pISSN : 0852-0232, eISSN : 2656-582X DOI : 10.14710/gt.v22i3.xxxxx

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PADA PERHITINGAN SAMBARAN PETIR DENGAN KONEKTIVITAS PADA MODUL ESP32 DAN MODUL LoRa

Achmad Arie Leo Faldi [1)], Dista Yoel Tadeus [2)]
Program Studi D – IV Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
*E-mail : distayoel@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia is a country with a high frequency of lightning strikes, making it necessary to have a monitoring system capable of effectively recording lightning activity. This study designs a lightning strike counting monitoring system based on the ESP32 microcontroller with LoRa connectivity support. The detection system uses a passive-component-based analog circuit that captures the electromagnetic signals from lightning strikes; these signals are then converted into digital signals by the ESP32 and transmitted via the LoRa E220-900T22D module to the receiver unit. The prototype consists of two parts: a transmitter and a receiver. The transmitter is equipped with a lightning detector circuit, an 18650 battery, a TP4056 module, and a solar panel for self-powered operation. The receiver uses an ESP32, a LoRa module, and an I2C LCD to display the number of strikes in real time. Test results show that the system can detect signal changes from the detector circuit and count the number of detected lightning strikes. The LoRa module is capable of transmitting data reliably without a Wi-Fi network over a certain distance. This system can serve as an economical, self-contained, IoT-based lightning strike monitoring solution suitable for remote areas. Further development can be pursued through the integration of cloud data storage and specialized lightning strike sensors to improve accuracy.

Keywords : *Lightning Strikes, ESP32, LoRa E220-900T22D, Monitoring, Lightning Detector*

PENDAHULUAN

Sambaran petir merupakan fenomena alam yang tidak hanya menimbulkan kerusakan fisik pada bangunan dan peralatan elektronik, tetapi juga dapat mengancam keselamatan jiwa manusia. Setiap tahun, sejumlah kasus kebakaran, kerusakan infrastruktur, gangguan sistem komunikasi dan kelistrikan, serta korban jiwa dilaporkan akibat sambaran petir. Hal ini menegaskan pentingnya pemahaman yang lebih baik tentang fenomena ini, serta perlunya sistem proteksi petir yang efektif dan terintegrasi [1].

Namun demikian, kesadaran masyarakat dan institusi terhadap bahaya petir serta penerapan teknologi penangkal petir masih tergolong rendah. Banyak bangunan di daerah rawan sambaran petir yang belum dilengkapi dengan sistem proteksi yang memadai. Selain itu, data dan kajian teknis mengenai sebaran intensitas petir, pola sambaran, serta efektivitas sistem proteksi yang ada masih terbatas. Oleh karena itu, pembuatan Alat Penghitung Sambaran Petir atau Lightning Counter Detector dinilai bisa membantu untuk menghitung jumlah sambaran yang tertangkap dalam radius tertentu.

Lightning Counter Detector merupakan alat penghitung sambaran petir yang berfungsi sebagai alat pencatat adanya sambaran petir yang menyambar ujung penangkal petir atau yang dapat tertangkap frekuensi atau sinyal dalam radius tertentu. Selain itu juga berfungsi untuk mengetahui berapa kali alat itu bekerja dalam menghitung banyaknya sambaran petir yang tertangkap, sehingga bisa diketahui efektif atau tidaknya suatu instalasi proteksi petir yang telah terpasang. *Lightning counter* juga dapat dikatakan sebagai monitoring kontrol suatu instalasi proteksi petir. Apabila suatu instalasi proteksi petir yang kita pasang dengan menambah lightning counter kita dapat mengetahui adanya sambaran petir yang mengenai instalasi proteksi petir yang telah terpasang [2].

Penginisialisasian ini dimulai dari beberapa fase yang terjadi,

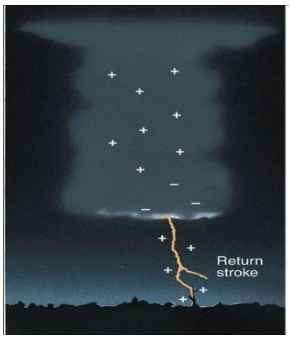
1. Pembentukan Awan Petir

   Pembentukan awan petir bermula dari awan yang memiliki kandungan elektron atau muatan listrik negatif pada lapisan atmosfer yang nantinya pada awan tersebut akan membentuk gumpalan-gumpalan awan tersendiri. Hal tersebut akan terjadi jika terdapat bagian pembentukan awan yang diperlukan pada gumpalan awan yang terbentuk. Faktor pergerakan angin ke arah atas dan di dalamnya ada bagian penting higroskopis atau zat yang menyerap uap air di udara sekitarnya, serta dengan faktor pendukung kelembapan udara yang mendukung.



