Jurnal MOSFET
Vol. 05 No. 02, Juli – Desember 2025, pp. 175-187, eISSN: 2775-5274
http://jurnal.umpar.ac.id/index.php/jmosfet
DOI: https://doi.org/10.31850/jmosfet.v5i2.3971

Analisis Sistem Monitoring dan Perancangan Alat Pendeteksi Kemiringan Tiang Listrik dan Kerusakan Lampu Penerangan Jalan Umum (LPJU) Berbasis Internet of Things (IoT)

Andi Muhammad Resky[1*], Wardi[2], Abdul Latief Arda[3]

[1,3]*Program Studi Sistem Komputer, Universitas Handayani Makassar, Indonesia*
[2]*Program Studi Teknik Elektro, Universitas Hasanuddin, Indonesia*
**Email : zkydroid@email.com*

Abstract: This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based monitoring system for detecting electric pole tilt and Public Street Lighting (LPJU) failures. Stable pole structures and optimal street lighting are critical to ensure public safety and comfort, especially at night. However, manual inspections are inefficient and often fail to provide early detection of infrastructure damage. The system was developed using NodeMCU ESP8266 integrated with a potentiometer-based tilt sensor and a voltage sensor. The sensors acquire data on pole tilt and LPJU status, which are transmitted via Wi-Fi to a web-based monitoring application. Experimental procedures were carried out through laboratory testing and limited field simulations to evaluate both hardware and software performance. The test results show that the tilt sensor provides a linear response between the tilt angle and the output voltage, allowing accurate detection of pole inclination. In addition, the system successfully identified LPJU conditions (on/off) and displayed them in real-time on the monitoring dashboard. In conclusion, the proposed IoT-based monitoring system has proven reliable in detecting pole tilt and LPJU failures. This approach not only improves the efficiency of infrastructure maintenance but also contributes to the development of smart city solutions through more advanced and real-time monitoring technologies.

Keywords: Street Lighting, IoT, Monitoring, Electric Pole Tilt, ESP8266

1. PENDAHULUAN

Penerangan jalan umum (LPJU) memiliki peran vital dalam menunjang keselamatan dan kenyamanan masyarakat, khususnya dalam aktivitas malam hari di area perkotaan maupun pinggiran kota. Keberadaan sistem LPJU yang berfungsi optimal tidak hanya meningkatkan visibilitas pengguna jalan, tetapi juga berkontribusi terhadap pengurangan risiko kecelakaan lalu lintas dan tindak kriminalitas. Namun, permasalahan yang sering terjadi di lapangan adalah kerusakan lampu penerangan dan kemiringan tiang listrik yang tidak terdeteksi secara dini. Hal ini menyebabkan keterlambatan dalam penanganan serta berpotensi menimbulkan gangguan serius terhadap keselamatan pengguna jalan dan stabilitas distribusi energi listrik.

Secara teknis, kemiringan tiang listrik dapat berdampak pada kestabilan struktur dan memicu potensi kerusakan jaringan distribusi. Sementara itu, kerusakan pada lampu jalan yang tidak segera diperbaiki menyebabkan area menjadi gelap, yang secara langsung mengurangi tingkat keselamatan dan kenyamanan publik. Pemantauan kondisi infrastruktur seperti ini umumnya masih dilakukan secara manual dan berkala, yang membutuhkan sumber daya besar serta tidak efisien dalam merespons gangguan secara *real-time*.

Sejumlah penelitian terdahulu telah menunjukkan potensi teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam meningkatkan efektivitas sistem monitoring infrastruktur kota. Studi oleh Samsinar et al. (2021) dan Laby et al. (2022) menegaskan bahwa penerapan sistem berbasis IoT memungkinkan pemantauan kondisi LPJU secara *real-time*, sehingga mendukung deteksi dini dan perbaikan yang lebih cepat. Di sisi lain, studi oleh Harri et al. (2019) mengkaji

dampak kemiringan struktur tiang terhadap daya dukung, menunjukkan pentingnya pemantauan parameter geometris sebagai bagian dari pemeliharaan infrastruktur.

Meskipun telah terdapat berbagai inisiatif dalam merancang sistem monitoring LPJU, sebagian besar masih berfokus pada aspek tunggal, seperti kerusakan lampu atau notifikasi via SMS tanpa integrasi penuh berbasis IoT. Celah ini menjadi landasan untuk dikembangkannya sistem yang lebih komprehensif. Salah satunya adalah integrasi pemantauan kemiringan tiang dan kerusakan lampu LPJU dalam satu platform berbasis IoT, yang memungkinkan akuisisi data, pengolahan, dan pengiriman notifikasi secara otomatis dan efisien.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring terpadu berbasis IoT yang mampu mendeteksi kemiringan tiang listrik serta kerusakan LPJU secara real-time. Sistem ini diharapkan dapat mendukung upaya peningkatan keselamatan publik, efisiensi pemeliharaan, dan pembangunan infrastruktur yang berkelanjutan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian rekayasa *(engineering research)* dengan pendekatan eksperimen laboratorium dan simulasi lapangan. Tujuan utama dari penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) untuk mendeteksi kemiringan tiang dan kerusakan lampu LPJU secara otomatis dan *real-time*.

