



Rancang Bangun Alat dan Sistem Pendeteksi Benda Asing pada Jaringan Listrik Sutm PLN ULP Palabuhanratu Untuk Meningkatkan Keandalan Pasokan Listrik

Muhammad Rodi, Marina Artiyasa

¹²Fakultas Teknik, Desain Dan Komputer, Teknik Elektro, Universitas Nusaputra

muhammad.rodi_te22@nusaputra.ac.id, marina@nusaputra.ac.id

Abstrak

Keandalan pasokan tenaga listrik merupakan salah satu aspek penting dalam menjaga kontinuitas pelayanan listrik kepada masyarakat maupun sektor industri. Salah satu penyebab gangguan pada jaringan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) adalah keberadaan benda asing, seperti ranting pohon, layang-layang, tali rafia, plastik, dan hewan yang menempel atau berada di sekitar konduktor. Gangguan tersebut berpotensi menyebabkan hubung singkat, pemadaman listrik, serta menurunkan keandalan sistem distribusi. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu mendeteksi keberadaan benda asing secara dini sehingga tindakan pencegahan dapat dilakukan sebelum terjadi gangguan yang lebih besar. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pendeteksi benda asing skala prototipe pada jaringan SUTM berbasis ESP32 untuk monitoring gangguan secara real-time. Sistem dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali yang diintegrasikan dengan dua sensor proximity E18-D80NK sebagai pendeteksi objek, ESP32-CAM untuk mengambil gambar objek, modul GPS Neo-6M untuk memperoleh koordinat lokasi, motor servo sebagai pengarah kamera, LCD I2C 16×2 sebagai media informasi lokal, buzzer dan LED sebagai indikator peringatan, serta Telegram Bot dan Google Spreadsheet sebagai media notifikasi dan penyimpanan data berbasis Internet of Things (IoT). Pengembangan perangkat lunak dilakukan menggunakan Arduino IDE, sedangkan penyimpanan data dilakukan melalui Google Apps Script yang terhubung dengan Google Spreadsheet. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi keberadaan benda asing secara otomatis sesuai dengan jangkauan sensor yang digunakan, mengambil gambar objek, menampilkan status pada LCD, mengaktifkan buzzer dan LED, mengirimkan notifikasi beserta foto dan koordinat lokasi melalui Telegram, serta menyimpan data hasil deteksi ke Google Spreadsheet secara real-time. Berdasarkan hasil pengujian, sistem memiliki tingkat keberhasilan deteksi yang tinggi dan mampu bekerja secara stabil pada skala prototipe. Implementasi sistem ini diharapkan dapat membantu petugas dalam melakukan monitoring dan identifikasi dini terhadap potensi gangguan pada jaringan SUTM sehingga dapat meningkatkan keandalan, efektivitas pemeliharaan, serta kontinuitas penyaluran tenaga listrik.

Kata Kunci: ESP32, sensor proximity E18-D80NK, ESP32-CAM, Internet of Things (IoT), jaringan SUTM, monitoring real-time, Telegram Bot

1. Latar Belakang

Energi listrik merupakan kebutuhan utama dalam menunjang aktivitas masyarakat modern, mulai dari sektor rumah tangga, bisnis, industri, hingga infrastruktur publik. Kontinuitas pasokan listrik yang andal menjadi salah satu indikator kualitas layanan penyedia listrik dalam mendukung kegiatan sosial ekonomi masyarakat. PLN sebagai penyedia listrik nasional memiliki tanggung jawab besar dalam memastikan bahwa energi listrik dapat disalurkan secara aman, stabil, dan minim gangguan. Tantangan keandalan ini semakin relevan mengingat jaringan distribusi tradisional seringkali dinilai kurang cukup pintar untuk memenuhi kebutuhan pasokan listrik yang andal.

Namun dalam praktiknya, sistem distribusi tenaga listrik sering menghadapi tantangan yang dapat mengurangi tingkat keandalan pasokan. Salah satu faktor dominan penyebab gangguan adalah adanya benda asing pada jaringan listrik, seperti ranting pohon yang menyentuh konduktor, hewan liar yang melintas di gardu atau jaringan, serta layang-layang yang tersangkut pada penghantar (Adawiyah & Amri, 2025; Agista, 2023). Benda-benda tersebut berpotensi menimbulkan hubung singkat (short circuit), ketidakseimbangan beban, menurunkan kualitas tegangan, bahkan menyebabkan pemadaman listrik yang berdampak luas bagi pelanggan. Selain kerugian finansial akibat terhentinya aktivitas masyarakat, gangguan listrik juga dapat menurunkan kepercayaan pelanggan terhadap kualitas pelayanan PLN. Data keandalan sistem seperti SAIDI (System Average Interruption Duration Index) dan SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) di beberapa wilayah ULP PLN menunjukkan nilai yang masih melampaui standar yang ditetapkan (Adawiyah & Amri, 2025;

Setiawan & Suheta, 2020), mengindikasikan ruang perbaikan yang signifikan dalam manajemen gangguan.

