
**RANCANG BANGUN LAMPU *RUNWAY GUARD LIGHT* (RGL)
BERBASIS MIKROKONTROLER DI LABORATORIUM
AIRFIELD LIGHTING SYSTEM POLITEKNIK
PENERBANGAN MEDAN**

**Indra Syahputra Purba¹, M. Amril Siregar², Zahrul Ulum³
Politeknik Penerbangan Medan, Medan**

e-mail: ¹purbaindra239@gmail.com, ²muhammadamril2017@gmail.com,
³zahrul46164@gmail.com

Abstract: *Runway Guard Light (RGL) is an airport safety lighting system that provides visual warnings to pilots before entering an active runway area. This study aims to design and develop a microcontroller-based RGL replica as a learning tool in the Airfield Lighting System Laboratory of the Polytechnic of Aviation Medan, allowing students to directly understand the working principles of airfield lighting safety systems. The system employs Arduino Uno as the main controller, a 12V power supply, LM2596 step-down module, IRF520 MOSFET module, and 12V LED lamps as visual indicators. The applied method is Research and Development (R&D), consisting of design, construction, and testing stages. The test results indicate that the device can display alternating blinking light patterns according to RGL configuration standards A and B. This prototype is expected to serve as an effective educational aid to support aviation safety learning in the academic environment.*

Keywords: *Runway Guard Light, Microcontroller, Arduino Uno, Aviation Safety.*

Abstrak: *Runway Guard Light (RGL) merupakan sistem lampu keselamatan di bandara yang memberikan peringatan visual kepada pilot sebelum memasuki area runway aktif. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah replika RGL berbasis mikrokontroler sebagai media pembelajaran di Laboratorium Airfield Lighting System Politeknik Penerbangan Medan, agar mahasiswa dapat memahami prinsip kerja sistem pencahayaan keselamatan bandara secara langsung. Sistem ini menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama, power supply 12V, modul step-down LM2596, modul MOSFET IRF520, dan lampu LED 12V sebagai output visual. Metode yang digunakan adalah Research and Development (R&D), melalui tahap perancangan, pembuatan, dan pengujian alat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menampilkan pola kedipan lampu secara bergantian sesuai standar konfigurasi A dan B RGL. Alat ini diharapkan dapat menjadi sarana efektif dalam mendukung proses pembelajaran dan keselamatan penerbangan di lingkungan pendidikan.*

Kata kunci: *Runway Guard Light, Mikrokontroler, Arduino Uno, Keselamatan Penerbangan.*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan wilayah udara yang sangat luas, menjadikan sektor penerbangan memiliki peran strategis dalam mendukung konektivitas antardaerah serta pertumbuhan ekonomi nasional. Seiring dengan meningkatnya

lalu lintas penerbangan, aspek keselamatan menjadi prioritas utama dalam operasional bandara (Susanti et al., 2021). Salah satu komponen vital dalam menunjang keselamatan penerbangan adalah sistem pencahayaan di area landasan pacu (*runway*) dan jalur pergerakan pesawat (*taxiway*), yang membantu pilot dalam navigasi

pesawat, terutama dalam kondisi cuaca buruk atau visibilitas rendah (Shresta et al., 2020).

Dalam mendukung keselamatan tersebut, berbagai sistem pencahayaan bandara dikembangkan, salah satunya adalah *Runway Guard Light* (RGL). RGL merupakan lampu berkedip berwarna kuning yang dipasang di titik persimpangan antara *taxiway* dan *runway* (Uysal & Demir, 2022). Lampu ini berfungsi sebagai peringatan visual kepada pilot agar lebih berhati-hati dan tidak secara tidak sengaja memasuki *runway* aktif (ICAO, 2018). Operasi RGL dikendalikan oleh modul elektronik yang dirancang untuk menghasilkan pola kedipan tertentu sesuai dengan standar keselamatan internasional (Mousa et al., 2021). Sebagai perguruan tinggi vokasi yang bergerak di bidang penerbangan, Politeknik Penerbangan Medan berada dalam lingkup Kementerian Perhubungan dan dikelola oleh BPSDM Perhubungan Udara. Lembaga ini berperan penting dalam menyiapkan sumber daya manusia yang terampil, profesional, dan berorientasi pada keselamatan penerbangan. Untuk itu, penguasaan terhadap sistem pencahayaan seperti RGL menjadi sangat penting bagi mahasiswa/i. Namun, saat ini laboratorium *Airfield Lighting System* Poltekbang Medan belum dilengkapi dengan fasilitas *Runway Guard Light* (RGL), sehingga mahasiswa/i belum dapat secara langsung mengenal bentuk fisik, prinsip kerja, maupun pola operasional lampu ini.