Gambar 1. Pembentukan awan petir

2. Return Stroke



Gambar 2 Return Stroke

Return Stroke yang juga dikenal sebagai arus kilat balik , adalah arus listrik petir sebenarnya yang mengalir dari tanah ke awan melalui saluran terionisasi yang sudah terbentuk di awan di atasnya. Oleh karena itu , saluran udara terionisasi memiliki tingkat konduktivitas yang tinggi , dan kecepatan rambat arus petir lebih cepat daripada kecepatan step leader , yang berkisar antara 20.000 hingga 110.000 kilometer per detik [3].

Gambar 2 Return Stroke

3. Parameter Petir

Parameter Petir dapat dilihat dari tabel 1 dibawah ini, tabel tersebut menjelaskan jenis dari parameter listrik.

Tabel 1 Jenis parameter petir

Parameter Petir		Tingkat proteksi		
		I	II	III-IV
Nilai arus puncak	*I* (kA)	200	150	100
Nilai Muatan total	Q total (C)	300	225	150
Nilai Muatan impuls	Q impuls (C)	100	75	50
Nilai Energy spesifik	W/R (kJ/ Ω)	10000	5600	2500
Kecuraman rata-rata	di/dt 30/90% (kA/µs)	200	150	100

4. Arus Petir Maksimum

Arus petir maksimum (Im) menentukan tinggi tegangan jatuh (Um) pada tahanan pentanahan obyek yang disambar,

$$Um = Im \times R(Volt)$$

Dimana:
Im = Arus petir puncak atau maksimum
R = Tahanan tanah

5. Muatan Total Petir

Muatan (Q) menentukan jumlah energi (W) yang terwujud pada titik sambaran dan setiap tempat dalam busur listrik yang menembus isolasi. Sesuai dengan persamaan:

$$Q = \int i \cdot dt$$
$$W = Q \cdot Vak$$

Dimana,
i = Arus petir
Vak = Drop Voltage Anoda Katoda
Pengaruh Q dapat merusak logam dan menimbulkan percikan api

6. Impuls Arus

Energi (E) menentukan pemanasan serta gaya impulse sesuai dengan persamaan:

$$E = \int i2 \cdot dt$$

Dimana:
i = Arus petir
E = Energi yang timbul
dt = waktu

7. Kecuraman Arus Petir

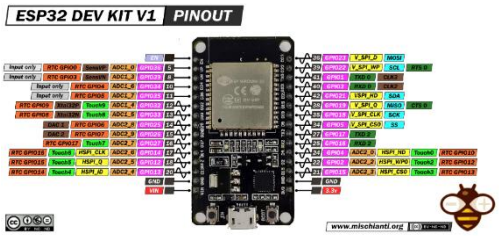
Petir juga menimbulkan tegangan induksi (U) sesuai persamaan:

$$U = L\frac{di}{dt}\ (Volt)$$

Dimana,
L = Induktansi metal/kabel
di/dt = Laju kenaikan arus terhadap watu/kecuraman arus petir

8. ESP32 Devkit V1ESP32

adalah mikrokontroler 32-bit dengan performa tinggi yang dirancang oleh Espressif Systems. Mikrokontroler ini dikenal karena kemampuannya yang serbaguna, terutama dalam pengaplikasian dari Internet of Things (IoT). Modul ESP32 mendukung komunikasi nirkabel seperti Wi-Fi dan Bluetooth, yang menjadikannya komponen penting dalam proyek yang memerlukan konektivitas jaringan [4].



Gambar 3 ESP32

9. LoRa E220-900T22D

LoRa E220-900T22D adalah modul komunikasi nirkabel berbasis teknologi Long Range yang bekerja pada frekuensi diatas 900 MHz dan LoRA jenis ini diproduksi oleh Ebyte. Modul ini dirancang untuk mentransmisikan data dalam jangkauan jarak yang jauh dengan konsumsi daya rendahmenjadikannya ideal untuk penerapan dalam aplikasi IoT (Internet of Things), sensor jarak jauh, maupun dalam sistem telemetri.

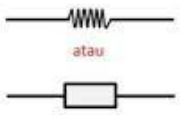


Gambar 4 LoRa E220-900T22D

10. Resistor

Resistor adalah sebuah komponen dari elektronika yang sangat penting karena berfungsi sebagai penghambat arus listrik. Komponen ini sering digunakan untuk menciptakan kondisi operasi yang diinginkan dalam rangkaian atau untuk melindungi perangkat dari kerusakan yang disebabkan oleh arus yang berlebihan.