Secara global, peningkatan keandalan jaringan distribusi menjadi fokus berbagai penelitian dan inovasi teknologi. Salah satu pendekatan yang banyak dikaji adalah otomatisasi jaringan menggunakan perangkat seperti *Remote-Controlled Switch* (RCS), yang terbukti dapat secara signifikan mempersingkat durasi gangguan dan meningkatkan indeks keandalan (Hammam, 2024). Di dalam negeri, upaya serupa juga telah dilakukan. Contohnya, penelitian di PT PLN ULTG Surakarta berhasil merancang sistem pemantauan benda asing pada kawat tanah (*Ground Steel Wire*) Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV menggunakan robot berbasis Internet of Things (IoT). Sistem ini menunjukkan keandalan tinggi dengan akurasi deteksi mencapai 90% (Rahmatullah, 2024). Di sisi lain, PLN juga aktif berinovasi dalam metode penanganan (*reactive*) gangguan, misalnya dengan mengembangkan dan menggunakan "*flamethrower drone*" untuk mengevakuasi benang layang-layang yang tersangkut di jaringan transmisi dengan lebih efisien dan aman (PLN Inovasi Peralatan Evakuasi, 2025).

Berangkat dari konteks tersebut, penelitian ini berfokus untuk mengisi celah (*gap*) pada tahap yang lebih awal dalam manajemen gangguan, yaitu pencegahan (*preventive*). Alat yang

dikembangkan ditujukan untuk jaringan distribusi 20 kV di tingkat ULP, yang merupakan antarmuka terakhir dengan pelanggan dan sering terkena dampak aktivitas lokal (Billinton & Allan, 1996; Brown, 2009). Berbeda dengan robot IoT untuk SUTT yang mungkin kompleks dan mahal, solusi ini mengusung pendekatan yang lebih sederhana dan terjangkau berbasis modul ESP32 Cam. Dengan demikian, inovasi ini dapat diimplementasikan secara lebih luas di berbagai titik kritis pada jaringan distribusi.

PLN ULP Palabuhanratu, sebagai salah satu Unit Layanan Pelanggan yang berada di bawah pengelolaan UP3 Sukabumi, memiliki wilayah kerja dengan karakteristik geografis beragam, meliputi daerah pesisir, perkotaan, hingga perdesaan. Kondisi lingkungan ini menjadikan jaringan distribusi rentan terhadap gangguan eksternal seperti pohon tumbang, aktivitas masyarakat (layang-layang), maupun interaksi hewan liar (Agista, 2023). Untuk menjaga keandalan sistem distribusi di wilayah tersebut, PLN ULP Palabuhanratu bersama mitra teknis seperti PT Haleyora Power rutin melaksanakan inspeksi, perawatan, dan perbaikan jaringan. Meskipun demikian, metode manual ini membutuhkan waktu, tenaga, serta biaya operasional yang cukup besar.

Oleh karena itu, dibutuhkan inovasi berbasis teknologi deteksi dini yang mampu memberikan sinyal peringatan apabila terdapat benda asing mendekati atau menempel pada jaringan. Salah satu solusi yang dikembangkan adalah alat pendeteksi benda asing berbasis mikrokontroler esp 32 cam dengan dukungan sensor ultrasonik sebagai detektor jarak, buzzer dan LED sebagai alarm peringatan, serta motor servo sebagai aktuator tambahan untuk merespons objek (Franco, 2017; Koyanagi, n.d.; Monk, 2020). Dengan sistem ini, teknisi PLN dapat lebih cepat mengidentifikasi potensi gangguan sehingga tindakan preventif atau korektif dapat dilakukan sebelum gangguan berkembang menjadi pemadaman. Kemampuan respons yang cepat dari sistem deteksi dini ini diharapkan dapat berkontribusi langsung pada perbaikan indeks keandalan sistem distribusi, sebagaimana tujuan dari berbagai strategi otomatisasi jaringan (Agarwal et al., 2022). Melalui rancang bangun alat ini, diharapkan terjadi peningkatan efisiensi pemeliharaan jaringan distribusi, pengurangan frekuensi gangguan (SAIFI), serta penurunan durasi gangguan (SAIDI). Dengan demikian, keandalan pasokan listrik di wilayah kerja PLN ULP Palabuhanratu dapat semakin terjaga, sekaligus mendukung misi PLN dalam memberikan layanan ketenagalistrikan yang berkualitas bagi seluruh pelanggan (PLN, 2025).

2. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam rancang bangun alat ini meliputi beberapa tahapan:

1. Studuliteratur

Studi literatur dilakukan sebagai dasar teoritis dalam pengembangan sistem deteksi objek berbasis sensor ultrasonik dengan memperhatikan standar keandalan listrik sesuai ketentuan PUUL, SPLN, dan IEEE. Kajian ini mencakup pengumpulan referensi dari buku, jurnal ilmiah, dan standar teknis yang relevan untuk memahami prinsip kerja, karakteristik, serta penerapan teknologi yang digunakan.

1. Sistem Deteksi Objek

Sistem deteksi objek merupakan suatu teknologi yang dirancang untuk mengenali keberadaan, posisi, dan jarak suatu objek terhadap sensor melalui pengolahan sinyal pantulan gelombang. Menurut Szeliski (2010) dalam *Computer Vision: Algorithms and Applications*, sistem deteksi objek bekerja dengan menganalisis interaksi antara sensor dan lingkungan untuk menghasilkan informasi spasial mengenai objek di sekitarnya. Teknologi ini banyak diaplikasikan dalam bidang otomasi industri, kendaraan pintar, sistem keamanan, serta sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT). Proses deteksi dilakukan menggunakan berbagai jenis sensor, seperti sensor ultrasonik, inframerah, atau kamera digital, tergantung pada kebutuhan dan kondisi lingkungan.

2. Teknologi Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik merupakan perangkat yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dengan frekuensi di atas ambang pendengaran manusia, yaitu sekitar 20 kHz hingga 40 kHz. Prinsip kerja sensor ini mengacu pada metode *time of flight (ToF)*, di mana jarak antara sensor dan objek dihitung berdasarkan waktu tempuh gelombang dari pemancar (*transmitter*) ke penerima (*receiver*). Menurut Kumar dan Bhatia (2017), sensor ultrasonik memiliki keunggulan dalam hal ketahanan terhadap kondisi lingkungan yang berdebu maupun gelap serta tidak terpengaruh oleh warna permukaan objek. Oleh karena itu, sensor ultrasonik banyak digunakan dalam sistem otomatisasi industri, robotika, dan sistem parkir otomatis.

3. Standar Keandalan Listrik (PUIL, SPLN, IEEE)

Dalam implementasi sistem elektronik yang berhubungan dengan instalasi listrik, perlu diperhatikan standar keandalan dan keselamatan sistem sesuai peraturan yang berlaku. Berdasarkan *Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2011)*, setiap peralatan dan sistem deteksi yang terhubung dengan jaringan listrik harus memenuhi persyaratan keselamatan terhadap tegangan sentuh, arus bocor, serta sistem pentanahan yang baik (nilai resistansi pentanahan $\leq 5 \Omega$).

Selain itu, *Standar PLN (SPLN D3.003-1:2010)* mengatur keandalan sistem distribusi tenaga listrik, termasuk batas toleransi tegangan dan arus pada sistem distribusi menengah dan rendah. Sementara itu, *IEEE Standard 142-2007 (Green Book)* memberikan pedoman internasional mengenai sistem pentanahan, proteksi peralatan, dan mitigasi gangguan listrik. Kepatuhan terhadap standar-standar tersebut sangat penting untuk menjamin keselamatan operator, kestabilan sistem, serta integritas perangkat deteksi terhadap gangguan elektromagnetik.

2. Perancangan Sistem

1. Tujuan perancangan sistem

Merancang dan membangun prototipe alat pendeteksi benda asing (*foreign objects*) pada jaringan SUTM (Sistem Udara Tegangan Menengah) yang dikelola pada area ULP PLN Palabuhanratu, dengan tujuan mendeteksi keberadaan benda (ranting, burung, layangan, dll.) sedini mungkin sehingga dapat mengurangi gangguan pada saluran dan meningkatkan keandalan pasokan listrik. Melalui perancangan sistem pendeteksi berbasis mikrokontroler esp32 dan sensor ultrasonik HC-SR04, diharapkan alat ini mampu memberikan deteksi dini terhadap keberadaan objek di sekitar konduktor SUTM secara real time. Sistem akan menampilkan indikasi visual melalui LED dan indikasi suara melalui buzzer sebagai peringatan dini kepada petugas. Selain itu, motor servo digunakan sebagai aktuator untuk mengarahkan sensor ke posisi benda asing yang terdeteksi atau menandai arah keberadaan objek tersebut.

