malam hari adalah sebesar 0,11232 Wh.

Nilai tersebut menunjukkan bahwa konsumsi energi rangkaian kontrol selama malam hari hanya sekitar 0,11 Wh, yang tergolong sangat kecil. Hasil ini mengindikasikan bahwa sistem memiliki karakteristik

low power consumption yang baik. Arus sebesar 0,72 mA menunjukkan bahwa sistem kontrol berada dalam kondisi kerja yang stabil.

Strategi pengoperasian lampu dalam dua kondisi, yaitu redup (*standby*) dan terang (aktif saat terdeteksi gerakan), berkontribusi besar dalam menekan konsumsi energi. Lampu tidak menyala penuh selama 13 jam secara kontinu, berbeda dengan Alat 2 yang beroperasi pada daya maksimum sepanjang malam tanpa sistem deteksi gerakan maupun pengaturan intensitas.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem penerangan otomatis berbasis waktu dan sensor mampu mengurangi konsumsi energi secara signifikan tanpa mengurangi fungsi utama penerangan. Implementasi manajemen daya yang terintegrasi antara kontrol waktu, deteksi aktivitas, dan pengaturan intensitas cahaya terbukti efektif dalam mengoptimalkan penggunaan energi listrik. Dengan pengurangan pemakaian energi sebesar 62,6%, sistem ini memiliki potensi untuk diterapkan pada skala yang lebih luas guna mendukung pengelolaan energi yang lebih hemat dan berkelanjutan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem penerangan selasar otomatis berbasis ATmega2560 mampu bekerja sesuai dengan fungsi yang dirancang. Sistem mampu mengatur waktu operasional lampu dan tingkat pencahayaan secara otomatis berdasarkan kondisi waktu dan intensitas cahaya lingkungan.

Sistem yang dirancang mampu mengurangi konsumsi energi listrik sebesar 62,6% dibandingkan dengan sistem konvensional. Pengurangan konsumsi energi ini disebabkan oleh optimalisasi distribusi daya, pembatasan beban saat tidak diperlukan, serta pemanfaatan energi cadangan secara terkontrol. Sistem ini juga meningkatkan aspek keamanan karena lampu menyala terang saat terdeteksi aktivitas.

Saran untuk pengembangan selanjutnya meliputi: (1) menambahkan sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan *real-time*, (2) mengintegrasikan panel surya sebagai sumber energi tambahan, dan (3) menambahkan sensor arus dan tegangan untuk analisis konsumsi daya yang lebih akurat.

DAFTAR REFERENSI

- Achmad Imam Agung, B. S. (2021). *Pemodelan Automatic Transfer Switch (ATS) Pada System Smartgrid Pembangkit Photovoltaic Dan PLN Berbasis Internet of Things (IoT) Untuk Monitoring Penggunaan Daya Listrik*.
- Achmad Rahman. (2023). *RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI KONSUMSI ENERGI LISTRIK PADA PERANGKAT RUMAH TANGGA BERBASIS INTERNET OF THINGS*.
- Ahmad Rizal Sultan, & Sarwo Pranoto. (2020). *Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (ATS) System Hybrid*.
- Akbar Mukhlisin, A., Silk, Lady, Teknik Listrik Bandara, J., Teknik Penerbangan, F., & Penerbangan Surabaya Jl Jemur Andayani, P. I. (2020). *RANCANG BANGUN KONTROL DAN MONITORING BATERAI UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY (UPS) MENGGUNAKAN ENERGI HYBRID DENGAN KONSEP INTERNET OF THING (IOT)*.
- Alamin, Z., Khaeruddin, & Dahlan. (2025). Sistem Penerangan Jalan Cerdas Berbasis Energi Surya dan IoT dengan Komunikasi LoRa. *Jurnal Pengembangan Sains Dan Teknologi*, 1(2), 69–79. <https://doi.org/10.63866/jpst.v1i2.78>
- Bindar, M. A. M., Nurhayati, M., Ashari, I. F., Tanjung, A. S., & Agustine, V. (2025). Pengembangan Lampu Jalan Otomatis Berbasis Sensor Cahaya Sebagai Infrastruktur Cerdas di Desa Sukajadi Lampung. *Jurnal Ilmiah Pangabdhi*, 11(1), 41–47. <https://doi.org/10.21107/pangabdhi.v11i1.29471>
- Handian Rachmat, H. (2011), Elektronika, K., & Teknik Elektro, J. *Pengembangan Sistem Remote Control untuk Setting Waktu pada Sistem Automatic Time Switch (ATS) Berbasis Real Time Clock (RTC) DS1307 untuk Saklar Lampu* (Number 1).
- Lestari, P., Situmorang, B., Said Mazruk, S., Napitupulu, J., Jumari,), Darma, U., & Medan, A. (2024). *RANCANG BANGUN AUTOMATIC TRANSFER SWITCH PLN-INVERTER DENGAN DILENGKAPI AUTO CHARGING*. In *CHARGING Puji Lestari Br Situmorang* (Vol. 1, Number 2).
- Natha Guna, E. (2021). *ANALISIS PEMAKAIAN LISTRIK PELANGGAN MENGGUNAKAN SISTEM AUTOMATIC METER READING (AMR) DI PT. PLN (PERSERO) ULP KLATEN KOTA*.
- Natha Guna, E. (2025). *ANALISIS PEMAKAIAN LISTRIK PELANGGAN MENGGUNAKAN SISTEM AUTOMATIC METER READING (AMR) DI PT. PLN (PERSERO) ULP KLATEN KOTA*.
- Saharudin Aziz. (2024). *ANALISA PERENCANAAN KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK PADA WILAYAH DKI JAKARTA TAHUN 2021-2026 DENGAN METODE KEBIJAKAN ENERGI NASIONAL (KEN) MENGGUNAKAN SOFTWARE LEAP*.
- Simamora, A., Siburian, J. M., Mutiara, P., Sitohang, R., Sinaga, J., & Sinurat, F. K. (2025). *PERANCANGAN APLIKASI LIGHT DEPENDENT RESISTOR (LDR) PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK MENINGKATKAN ENERGI*

LISTRIK YANG DIHASILKAN SECARA OTOMATIS. *Jurnal Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan*, 13(1).

Sobron, M., Insaan, N., Pratama, R., paquela, J., & Susanto, R. (2024). *Sistem Penerangan Otomatis Berbasis Sensor Light Dependent Resistor pada Pos Kamling*. 18–2024.

Widiastuti, S. (2023). Analisa Efisiensi Biaya di Rumah Susun pada Pemakaian Lampu LED. *Elektriese: Jurnal Sains Dan Teknologi Elektro*, 13(01), 95–106. <https://doi.org/10.47709/elektriese.v13i01.3059>

Dr, P. Sugiyono. (2019), *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. CV. Alfabeta, Bandung, 25.