2.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kota Parepare, dengan pengujian sistem dilakukan di area simulasi lapangan terbatas. Waktu pelaksanaan penelitian berlangsung selama empat bulan, yaitu dari November 2023 hingga Februari 2024.

2.3. Alat dan Bahan

Tabel 1. Alat dan Bahan Penelitian

No.	Nama	Jumlah	Keterangan
1.	Node MCU ESP 8266	2	32-bit
2.	Sensor Kemiringan (Potensiometer)	2	3.3 V
3.	Dioda IN4007	2	
4.	Resistor 100 kΩ	2	100 kΩ
5.	Optoisolator PC817	2	
6.	Resistor 4.7 kΩ	2	4.7 kΩ

2.4. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara: Studi Pustaka, Pengumpulan Data Lapangan, Eksperimen dan Pengujian Alat.

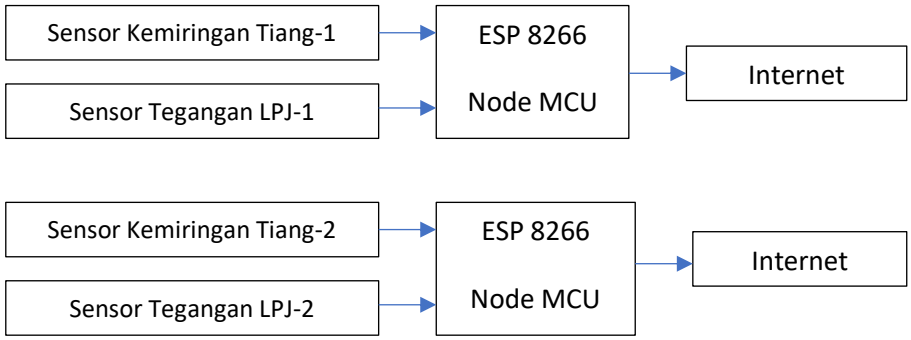
- Studi Pustaka dilakukan untuk mengumpulkan data sekunder melalui buku, jurnal, dan internet terkait informasi LPJU dan IoT.
- Pengumpulan Data Lapangan dilakukan melalui observasi dan pencatatan kondisi kemiringan tiang dan kerusajakan LPJU secara langsung.

- Pengujian Sistem dilakukan di area simulasi lapangan terbatas, pengujian meliputi pengujian perangkat keras dan perangkat lunak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada dasarnya Sistem Monitoring dan Alat Pendeteksi Kemiringan Tiang Listrik dan Kerusakan Lampu Penerangan Jalan Umum (LPJU) Berbasis *Internet Of Things (IoT)* terdiri dari dua bagian yaitu perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras terdiri dari IoT ESP8266, Potensiometer dan Rangkaian Pendeteksi Tegangan Listrik. Sedangkan perangkat lunaknya terdiri dari perangkat lunak pada ESP8266 menggunakan bahasa C dan aplikasi mobile monitoring menggunakan android studio (kotlin).

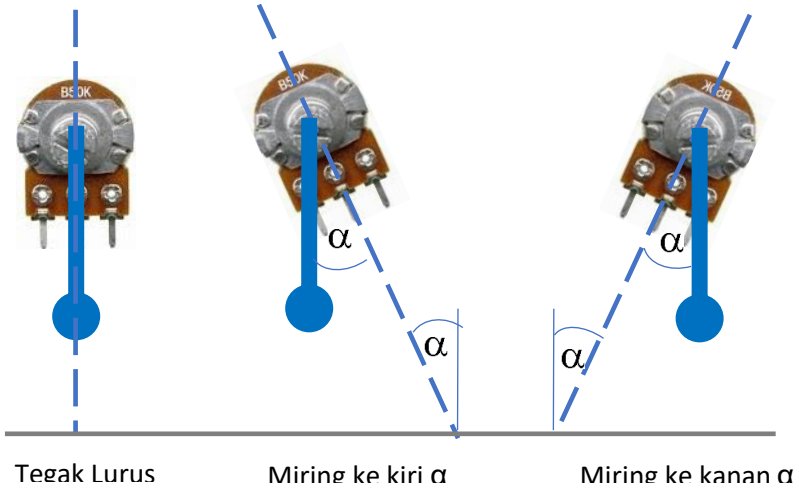
3.1. Rancangan Perangkat Keras



Gambar 1. Blok diagram perankat keras.