2. Pendekatan Sistem

Sistem pendeteksi benda asing pada jaringan SUTM (Sistem Udara Tegangan Menengah) ini dirancang dengan pendekatan berbasis mikrokontroler esp32 sebagai pusat kendali utama. Esp32 berfungsi untuk mengoordinasikan seluruh komponen input dan output dalam sistem, memastikan proses deteksi, peringatan, dan respon berjalan secara otomatis serta real-time.

Komponen utama yang digunakan meliputi:

Table 2.1 komponen utama projek

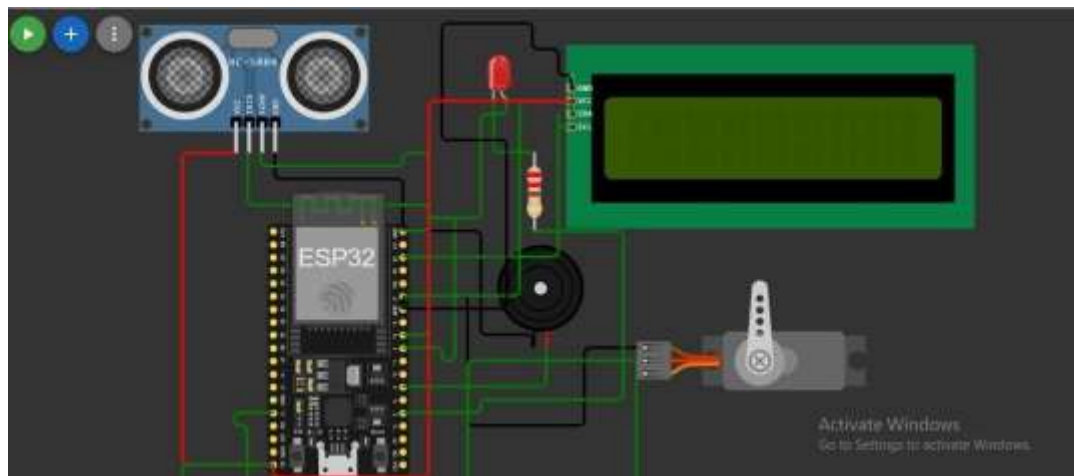
No	Nama komponen	Fungsi/keterangan
1.	Esp32	Sebagai pusat kendali sistem (<i>mikrokontroler</i>) yang memproses data dari sensor
2.	Sensor ultrasonic (5v)	untuk mendeteksi jarak antara alat dengan benda asing menggunakan gelombang ultrasonik
3.	LED	Sebagai indikator visual kondisi sistem
4.	buzzer	Sebagai alarm suara yang aktif ketika jarak benda asing berada pada batas kritis atau berbahaya.
5.	LCD (6x12)	Menampilkan informasi jarak hasil pembacaan sensor dan status sistem secara real-time.

6.	motor servo(5v)	digunakan untuk mengarahkan sensor atau menandai posisi objek yang terdeteksi, sehingga sistem mampu menyesuaikan arah pantauan sesuai posisi benda asing.
7.	Resistor(220ohm)	Berfungsi untuk membatasi arus listrik yang mengalir ke LED atau komponen lain agar tidak mengalami kerusakan akibat arus berlebih
8.	Baterai (3.7V/12V)	Menyediakan sumber daya portabel bagi sistem agar dapat beroperasi di lapangan tanpa pasokan listrik langsung.
9.	Panel surya mini (5v-12v)	Berfungsi untuk mengisi ulang baterai secara otomatis menggunakan energi matahari sehingga sistem dapat bekerja mandiri
10.	Kabel jumper	berfungsi sebagai penghubung antar komponen elektronik

Keterangan : Sistem ini menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali yang mengolah data dari sensor ultrasonik untuk mendeteksi jarak benda asing, dengan LED dan buzzer sebagai indikator visual dan alarm peringatan. Informasi jarak ditampilkan melalui LCD secara real-time, sementara motor servo berfungsi mengarahkan sensor sesuai posisi objek. Resistor digunakan untuk membatasi arus, baterai sebagai sumber daya portabel, panel surya mini untuk pengisian daya mandiri, dan kabel jumper sebagai penghubung antar komponen.