Berdasarkan kondisi tersebut, penulis berinisiatif untuk membuat sebuah replika RGL yang menyerupai bentuk dan fungsi aslinya di bandara. Replika ini dirancang agar mampu memperlihatkan karakteristik utama RGL, mulai dari warna cahaya, serta pola kedipan pada lampu. Kehadiran media pembelajaran ini diharapkan dapat mempermudah mahasiswa/i dalam memahami pentingnya sistem pencahayaan keselamatan di bandara dan meningkatkan

kesiapan mereka untuk terjun ke dunia kerja di sektor penerbangan.

METODE

Desain penelitian yang digunakan dalam proyek akhir ini adalah metode *Research and Development* (R&D). Menurut (Sugiyono, 2020), metode R&D digunakan untuk menciptakan produk tertentu serta menilai efektivitasnya. Penelitian diawali dengan tahap identifikasi rancangan guna menyusun konsep dasar dan memilih metode pengembangan yang tepat. Tahap berikutnya adalah pengumpulan data melalui studi literatur dan sumber relevan guna memperoleh landasan teori yang mendukung perancangan. Setelah kebutuhan sistem diketahui, dilakukan instalasi perangkat keras dan perangkat lunak yang mendukung kinerja alat, kemudian dilanjutkan pada tahap perancangan yang meliputi pembuatan desain fisik, pengaturan *input-output*, serta penyusunan alur kerja sistem. Tahap akhir adalah pengujian, yang bertujuan memastikan bahwa seluruh komponen berfungsi sesuai rancangan dan produk yang dihasilkan efektif digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

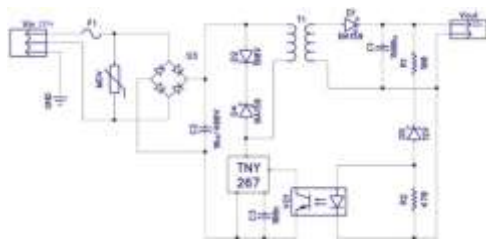
Pembuatan Perangkat Keras

Perangkat keras yang dimanfaatkan pada penelitian ini meliputi Arduino Uno, catu daya 12 VDC, modul penurun tegangan LM2596, modul MOSFET IRF520, serta lampu LED 12V yang difungsikan sebagai pengganti lampu RGL. Penjelasan hasil pembuatan perangkat keras (*hardware*) adalah sebagai berikut:

Power Supply AC-DC (Switching)

Rangkaian catu daya pada sistem ini menggunakan *power supply switching*

untuk menurunkan tegangan AC 220V menjadi DC 12V. Proses dimulai dari sekering F1 sebagai pengaman arus lebih, MOV untuk menahan lonjakan tegangan, lalu jembatan dioda dan kapasitor perata yang menghasilkan tegangan DC tinggi. Tegangan ini diatur oleh IC TNY267 sebagai saklar berfrekuensi tinggi, dibantu rangkaian clamp (dioda dan kapasitor) serta transformator untuk menghasilkan tegangan rendah. Pada sisi sekunder, tegangan disearahkan oleh dioda cepat dan diratakan kapasitor, dengan sistem umpan balik melalui *optocoupler* untuk menjaga kestabilan *output* 12V. Tegangan 12V ini digunakan untuk menyalakan lampu LED *mock up Runway Guard Light* (RGL) serta diturunkan lagi menjadi 5V oleh modul LM2596 untuk kebutuhan Arduino Uno dan MOSFET IRF520. Dengan metode ini, sistem bekerja stabil, efisien, dan sesuai kebutuhan.