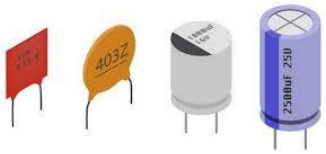
Tabel 2 Resistor

Simbol Fixed Resistor	Bentuk Fixed Resistor
	

11. Kapasitor

Kapasitor, atau sering juga disebut kondensator, adalah salah satu komponen elektronik pasif yang banyak digunakan dalam rangkaian listrik. Fungsinya adalah menyimpan muatan listrik untuk sementara waktu dan kemudian melepaskannya kembali ketika dibutuhkan. Kapasitansi sendiri menggambarkan berapa banyak muatan listrik yang bisa disimpan oleh sebuah kapasitor. Coulomb menemukan bahwa 1 coulomb sama dengan sekitar 6,25 × 10^{18} elektron. Faraday kemudian mendefinisikan bahwa sebuah kapasitor dikatakan memiliki nilai 1 Farad jika bisa menyimpan 1 Coulomb muatan ketika diberikan tegangan 1 Volt. Hubungan ini dituliskan dengan rumus: Q=C·V

Q = muatan elektron C (Coulumb)
C = nilai kapasitans dalam F (Farad)
V = tinggi tegangan dalam V (Volt)



Gambar 5 Kapasitor

12. Induktor

Induktor atau reaktor adalah komponen elektronika yang terdiri dari kumpulan lilitan kawat yang mampu menyimpan energi dalam bentuk medan magnet ketika arus listrik melewati lilitan tersebut. Kawat tembaga yang dililitkan digunakan sebagai induktor. Induktor merupakan komponen elektronik pasif yang tidak membutuhkan sumber daya atau aliran listrik, dan jika dipadukan dengan kapasitor, maka akan membentuk rangkaian resonansi yang mampu bergetar pada frekuensi tertentu [5].



Gambar 6 Induktor

13. Transistor

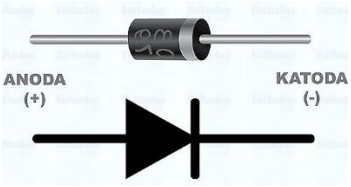
Transistor adalah bagian elektronik yang terbuat dari bahan semi konduktor dan memiliki tiga kaki, yaitu basis (B), kolektor (C), dan emitor (E). Berdasarkan jenis bahan semi konduktor yang digunakan, transistor dibagi menjadi dua jenis, yaitu transistor NPN dan transistor PNP [6].



Gambar 7 Transistor

14. Dioda

Dioda adalah komponen elektronik semikonduktor yang memiliki dua terminal, yaitu anoda dan katoda, yang berfungsi mengalirkan arus listrik hanya dalam satu arah dan menahannya dari arah sebaliknya. Komponen ini bekerja berdasarkan prinsip pertemuan dua bahan semikonduktor tipe P dan tipe N (p-n junction) yang menciptakan daerah deplesi, sehingga arus hanya dapat mengalir apabila tegangan yang diberikan memenuhi kondisi forward bias.



Gambar 8 Dioda

15. Thingspeak

ThingSpeak merupakan salah satu platform Internet of Things (IoT) berbasis cloud yang digunakan untuk mengirim, menyimpan, dan menampilkan data sensor secara online. Platform ini disediakan secara gratis oleh MathWorks dan banyak digunakan oleh pemula maupun mahasiswa yang sedang belajar mengenai sistem pemantauan jarak jauh. Secara sederhana, ThingSpeak berfungsi sebagai tempat untuk menerima data dari perangkat atau sensor, kemudian data tersebut dapat dilihat dalam bentuk grafik, angka, maupun dianalisis lebih lanjut.

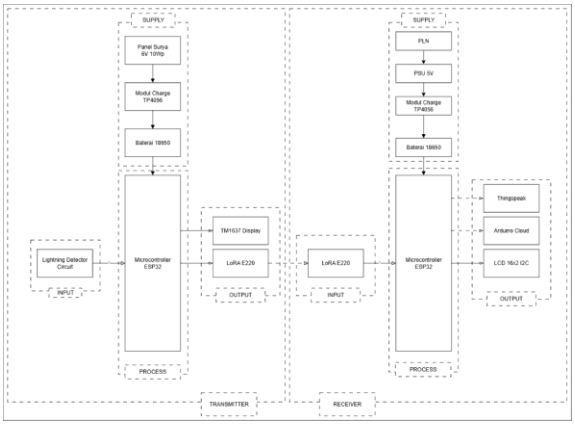
ThingSpeak juga mendukung komunikasi menggunakan protokol HTTP maupun MQTT sehingga penggunaan ESP32 dapat didukung pada platform ini. Pengguna hanya perlu mengirimkan data melalui API Key yang diberikan oleh ThingSpeak pada setiap channel. Selain menampilkan data secara real-time, platform ini juga menyediakan fitur data logging sehingga data yang sudah dikirim akan tersimpan dan bisa dianalisis kembali.