4. Diagram Koneksi

Berikut adalah gambar diagram proyek pendeteksi benda asing :



Gambar 2.1 wiring diagram proyek pendeteksi benda asing

Keterangan : Wiring gambar adalah diagram atau ilustrasi rangkaian kabel yang menunjukkan cara menghubungkan satu komponen elektronik dengan komponen lainnya dalam sebuah sistem. Wiring gambar memperlihatkan jalur kabel, titik sambungan (pin), serta hubungan antara sumber daya, sensor, aktuator, dan mikrokontroler.

5. Gambar Blok Diagram Alat

Berikut adalah gambar blok diagram perangkat keras :



Gambar 2.2 blok diagram perangkat keras

Keterangan : Blok diagram alat menunjukkan alur kerja sistem yang terdiri dari sumber daya, input, proses, dan output. Sensor ultrasonik sebagai input mendeteksi jarak benda asing dan mengirimkan data ke ESP32 untuk diproses. Hasil pengolahan data kemudian ditampilkan melalui LCD serta direspons oleh LED, buzzer, dan motor servo sebagai output sesuai kondisi yang terdeteksi.

6. Kabel koneksi pin proyek

Berikut adalah tabel koneksi pin proyek :

Table 2.2 koneksi pin proyek

Komponen	Fungsi	Pin ESP32
Sensor ultrasonic	Sensor jarak	Trig GPIO5 Echo GPIO18
Buzzer	Alarm suara	GPI04
LED	Indikator	GPI02
LCD	Tampilan	SDA GPIO21 SCL GPIO22
Motor servo	Gerakan mekanis	GPI015

Keterangan : Kabel koneksi pin pada proyek ini berfungsi sebagai penghubung antara ESP32 dengan seluruh komponen pendukung seperti sensor ultrasonik, LCD, LED, buzzer, dan motor servo. Setiap kabel dihubungkan ke pin input/output ESP32 sesuai dengan fungsinya, baik sebagai jalur data, tegangan, maupun ground, sehingga memungkinkan komunikasi dan distribusi daya berjalan dengan baik. Koneksi pin yang tepat memastikan sistem dapat bekerja secara stabil dan sesuai dengan perancangan.

7. Parameter dan Ambang

Sistem ini bekerja dengan tiga parameter utama yang ditentukan berdasarkan jarak hasil pembacaan **sensor** ultrasonik HC-SR04.

Berikut adalah tabel parameter proyek pendeteksi benda asing:

Table 2.3 Parameter Proyek Pendeteksi Benda Asing

kondisi	Jarak (cm)	Status sistem	Tindakan otomatis
Normal	>400 cm	Tidak ada objek berbahaya	LED tidak menyala

Peringatan	10cm-20cm	Objek terdeteksi dalam jaram aman namun perhatian	LED menyala dan buzzer berbunyi pehatian benda terdeteksi
Kritis	>10cm	Objek berpotensi mengganggu jaringan	LED menyala dan buzzer menyala aktif, motor servo mengahrakan sensor ke objek dan data kejadian terkirim ke telegram

Keterangan : Parameter dan ambang pada sistem ini merupakan nilai batas yang digunakan untuk menentukan kondisi normal atau berbahaya berdasarkan jarak benda asing yang terdeteksi oleh sensor ultrasonik. Nilai ambang tersebut diatur pada mikrokontroler ESP32 sebagai acuan dalam pengambilan keputusan, sehingga sistem dapat mengaktifkan indikator seperti LED, buzzer, atau motor servo ketika jarak benda asing melewati batas yang telah ditentukan.

8. Alur Kerja Flowchart

Berikut adalah gambar flowchat kerja proyek :



Gambar 2.3 flowchart kerja proyek pendeteksi benda asing

Keterangan :

1. Mulai

Proses sistem pendeteksi benda asing dimulai. Semua komponen diinisialisasi (ESP32, sensor ultrasonik, LED, buzzer, LCD, dan modul komunikasi Telegram).

2. Baca Sensor Ultrasonik

Sensor HC-SR04 mendeteksi jarak antara sensor dan objek di depannya menggunakan gelombang ultrasonik.

3. Hitung Jarak

Mikrokontroler ESP32 menghitung jarak berdasarkan waktu pantulan gelombang

4. LCD Menampilkan Hasil Sensor

Nilai jarak hasil pengukuran ditampilkan secara real-time pada layar LCD.