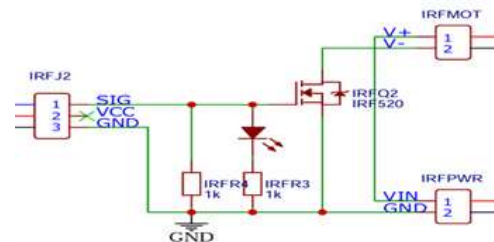


Gambar 1 Power Supply AC-DC (Switching)

Rangkaian Modul Mosfet IRF 520

Rangkaian ini menggunakan modul MOSFET IRF520 sebagai saklar elektronik untuk mengendalikan lampu LED 12VDC. Modul ini menerima sinyal dari Arduino Uno melalui pin SIG pada konektor IRFJ2, yang terhubung ke *gate* MOSFET. Saat sinyal logika tinggi (*high*) dikirim, MOSFET aktif sehingga arus mengalir dari *drain* ke *source* dan lampu LED menyala, bersamaan dengan LED indikator modul. Sebaliknya, saat sinyal rendah (*low*), MOSFET nonaktif, arus terputus, dan lampu padam. Dengan demikian, lampu LED dapat menyala dan berkedip sesuai pola program. Penggunaan MOSFET IRF520 membuat

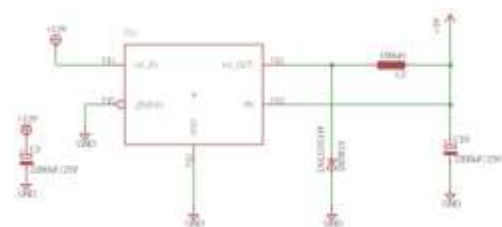
kontrol lebih efisien, stabil, dan mampu menangani beban daya lebih besar dibandingkan jika lampu langsung dikendalikan oleh pin Arduino.



Gambar 2 Rangkaian Modul Mosfet IRF 520

Rangkaian LM2596

Rangkaian ini memanfaatkan modul *step-down* LM2596 untuk menurunkan tegangan 12V DC menjadi 5V DC, sehingga sesuai dengan kebutuhan operasional Arduino Uno. Tegangan masuk melalui pin +V_IN dan ground, kemudian diratakan oleh kapasitor C5 (2200 μ F/25V) untuk mengurangi *ripple*. IC LM2596 mengatur kestabilan tegangan dengan bantuan pin EN/DIS dan FB. Tegangan keluaran melewati induktor L2 (100 μ H) untuk menyimpan energi dan mengaluskan arus, lalu melalui dioda Schottky 1N5822 agar penyearahan lebih cepat dan efisien. Akhirnya, output diratakan kembali oleh C10 (2200 μ F/25V) sehingga dihasilkan tegangan 5V DC stabil yang dipasok ke Arduino Uno. Dengan demikian, LM2596 memastikan suplai daya tetap bersih dan andal sehingga kendali lampu LED *mock up Runway Guard Light* (RGL) dapat berjalan sesuai pola kedipan yang diprogram.



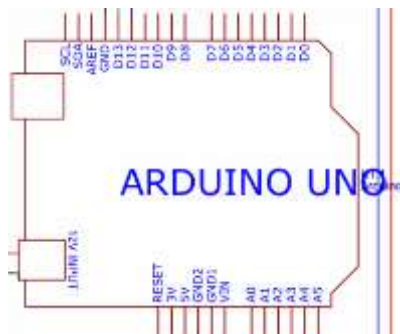
Gambar 3 Rangkaian LM2596

Rangkaian Arduino Uno

Rangkaian ini menggunakan Arduino Uno sebagai pusat kendali untuk mengatur pola nyala dan kedipan lampu LED *mock up Runway Guard Light* (RGL). Arduino menerima program yang telah dibuat, lalu mengirimkan sinyal high dan low ke modul MOSFET sehingga lampu LED menyala bergantian sesuai pola kedipan yang menyerupai lampu RGL di bandara. Sistem ini tidak hanya membantu simulasi pencahayaan keselamatan di runway dan taxiway, tetapi juga memudahkan mahasiswa mempelajari prinsip kerja *Airfield Lighting System* di laboratorium Politeknik Penerbangan Medan. Dalam program, digunakan deklarasi variabel:

```
int pinLed1 = 2;
int pinLed2 = 3;
int time_delay = 1000;
```

Pada fungsi setup(), ketiga pin diatur sebagai output. Sedangkan pada fungsi loop(), Arduino menyalakan LED internal (LED_BUILTIN) dan pinLed1 selama 1 detik, lalu bergantian mematikan keduanya dan menyalakan pinLed2 selama 1 detik sebelum kembali ke kondisi awal. Dengan pola ini, LED berkedip bergantian secara stabil, meniru pola kedipan lampu RGL yang sebenarnya.