16. Arduino Cloud

Arduino Cloud adalah platform yang dibuat oleh Arduino untuk memudahkan pembuatan proyek berbasis IoT. Sama seperti produk mikrokontroler Arduino lainnya, tampilan awal Arduino Cloud dirancang agar mudah digunakan. Arduino juga menyediakan beberapa jenis board yang sudah dilengkapi koneksi internet bawaan, misalnya Arduino MKR WiFi 1010 atau Arduino Uno WiFi. Dengan adanya board seperti ini, kita tidak perlu lagi menambahkan modul WiFi eksternal seperti ESP32 ketika menggunakan Arduino, karena fitur internet sudah tersedia langsung di dalam perangkatnya.

METODE PENELITIAN

Untuk mencapai target penelitian yang diharapkan, tahapan penelitian ini meliputi pembuatan alat dan pengambilan data. Pembuatan alat meliputi pembuatan rangkaian *buck boost converter* dan *boost converter* serta pembuatan peralatan monitoring berbasis IoT. Pengambilan data meliputi pengambilan data tegangan dan arus dari keluaran panel surya dan keluaran rangkaian *buck boost converter* dan *boost converter*. Berikut ini adalah gambar blok rangkaian keseluruhan dari alat terssebut di atas.



Gambar 8. Diagram blok alat

Cara kerja dari alat simulasi ini adalah:

1. Panel surya mengubah cahaya matahari menjadi listrik.
2. Arus dan tegangan keluaran panel surya di olah dan dimasukkan daya nya ke dalam baterai 18650 oleh TP4056.
3. Baterai yang menyalakan dan sebagai sember daya utama uang menyalakan sistem.
4. Tegangan yang digunakan pada rangkaian receiver sebanyak 3.3V, tegangan ini menyalakan ESP32, TM1637, LoRa E220 dan Rangkaian Detektor Petir.
5. Tegangan untuk menghidupkan rangkaian Receiver adalah 5V, tegangan ini menyalakan ESP32, LCD I2C, LoRa E220.
6. Rangkaian Detektor Petir sebagai pengganti sensor akan menangkap sinyal sambaran petir sehingga dapat dikirimkan ke ESP32.
8. ESP32 akan mengolah data yang juga nantinya akan ditampilkan pada TM1637 Display dan pengiriman data menggunakan LoRa E220
9. LoRa E220 berfungsi sebagai output di rangkaian transmitter dan input pada rangkaian receiver.
10. Pada rangkaian receiver data yang diterima akan diolah oleh ESP dan dilakukan penyimpanan.
11. Data tersebut akan ditampilkan pada LCD 16x2 yang terhubung pada rangkaian.
12. Data juga akan dikirimkan melalui Arduino Cloud dan Thingspeak.

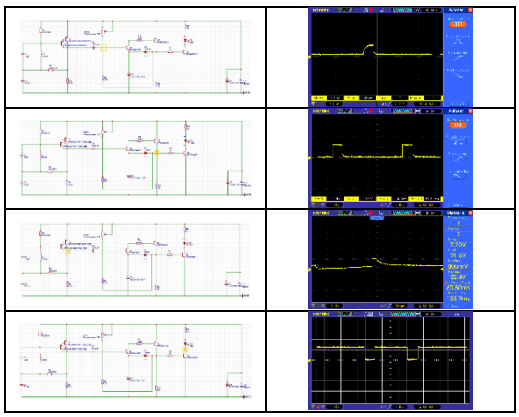
HASIL PENGUKURAN

1. Pengujian Gelombang Osiloskop

Pengujian ini menggunakan osiloskop, tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui bentuk gelombang keluaran dari komponen yang ada di rangkaian detektor petir. Pengujian ini juga dilakukan untuk melihat kestabilan sinyal ketika rangkaian menerima gangguan elektromagnetik yang berasal dari sambaran petir.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Gelombang Osiloskop

Titik Pengujian	Hasil Gelombang



2. Pengukuran Mode *Boost Converter*

Pengukuran pengisian baterai menggunakan solar panel 50 WP untuk mengisi dua buah baterai 12 volt 5 AH yang disusun secara seri. Pada mode ini baterai terus menerus diisi dengan menggunakan mode *boost converter* dengan tengngan minimal 27,3 volt.