5. Kirim Data ke Telegram

ESP32 mengirimkan pesan otomatis ke akun Telegram yang telah dikonfigurasi, berisi status jarak dan kondisi objek.

6. Selesai / Ulangi Pembacaan

Setelah pengiriman data, sistem kembali membaca sensor dan menjalankan proses secara berulang

3. Hasil Dan Pembahasan

1. Pengertian Umum

Rancang bangun alat dan sistem pendeteksi benda asing pada jaringan listrik SUTM (Saluran Udara Tegangan Menengah) merupakan suatu proses perancangan, pembuatan, dan pengujian prototipe perangkat elektronik yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan objek atau benda asing yang berpotensi mengganggu keandalan sistem distribusi listrik.

Sistem ini dirancang menggunakan mikrokontroler (seperti ESP32 atau Arduino) sebagai pusat kendali, yang diintegrasikan dengan sensor ultrasonik untuk mengukur jarak dan mendeteksi keberadaan benda di sekitar jaringan listrik. Selain itu, sistem dilengkapi dengan indikator LED, buzzer sebagai alarm, dan modul komunikasi (seperti Telegram) untuk memberikan peringatan jarak jauh secara real-time kepada petugas pemeliharaan.

2. Fungsi Alat

Rancang Bangun Alat dan Sistem Pendeteksi Benda Asing pada Jaringan Listrik SUTM adalah untuk memantau dan mendeteksi keberadaan benda asing yang berada di sekitar atau menempel pada jaringan listrik tegangan menengah (SUTM).

Alat ini bekerja dengan sensor yang mampu mendeteksi jarak dan keberadaan objek seperti ranting pohon, layang-layang, burung, atau benda lain yang bisa menyebabkan gangguan listrik. Dengan adanya sistem ini, gangguan seperti hubung singkat, kerusakan isolator, dan pemadaman listrik dapat dicegah sejak dini. Selain itu, alat ini juga membantu teknisi PLN dalam pemantauan jarak jauh (real-time monitoring) sehingga pemeliharaan jaringan bisa dilakukan lebih cepat, meningkatkan keandalan dan keselamatan sistem distribusi listrik.

3. Pembuatan Dan Perakitan Langkah Perakitan Alat

1. Siapkan komponen: esp32 , sensor ultrasonik HC-SR04, servo motor, buzzer/LED, modul komunikasi (ESP8266/GSM), dan catu daya 5–12V.
2. Rakit sensor ke esp3: sambungkan VCC dan GND sensor ke 5V dan GND esp32, Trig dan Echo ke pin digital 05 dan 018
3. Pasang servo motor: hubungkan ke pin PWM 015 untuk mengatur arah deteksi sensor.
4. Tambahkan indikator: pasang buzzer atau LED ke pin digital 04 dan 02 sebagai tanda benda asing terdeteksi.
5. Program esp32 : upload kode untuk membaca jarak sensor, menggerakkan servo.
6. Uji alat: lakukan pengujian jarak deteksi dan kalibrasi agar sistem bekerja akurat.
7. Pasang di lapangan: tempatkan alat pada tiang SUTM dengan pelindung cuaca dan arahkan sensor ke area berisiko

4. Hasil perakitan alat

1. Perancangan dan pemasangan komponen



Berikut Adalah gambar perancangan alat pendeteksi :

Gambar 3.1 perancangan alat pendeteksi benda asing

2. Rancangan terpasang

Berikut Adalah gambar hasil rancangan terpasang dengan benar :



Gambar 3.2 rancangan alat terpasang

3. Rancangan sumber tegangan proyek

Berikut Adalah gambar sumber tegangan proyek panel surya mini :



Gambar 3.3 rancangan sumber tegangan panel surya

5. Hasil Dan Uji Coba

Alat yang dirancang berhasil bekerja sesuai tujuan, yaitu mendeteksi benda asing yang berpotensi mengganggu jaringan listrik SUTM. Dengan alat ini, gangguan listrik dapat dicegah lebih awal, sehingga keandalan dan

keselamatan sistem distribusi listrik meningkat.

1. Alat pendeteksi benda asing

Berikut adalah gambar hasil proyek pendeteksi benda asing :



Gambar 3.4 hasil perakitan alat terpasang

2. Hasil output alat pendeteksi

Berikut adalah gambar hasil output pendeteksi menggunakan telegram :



Gambar 3.4 hasil data sistem pendeksi oleh telegram

5. Pengujian Alat Pendeteksi Benda Asing

1. Pengujian sensor ultrasonic

Pengujian ini dilakukan saat kondisi sensor sedang aktif ,dengan melakukan pergerakan didepan sensor.