3.1.1. Sensor Kemiringan

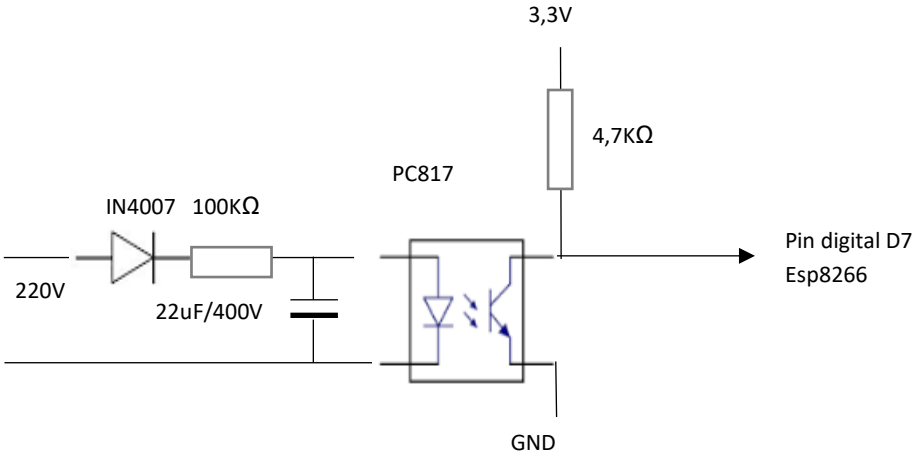
Sensor kemiringan tiang berfungsi untuk mendeteksi nilai kemiringan tiang dalam bentuk derajat. Dalam rancangan ini, digunakan variabel resistor atau biasa disebut potensiometer. Rangkaian sensor kemiringan tiang dirancang dalam bentuk seperti pendulum/bandul dengan menempatkan potensiometer pada porosnya sehingga ketika tiang dalam kondisi miring, bandul akan memutar potensiometer karena mempertahankan posisinya secara vertikal akibat gaya gravitasi. Dengan berputarnya potensiometer menyebabkan perubahan nilai resistansi pada potensiometer tersebut.



Gambar 2. Sensor kemiringan.

3.1.2. Sensor Tegangan

Rangkaian sensor tegangan Lampu Penerangan Jalan (LPJ) berfungsi untuk medeteksi ada tidaknya tegangan pada Lampu Penerangan Jalan. Oleh karena sumber tegangan LPJ adalah 220V, maka perlu turunkan menjadi tegangan 3,3V agar dapat dihubungkan ke pin digital ESP8266. Untuk keperluan ini digunakan dioda IN4007, Resistor 100KΩ, Resistor 4,7KΩ, Kapasitor 22uF/400V, dan *Optocoupler* PC817. Gambar rangkaian sensor tegangan LPJ adalah sebagai berikut :



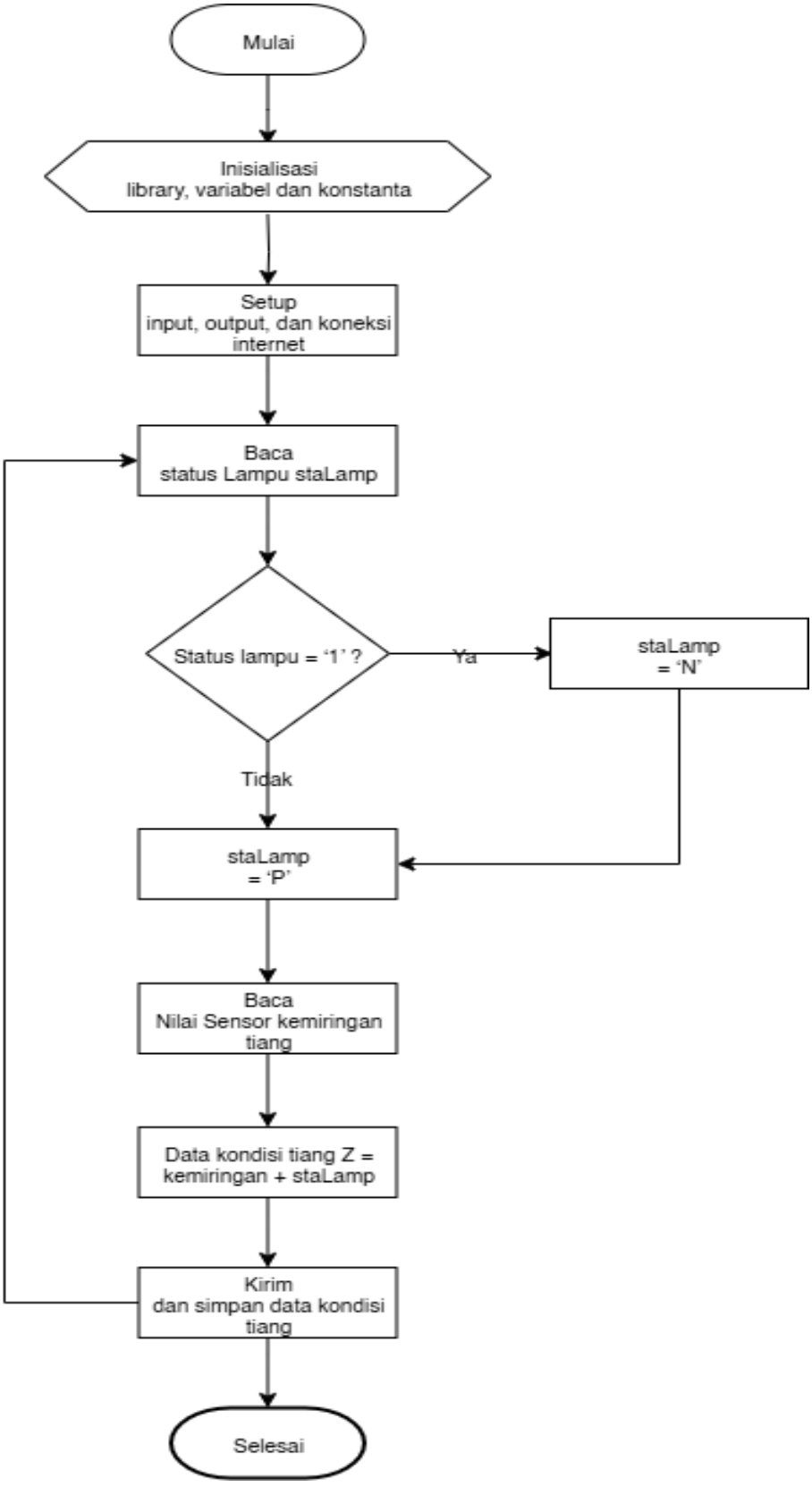
Gambar 3. Sensor tegangan.