Dari hasil pengukuran didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 2. Pengukuran Jarak Kirim LoRa E220-900T22D

Jarak (m)	Peta	Status
181,74		Terkirim
542,07		Terkirim
850,41		Terkirim
1.220		Tidak Terkirim

ANALISIS

Pengujian pada gelombang mendapatkan hasil yang berbeda beda, hasil yang didapatkan berbeda karena pada rangkaian detektor petir sebagai sensor yang dapat menangkap petir terbentuk dari berbagai komponen elektrikal pasif yang disusun sebagai komponen utama dalam mendeteksi sinyal sambaran petir. Pengujian dengan osiloskop digunakan untuk melihat hasil gelombang yang terbentuk ketika adanya sambaran yang terjadi, terlebih dari itu untuk melihat fungsi komponen bekerja dengan baik atau tidak. Pada pengujian jarak LoRa, pengiriman data terpengaruhi oleh halangan yang ada. Halangan tersebut adalah rumah, pohon, tiang, gedung, bahkan makhluk hidup. Halangan itu mempengaruhi jarak kirim data, jarak kirim data yang dillakukan mulai dari jarak 180 meter sampai 850 meter data dapat diterima, namun pengujian pada 1220 meter data tidak diterima.

KESIMPULAN

1. Sistem monitoring sambaran petir berbasis ESP32 dan modul LoRa berhasil dibuat dan mampu mendeteksi aktivitas elektromagnetik sambaran petir di sekitar alat.
2. Rangkaian detektor berbasis komponen pasif (resistor, kapasitor, induktor, dioda, dan transistor) berhasil menghasilkan sinyal digital yang dapat dibaca oleh mikrokontroler sebagai indikasi adanya sambaran petir.
3. ESP32 berhasil berfungsi sebagai pusat pemrosesan sinyal detektor, mengonversi output rangkaian menjadi data digital, menampilkan hasil pada LCD, serta mengirimkan data deteksi melalui modul LoRa ke receiver.
4. Modul LoRa E220-900T22D mampu mengirimkan data deteksi secara nirkabel dengan stabil, sehingga sistem dapat digunakan untuk pemantauan jarak jauh di lokasi yang tidak terjangkau jaringan WiFi. Dengan syarat jarak pengiriman dan penerimaan data berjalan baik sepanjang kedua unit berada dalam jangkauan LoRa.
5. Integrasi sistem tenaga berbasis panel surya dan baterai 18650 memungkinkan perangkat bekerja secara mandiri, sehingga sistem dapat ditempatkan di area terbuka atau lokasi terpencil tanpa bergantung pada sumber listrik PLN.

SARAN

1. Menambahkan sistem notifikasi otomatis, misalnya melalui aplikasi Android atau Telegram, ketika terjadi sambaran petir sehingga pengguna mendapatkan informasi real-time.
2. Rancang casing alat yang tahan cuaca dan kelembapan, khususnya bila alat dipasang di luar ruangan, agar umur pakai perangkat elektronik lebih panjang.
3. Optimasi catu daya mandiri dengan menambahkan sistem proteksi baterai (BMS) dan panel surya berkapasitas lebih tinggi jika alat diletakkan pada area minim cahaya.
4. Mengembangkan mekanisme analitik seperti algoritma perhitungan intensitas sambaran

untuk menentukan korelasi dengan tingkat proteksi petir dalam suatu wilayah.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anggraini, N. (2021). Sistem Monitoring Alat Proteksi Petir Berbasis Web Menggunakan ESP8266.
2. Ardiyanto, D. R. (2021). Rancang Bangun Monitoring Lightning Counter Berbasis Aplikasi Arduino.
3. Handayani, A. B. (2008). Studi Sistem Proteksi Pentanahan Pada BTS Tipe SST di BSC Jember.
4. Dogra, A., Kaur, H., & Chauhan, N.. 2020. A review of ESP32 microcontroller. International Journal of Advanced Research in Computer Science, Vol. 11(2), 5–10.
5. Siregar, V., Kurniawan , D., Simanjuntak, R. A., Silitonga, J. S., Gea, S., & Rambe, R. A. (2022). Makalah Teknik Elektro Dasar Induktor.
6. Darmana, T., & Koerniawan, T. (2017). Perancangan Rangkaian Penguat Daya dengan Transistor.