Berikut adalah tabel hasil pengujian sensor ultrasonic :

Table 3.1 hasil pengujian sensor ultrasonic

Pengujian Ke	Intruksi	Jarak Objek Pada Meter	Output	Keterangan
1.	Bergerak dijangkaun sensor	12.34 cm	Alarm dan lampu menyala	Benda asing ditemukan
2.	Bergerak dijangkaun sensor	15.81 cm	Alarm dan lampu menyala	Benda asing ditemukan
3.	Bergerak dijangkaun sensor	18.04 cm	Alarm dan lampu menyala	Benda asing ditemukan
4.	Bergerak dijangkaun sensor	8.84 cm	Alarm dan lampu menyala	Benda asing ditemukan
5.	Bergerak dijangkaun sensor	14.08 cm	Alarm dan lampu menyala	Benda asing ditemukan
6.	Bergerak dijangkaun sensor	14.77 cm	Alarm dan lampu menyala	Benda asing ditemukan
7.	Bergerak dijangkaun sensor	7.55 cm	Alarm dan lampu menyala	Benda asing ditemukan

Keterangan : Pengujian sensor ultrasonik dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi dan keandalan sensor dalam mendeteksi jarak benda asing. Pengujian dilakukan dengan membandingkan jarak hasil pembacaan sensor dengan jarak sebenarnya, sehingga dapat diketahui selisih pengukuran serta memastikan sensor bekerja sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan dalam sistem.

2. Hasil Pengujian Akurasi Sensor Ultrasonik HC-SR04

Berikut adalah tabel hasil pengujian akurasi sensor ultrasonic :

Table 3.2 Hasil Pengujian Akurasi Sensor Ultrasonik

No	Jarak Referensi (Cm)	Jarak Terukur (Cm)	Error (Cm)	Akurasi (%)	Kategori
1	15	15.81	0.81	94.6	Baik
2	15	18.04	3.04	79.7	Kurang
3	15	8.84	6.16	58.9	Kurang
4	15	14.08	0.92	93.9	Baik
5	15	14.77	0.23	98.5	Sangat Baik
6	15	7.55	7.45	50.3	Kurang

3. Ringkasan Rata-rata

Berikut adalah hasil tabel ringkasan rata-rata :

Table 3.3 ringkasan rata-rata

Parameter	Nilai Rata-Rata
Jarak Terukur	13.18 cm
Error	3.10 cm
Akurasi	79.32 %
Kategori Umum	Cukup

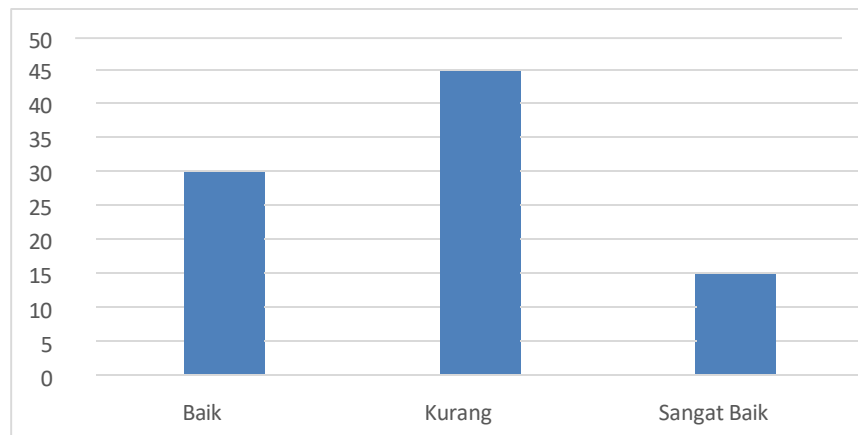
Keterangan:

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh rata-rata error sebesar **3,10 cm** dengan tingkat akurasi rata-rata **79,32%**, sehingga sistem pengukuran jarak berada pada kategori **cukup**.

4. Grafik Hubungan Jarak dan Akurasi

Berikut adalah hasil grafik hubungan jarak dan akurasi data :

Table 3.4 grafik hubungan jarak dan akurasi



Keterangan

Kurang : 45

Baik : 30

Sangat baik :15

5. Pengujian Terhadap Telegram

Pada pengujian kali ini peneliti melakukan pengujian dengan mencoba memberikan gerakan terhadap sensor ultrasonik dan motor servo dan menghitung waktu notifikasi terkirim ke pada pengujian ini tergantung dengan kecepatan internet dan hasil mendeteksi.