Pada saat ada tegangan pada sumber LPJ, maka foto dioda pada *optocoupler* pc817 akan memancarkan cahaya. Cahaya tersebut akan diterima oleh fototransistor yang menyebabkan output rangkaian terhubung singkat ke GND. Dengan demikian pin digital D7 arduino akan menerima logika 0. Sebaliknya, jika sumber tegangan LPJ tidak ada, maka foto dioda pada *optocoupler* pc817 tidak memancarkan cahaya sehingga output rangkaian berlogika 1.

3.2. Rancangan Perangkat Lunak

3.2.1. Perangkat Lunak ESP8266

Perangkat lunak ESP8266 menggunakan Bahasa Pemrograman C yang ditulis pada Arduino IDE. Fungsi utama dari Perangkat lunak ESP8266 adalah membaca data sensor kemiringan tiang, membaca data status sensor tegangan LPJ dan mengirimkan kedua data tersebut ke link database untuk penyimpanan database. Diagram alir perangkat lunak ditunjukkan dalam gambar di bawah ini.



Gambar 4. Diagram Alir Perangkat Lunak ESP8266.

Sistem dimulai dengan inisialisasi ESP8266, termasuk pemuatan library, variabel, dan konstanta yang diperlukan. Selanjutnya, perangkat menyiapkan *input/output* sensor serta koneksi internet. Sistem membaca status Lampu Penerangan Jalan Umum (LPJU) dan mengklasifikasikannya sebagai 'Nyala' atau 'Padam'. Setelah itu, sensor kemiringan membaca sudut tiang listrik untuk mendeteksi potensi kerusakan. Informasi status lampu dan kemiringan digabungkan menjadi satu variabel kondisi, yang kemudian dikirimkan ke server atau *cloud* untuk pemantauan dan analisis. Proses ini berlangsung secara berkala dan berulang, mendukung sistem monitoring yang real-time dan responsif.

3.2.2.Perangkat Lunak Sistem Monitoring

Perangkat Lunak Sistem Monitoring dibangun menggunakan Bahasa Pemrograman HTML, CSS, JavaScript dan PHP. Fungsi utama dari Perangkat lunak sistem monitoring ini adalah membaca dan menampilkan data kondisi tiang 1 dan tiang 2 secara *real time* dari *database*.

Sebagaimana telah dikemukanan sebelumnya bahwa database yang berisikan kondisi tiang, datanya diperbaharui oleh ESP8266 hasil pembacaan langsung dari sensor baik dari sensor kemiringan maupun sensor tegangan LPJ. Adapun nama databasenya adalah websensor dan nama tabelnya adalah sensor. Struktur tabel sensor diperlihatkan dalam tabel berikut ini:

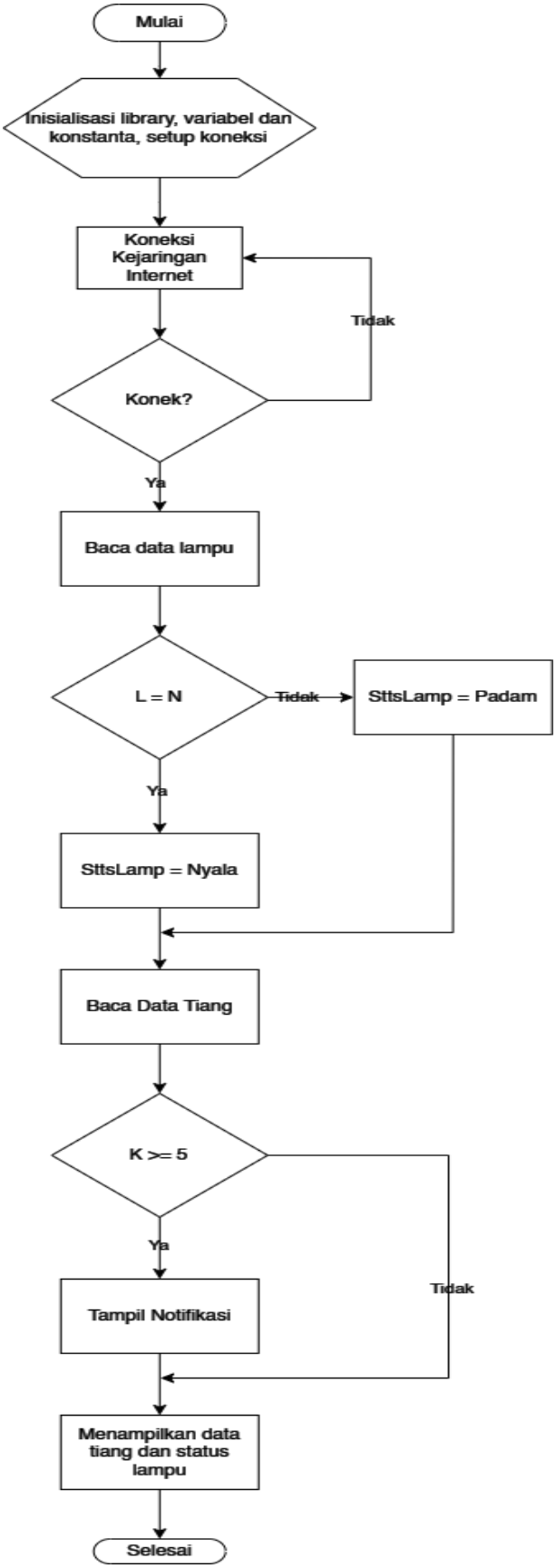
Tabel 2. Struktur Tabel sensor

Nama field	Type Data
Tiang1	Varchar(5)
Tiang2	Varchar(5)

Data yang disimpan di dalam Tabel 2 sensor untuk tiap-tiap tiang mempunyai format : ± K L, dimana K adalah nilai sudut kemiringan tiang, tanda '+' menunjukkan tiang miring ke depan, tanda '-' menunjukkan tiang miring kebelakang dan L adalah kondisi LPJ. Jika L berisi karakter N maka kondisi LPJ menyala sedangkan jika L berisi karakter P maka kondisi LPJ padam. Sebagai contoh :

-14N = tiang miring 14 derajat ke belakang dan kondisi LPJ Nyala.

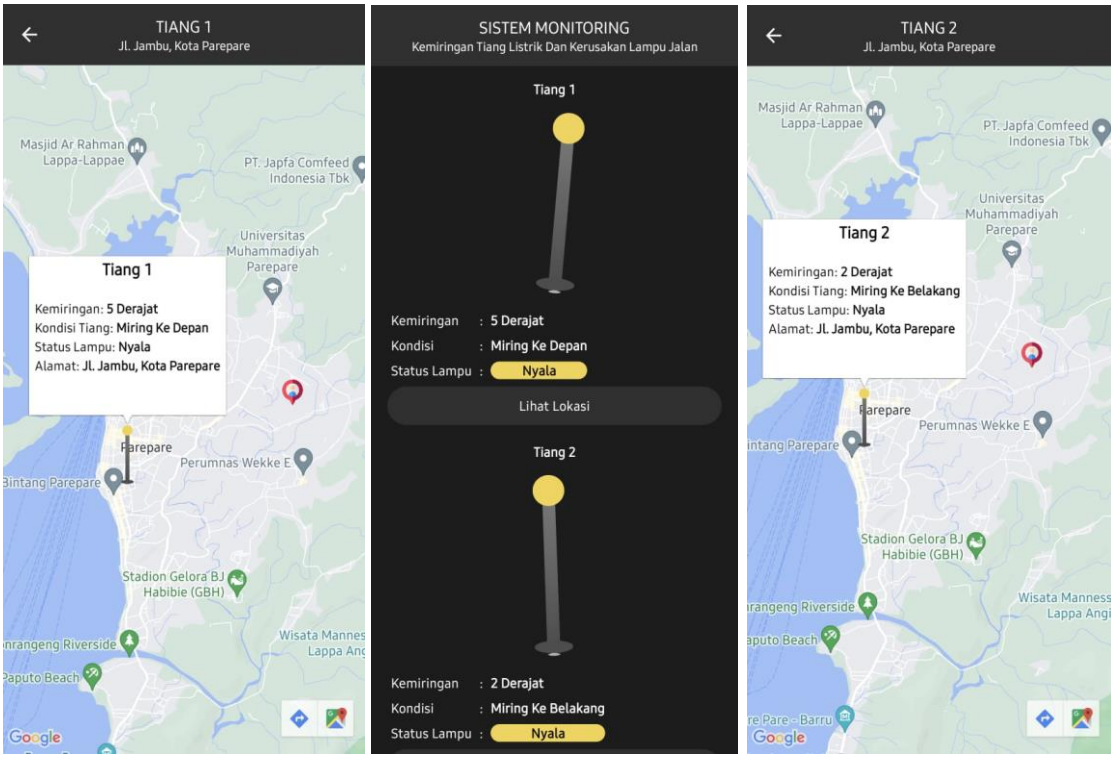
23P = tiang miring 23 derajat ke depan dan kondisi LPJ Padam.



Gambar 5. Diagram Alir Perangkat Lunak Sistem Monitoring.

Sistem monitoring berbasis aplikasi dimulai dengan inisialisasi library, variabel, dan koneksi internet. Setelah memastikan koneksi jaringan tersedia, sistem membaca data dari sensor status lampu penerangan jalan umum (LPJU) dan menentukan apakah lampu dalam kondisi nyala atau padam. Selanjutnya, sensor kemiringan membaca sudut tiang listrik. Jika sudut kemiringan mencapai atau melebihi ambang batas 5 derajat, sistem menampilkan notifikasi peringatan. Semua informasi—baik status lampu maupun kemiringan tiang—ditampilkan secara real-time kepada pengguna untuk mendukung pengambilan keputusan cepat. Proses monitoring ini berlangsung secara kontinu untuk memastikan keamanan dan keandalan infrastruktur.