Gambar 4 Rangkaian Arduino Uno

Perangkat Lunak dan Aplikasi

Perangkat lunak memiliki peran penting dalam mengoptimalkan kinerja sistem sehingga alat dapat berfungsi sesuai tujuan perancangannya. Pada

penelitian ini digunakan Arduino IDE sebagai platform pemrograman untuk menyusun kode yang selanjutnya diunggah ke mikrokontroler Arduino Uno. Program yang dibuat berfungsi mengatur pola nyala dan kedipan lampu LED *mock up Runway Guard Light* (RGL) sehingga dapat bekerja secara bergantian dengan interval waktu tertentu sesuai kebutuhan pembelajaran di *Laboratorium Airfield Lighting System* Politeknik Penerbangan Medan.

Berikut adalah kode program yang harus dituliskan kedalam *processing* IDE:

```
int pinLed1 = 2;
int pinLed2 = 3;
int time_delay = 1000;

void setup() {
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
  pinMode(pinLed1, OUTPUT);
  pinMode(pinLed2, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN,
HIGH);
  digitalWrite(pinLed1, HIGH);
  digitalWrite(pinLed2, LOW);
  delay(time_delay); //TUNDA SATU
  DETIK (1000)

  digitalWrite(LED_BUILTIN,
LOW);
  digitalWrite(pinLed1, LOW);
  digitalWrite(pinLed2, HIGH);
  delay(time_delay);
}
```





Sinkronisasi Perangkat Keras, Perangkat Lunak, dan Pengujian Rancangan


Sinkronisasi antara perangkat keras dan perangkat lunak dilakukan agar lampu *Runway Guard Light* (RGL) dapat berfungsi sesuai tujuan perancangan. Perangkat keras yang digunakan meliputi

Arduino Uno, *power supply* 12V DC, modul LM2596, modul MOSFET IRF520, dan lampu LED 12V yang dirangkai sesuai skema. Perangkat lunak dibuat dengan Arduino IDE untuk mengatur pola nyala dan kedipan lampu LED, kemudian diunggah ke Arduino Uno agar menghasilkan sinyal kendali ke modul MOSFET. Selain itu, digunakan juga *Processing* IDE untuk menampilkan animasi pola kerja lampu RGL di layar

laptop, sehingga memudahkan pemantauan saat pengujian. Dengan integrasi ini, sistem mampu menyalakan dan mematikan lampu LED sesuai pola kedipan yang ditentukan, sekaligus memberikan sarana pembelajaran praktis bagi mahasiswa mengenai sistem pencahayaan keselamatan penerbangan di laboratorium *Airfield Lighting System* Politeknik Penerbangan Medan.

Tabel 1 Hasil Pengujian Komponen dan Fungsi Rangkaian

No	Komponen	Hasil Pengujian	Keterangan	Dokumentasi
1	<i>Power Supply</i> 12 VDC	<i>Output</i> DC stabil di 12V saat diberi <i>input</i> AC 220V	Sesuai kebutuhan alat, tidak ada fluktuasi tegangan	
2	Modul LM2596	<i>Output</i> DC stabil 5V DC dari <i>input</i> 12V DC	Digunakan untuk suplai Arduino Uno dan MOSFET	
3	Arduino Uno	Program berhasil diunggah, LED menyala dengan pola kedip sesuai program	Sinyal kontrol keluar normal dari pin digital	
4	MOSFET IRF520	Menerima sinyal 5V DC dari Arduino, berfungsi membuka dan menutup jalur arus pada rangkaian	Saklar elektronik bekerja dengan baik	

5	Lampu LED 12V	Menyala dan padam sesuai pola <i>delay</i>	Respon cepat dan pola sesuai program	
---	---------------	--	--------------------------------------	---

Berdasarkan seluruh pengujian yang dilakukan dari awal hingga akhir, alat *mock up* lampu *Runway Guard Light* (RGL) berhasil berfungsi sesuai perancangan. Setiap komponen bekerja sesuai tugasnya dan saling terintegrasi. Hasil ini menunjukkan bahwa alat dapat digunakan sebagai media pembelajaran dalam mata kuliah *Airfield Lighting System*, khususnya untuk mengenalkan prinsip kerja lampu *Runway Guard Light* (RGL) kepada mahasiswa Politeknik Penerbangan Medan.