3.2.3.Tampilan Aplikasi



Gambar 6. Tampilan antarmuka/dashboard aplikasi.

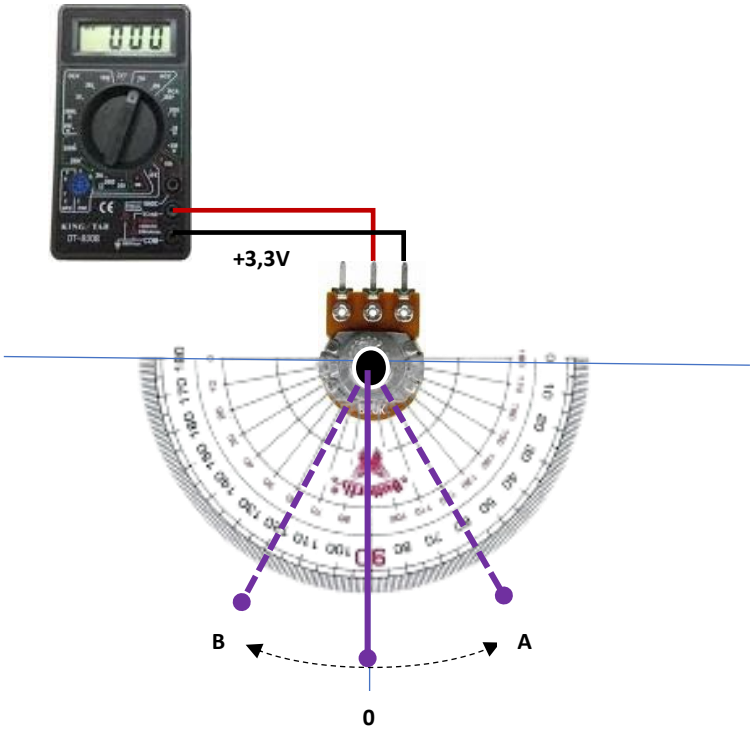
Gambar di atas antarmuka dari aplikasi monitoring yang digunakan untuk mendeteksi kemiringan tiang listrik dan status lampu penerangan jalan umum (LPJU). Aplikasi ini memberikan informasi secara *real-time* mengenai kondisi tiang dan lampu jalan, yang bertujuan untuk mempermudah pemantauan serta penanganan potensi bahaya terkait infrastruktur penerangan jalan.

a. Tiang 1:
   1) Kemiringan: 5 derajat.
   2) Kondisi: Miring ke depan.
   3) Status Lampu: Nyala (indikasi warna kuning), menandakan bahwa lampu masih berfungsi dengan baik.

b. Tiang 2:
   1) Kemiringan: 2 derajat.
   2) Kondisi: Miring ke belakang.
   3) Status Lampu: Padam (indikasi warna kuning), men menandakan bahwa lampu masih berfungsi dengan baik.

3.3. Pengujian dan Kalibrasi Hardware

3.3.1.Pengujian dan Kalibrasi Rangkaian Sensor Kemiringan Tiang



Gambar 7. Rangkaian Pengujian Sensor Kemiringan

Pengujian dilakukan dengan menyusun rangkaian seperti ditunjukkan pada Gambar 7, di mana pendulum ditempatkan pada posisi tegak lurus (90°) dan knop potensiometer diposisikan pada nilai tengah, yaitu 5 kΩ dari total nilai potensiometer sebesar 10 kΩ. Pada kondisi awal ini, nilai tegangan yang terbaca pada multimeter dicatat, dengan sudut busur menunjukkan 90°. Hubungan antara kemiringan tiang (α) dan sudut terbaca pada busur (θ) dinyatakan dengan persamaan:

$$\alpha = 90^{\circ} - \theta$$

Selanjutnya, pendulum digeser ke posisi 85° ke arah A. Nilai tegangan yang terbaca pada multimeter serta sudut pada busur dicatat. Prosedur yang sama diulangi untuk posisi 80°, 75°, 70°, 65°, dan 60°. Setelah itu, pendulum digeser ke arah B dengan posisi 95°, kemudian dilakukan pencatatan nilai tegangan dan sudut busur. Prosedur ini diulangi untuk posisi 100°, 105°, 110°, 115°, dan 120°. Hasil pengujian dan kalibrasi rangkaian sensor kemiringan ditunjukkan pada Tabel 3.

Berdasarkan data pengukuran pada Tabel 3, tanda negatif pada sudut tiang terhadap sumbu Y menunjukkan bahwa tiang mengalami kemiringan ke arah belakang, sedangkan nilai positif menandakan kemiringan ke arah depan. Sudut 90° ditetapkan sebagai acuan sudut 0° (posisi tegak lurus) karena sumbu pengukuran kemiringan tiang adalah sumbu Y. Pada sudut 60°, potensiometer menghasilkan tegangan sebesar 1,25 V sesuai pembacaan busur, sedangkan pada sudut 120° tegangan yang dihasilkan sebesar 2,09

V. Tegangan keluaran potensiometer ini kemudian dibaca oleh pin analog pada ESP8266 dan selanjutnya dikonversi menjadi besaran sudut dalam satuan derajat.

Tabel 3. Hasil pengujian dan kalibrasi sensor kemiringan

Sudut Busur θ	Nilai Tegangan Terbaca	Sudut tiang terhadap sumbu Y α = 90 – θ
60°	1,25 V	30°
65°	1,33 V	25°
70°	1,39 V	20°
75°	1,45 V	15°
80°	1,52 V	10°
85°	1,60 V	5°
90°	1,67 V	0°
95°	1,74 V	-5°
100°	1,80 V	-10°
105°	1,88 V	-15°
110°	1,95 V	-20°
115°	2.02 V	-25°
120°	2,09 V	-30°

Hasil ini menunjukkan adanya hubungan yang relatif linier antara sudut kemiringan dan tegangan keluaran potensiometer. Semakin besar sudut kemiringan dari posisi tegak lurus, semakin tinggi pula tegangan yang terbaca pada multimeter maupun ESP8266. Dengan demikian, potensiometer dapat berfungsi sebagai sensor sudut sederhana yang memberikan respon tegangan proporsional terhadap perubahan sudut kemiringan tiang. Hubungan ini penting untuk proses kalibrasi, karena memungkinkan konversi data tegangan menjadi sudut dengan tingkat akurasi yang memadai untuk aplikasi sistem kendali berbasis mikrokontroler.

3.4. Pengujian Keseluruhan Sitem

Pengujian sistem secara menyeluruh dilakukan untuk mengevaluasi kesesuaian fungsi antara perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dirancang. Tabel 4 menyajikan data hasil pengujian yang digunakan sebagai dasar analisis kinerja sistem.

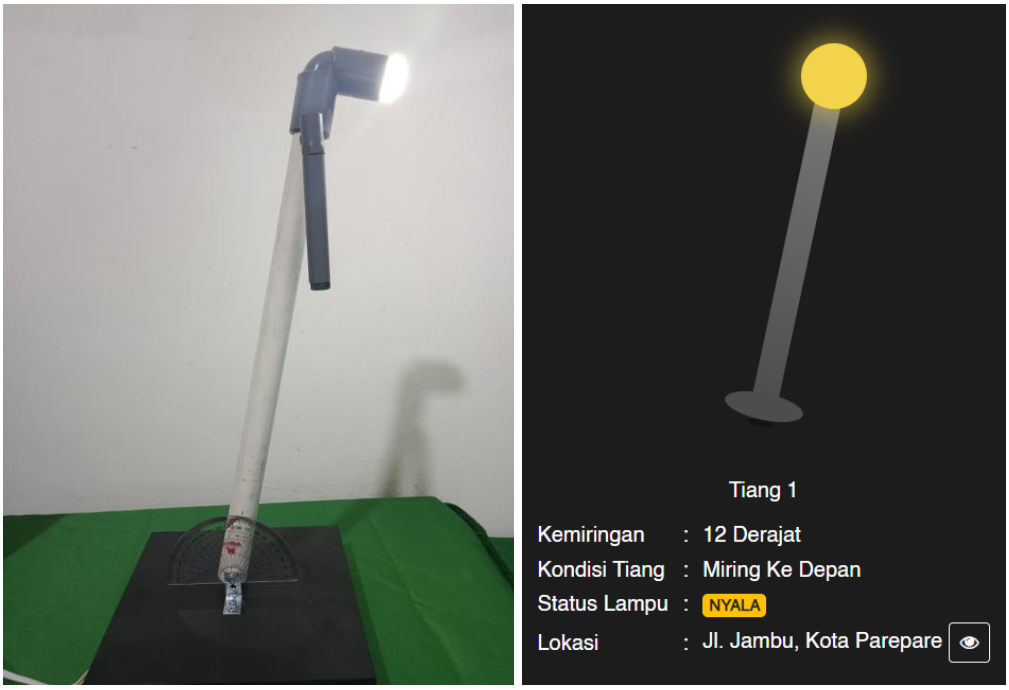
Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan kemiringan tiang dan memberikan respon sesuai dengan rancangan. Pada kemiringan kecil (4° ke belakang), status lampu tetap padam karena sistem mendeteksi kondisi masih dalam batas aman. Namun, pada kemiringan lebih besar, baik 12° maupun 20° ke depan, sistem memberikan respon aktif dengan menyalakan lampu peringatan. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem memiliki ambang batas tertentu dalam membedakan kondisi normal dan kondisi berbahaya.