Pengujian Pola Kedipan Lampu

Pola kedipan ini mensimulasikan karakteristik kerja *Runway Guard Light* (RGL) yang umum digunakan di bandara, yaitu menyala secara bergantian antara sisi kanan dan kiri sebagai penanda visual batas *runway* serta untuk mendukung keselamatan operasional penerbangan.

Pengujian sistem dilakukan dengan dua konfigurasi pola kedipan yang merujuk pada Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor PR 21 Tahun 2023 tentang Standar Teknis dan Operasional Fasilitas Penerangan di Bandar Udara. Hasil pengujian menunjukkan bahwa:

1. Pada konfigurasi A, *Runway Guard Light* yang dipasang menggunakan sirkuit seri 6,6 ampere mampu menghasilkan kedipan antara 45 hingga 50 kali per menit pada setiap lampu, sesuai standar yang ditetapkan.
2. Pada konfigurasi B, *Runway Guard Light* dengan sirkuit seri 6,6 ampere

terbukti optimal dalam menghasilkan kedipan 30 hingga 32 kali per menit pada setiap lampu.

Pengujian dilakukan menggunakan dua lampu LED 12V DC yang mensimulasikan sisi kanan dan kiri dari lampu *Runway Guard Light* (RGL). Program dibuat agar kedua lampu menyala secara bergantian, dengan masing-masing lampu menyala selama waktu tertentu sebelum berganti ke lampu lainnya.

Tabel 2 Hasil Pengujian Pola Kedipan pada Konfigurasi A

No	<i>Time delay</i> (milidetik)	Jumlah Kedipan 1 Lampu per Menit	Sesuai Standar Regulasi
1	1000	60	Tidak
2	1200	50	Ya
3	1300	46	Ya
4	1400	43	Tidak
5	1900	31	Tidak
6	2000	30	Tidak

Pada Tabel 2, pengujian menunjukkan bahwa nilai *time_delay* 1200-1300 milidetik menghasilkan pola kedipan 45–50 kali per menit, sehingga disarankan menggunakan *time_delay* = 1200 milidetik untuk hasil yang optimal dan menyerupai standar lampu RGL Konfigurasi A.

Tabel 3 Hasil Pengujian Pola Kedipan pada Konfigurasi B

No	Time delay (milidetik)	Jumlah Kedipan 1 Lampu per Menit	Sesuai Standar Regulasi
1	1200	50	Tidak
2	1300	46	Tidak
3	1400	43	Tidak
4	1900	31	Ya
5	2000	30	Ya
6	2200	27	Tidak

Dari pengujian pada Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa nilai *time_delay* 1900–2000 milidetik memberikan hasil 30–32 kedipan per menit, sesuai standar untuk Konfigurasi B. Oleh karena itu, *time_delay* = 2000 milidetik direkomendasikan sebagai nilai optimal.

SIMPULAN

Alat *mock up* lampu *Runway Guard Light* (RGL) berhasil dibuat dan dapat berfungsi sesuai standar dengan pola kedipan kanan dan kiri secara bergantian. Pengujian dilakukan pada dua konfigurasi, yaitu konfigurasi A dengan *time delay* 1200 milidetik yang menghasilkan kedipan 46 kali per menit, serta konfigurasi B dengan *time delay* 2000 milidetik yang menghasilkan

kedipan 31 kali per menit, keduanya sesuai dengan standar RGL yang berlaku di bandara.

Selain itu, alat ini juga berfungsi sebagai media pembelajaran bagi mahasiswa untuk memahami prinsip kerja sistem pencahayaan keselamatan di *runway* dan *taxiway* secara langsung di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- ICAO. (2018). Aerodrome Design and Operations. *International Civil Aviation Organization, Annex 14, 1*.
- Mousa, M., Saeed, R., & Abdelrahman, H. (2021). Design and Implementation of Efficient Airfield Lighting Control System. *Journal of Air Transport Management*.
- Shresta, P., Lee, D., & Kim, J. (2020). Analysis of Airport Lighting Systems For Operational Safety Enhancement. *Journal of Advanced Transportation*, 1–12.
- Sugiyono. (2020). *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, Research and Development*.
- Susanti, H., Pratama, D., & Wulandari, R. (2021). Keselamatan Penerbangan dan Peran Infrastruktur Bandara di Indonesia. *Jurnal Transportasi Multimoda*, 19(2), 45–56.
- Uysal, O., & Demir, M. (2022). *Airfield Lighting System Improvements For Aviation Safety*. 26(2), 133–142