Tabel 4 Hasil Pengujian Sistem Deteksi Kemiringan Tiang

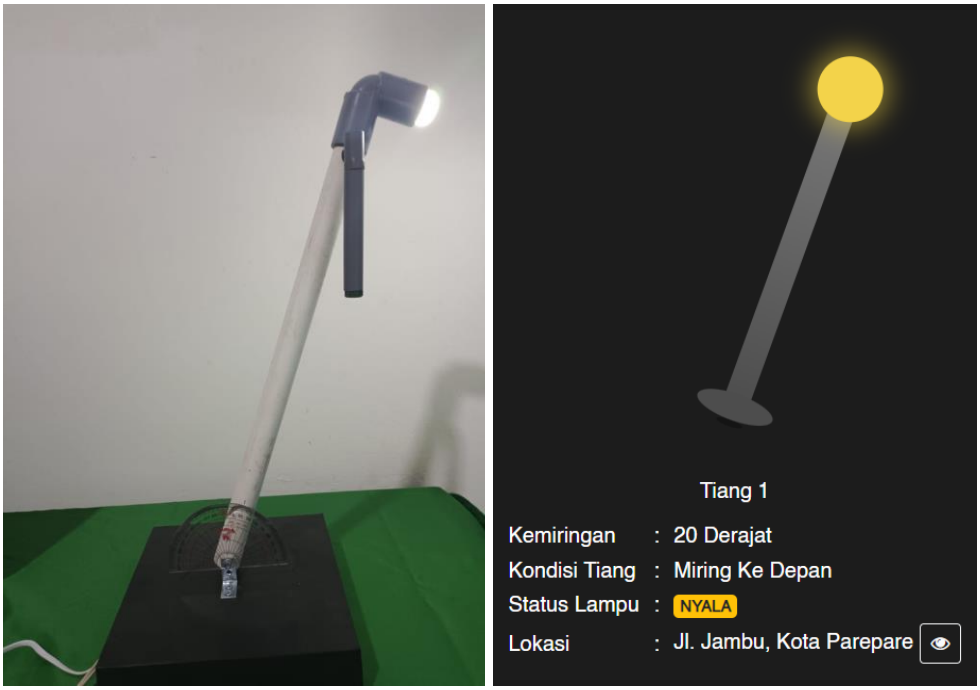
Kemiringan Tiang	Tegangan LPJ	Data pada Aplikasi	Kondisi	Status Lampu
4° ke belakang	OFF	Kemiringan: 4°	Miring ke belakang	Padam
12° ke depan	ON	Kemiringan: 12°	Miring ke depan	Nyala
20° ke depan	ON	Kemiringan: 20°	Miring ke depan	Nyala

Data pada aplikasi juga konsisten dengan kondisi aktual tiang, baik dari sisi sudut kemiringan maupun status lampu. Konsistensi ini menunjukkan bahwa integrasi sensor, mikrokontroler (ESP8266), dan aplikasi monitoring telah berjalan sesuai fungsi. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya mendeteksi sudut kemiringan, tetapi juga mampu memberikan peringatan visual secara *real-time* melalui nyala lampu dan tampilan aplikasi. Gambar tampilan aplikasi dan simulator tiang ditunjukkan pada Gambar 8.

(a)



(b)



(c)

Gambar 8. Tampilan Aplikasi dan Simulator Tiang:
(a) Kemiringan 4°; (b) Kemiringan 12°; (c) Kemiringan 20°

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, sistem deteksi kemiringan tiang yang dirancang dengan memanfaatkan sensor potensiometer dan mikrokontroler ESP8266 mampu berfungsi dengan baik, baik pada sisi perangkat keras maupun perangkat lunak. Sistem dapat mendeteksi perubahan sudut kemiringan secara akurat dan menampilkan data tersebut pada aplikasi monitoring secara *real-time*. Selain itu, respon sistem terhadap perubahan sudut menunjukkan konsistensi yang sesuai dengan rancangan, di mana status lampu peringatan menyala ketika sudut kemiringan melewati batas yang ditentukan dan padam pada kondisi normal.

Hasil ini membuktikan bahwa sistem yang dikembangkan memiliki keandalan dalam mendeteksi dan memantau kondisi kemiringan tiang, serta dapat menjadi dasar untuk penerapan lebih lanjut pada sistem monitoring berbasis IoT dengan cakupan yang lebih luas.

REFERENSI

Harri, C., & Susilo, A. J. (2019). Pengaruh sudut kemiringan tiang pancang batter pile terhadap daya dukung aksial dan lateral. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 19-25.

Laby, R. J. A., Joewono, A., & Angka, P. R. (2022). Sistem Penerangan Jalan Umum Berbasis IoT (Internet Of Things). *Widya Teknik*, *20*(2), 95-104.

Putra, I. G. A., Amrita, A. A. N., & Suyadnya, I. M. A. (2018). Rancang Bangun Alat Monitoring Kerusakan Lampu Penerangan Jalan Umum Berbasis Mikrokontroler dengan Notifikasi SMS. *Journal of Computer Science and Informatics Engineering (J-Cosine)*, *2*(2), 90-99.

Samsinar, R., Fadliondi, F., & Cahyadi, D. (2021). Sistem Monitoring dan Perancangan Alat Pendeteksi Kerusakan Lampu Penerangan Jalan Umum (LPJU) Otomatis Berbasis Internet of Thing (Iot). *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, *4*(2), 169-172.

Wahyusari, R., Saputro, T. A., & Wibowo, L. (2023). RANCANG BANGUN PROTOTIPE KONTROL DAN DETEKSI KERUSAKAN LAMPU PENERANGAN JALAN BERBASIS INTERNET OF THINGS. *Jurnal Informatika dan Rekayasa Elektronik*, *6*(2), 214-219.