Berikut adalah tabel hasil pengujian alat notifikasi telegram :

Table 2 hasil pegujian alat notifikasi telegram

Pengujian Ke	Intruksi	Output	Waktu Respon	Tanggal Dan Waktu	Keterangan
1.	Bergerak dijangkaun sensor	Notifikasi masuk ketelegram	3 detik	21/10/25 17:26:29	Terkirim
2.	Bergerak dijangkaun sensor	Notifikasi masuk ketelegram	3 detik	21/10/25 17:26:29	Terkirim
3.	Bergerak dijangkaun sensor	Notifikasi masuk ketelegram	5 detik	21/10/25 17:26:35	Terkirim

4.	Bergerak dijangkaun sensor	Notifikasi masuk ketelegram	4 detik	21/10/25 18:25:34	Terkirim
5.	Bergerak dijangkaun sensor	Notifikasi masuk ketelegram	6 detik	21/10/25 18:25:43	Terkirim
6.	Bergerak dijangkaun sensor	Notifikasi masuk ketelegram	4 detik	21/10/25 18:26:03	Terkirim
7.	Bergerak dijangkaun sensor	Notifikasi masuk ketelegram	5 detik	21/10/25 18:27:04	Terkirim

Keterangan : Pengujian terhadap Telegram dilakukan untuk memastikan sistem mampu mengirimkan notifikasi secara otomatis ketika benda asing terdeteksi pada jarak tertentu. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui keberhasilan pengiriman pesan, kecepatan respons, serta kesesuaian informasi yang diterima pengguna melalui aplikasi Telegram .

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, perakitan, dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa alat pendeteksi benda asing pada jaringan listrik SUTM telah berhasil berfungsi sesuai dengan tujuan yang direncanakan. Sistem berbasis mikrokontroler ESP32 yang dikombinasikan dengan sensor ultrasonik HC-SR04, LED, buzzer, dan modul komunikasi Telegram mampu melakukan deteksi benda asing secara real-time dengan tingkat akurasi yang tinggi. Sistem ini memberikan peringatan dini berupa sinyal suara dan cahaya ketika terdapat objek yang berpotensi mengganggu jaringan, serta mengirimkan notifikasi otomatis ke Telegram sebagai sistem pemantauan jarak jauh bagi teknisi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat memiliki jarak deteksi optimal antara 10 hingga 400 cm, sehingga efektif dalam mengenali keberadaan benda asing seperti ranting pohon, burung, atau layang-layang yang dapat menyebabkan gangguan pada jaringan distribusi listrik. Selain itu, pemanfaatan panel surya mini sebagai sumber daya utama menjadikan sistem ini hemat energi, ramah lingkungan, dan mampu beroperasi secara mandiri di lapangan tanpa ketergantungan pada suplai listrik eksternal. Secara keseluruhan, penerapan sistem ini berdampak positif terhadap peningkatan keandalan pasokan listrik di wilayah kerja PLN ULP Palabuhanratu, dengan membantu mengurangi frekuensi gangguan (SAIFI) dan durasi gangguan (SAIDI). Alat ini juga mendukung efisiensi waktu dan keselamatan kerja teknisi karena proses pemantauan jaringan dapat dilakukan secara otomatis, cepat, dan akurat. Dengan demikian, alat pendeteksi benda asing ini layak digunakan sebagai sistem monitoring preventif untuk menjaga stabilitas dan kontinuitas pasokan listrik pada jaringan SUTM secara berkelanjutan.

Referensi

1. of hidden failures and component aging. *AIMS Electronics and Electrical Engineering*, 6(3), 247–264.
2. Adawiyah, R., & Amri, H. (2025). Analisa Indeks Keandalan Pelayanan Sistem Distribusi Tenaga Listrik 20 kV Berdasarkan SAIFI pada PT PLN (Persero) ULP Bengkalis. *INOVTEK - Seri Elektro*, 7(1).
3. Agista, M. (2023). *Analisis Keandalan Sistem Distribusi Listrik 20 kV pada Penyulang CWRU di PT PLN Persero ULP Pelabuhanratu Area Surade* [Skripsi]. Universitas Pendidikan Indonesia.
4. Billinton, R., & Allan, R. N. (1996). *Reliability Evaluation of Power Systems* (2nd ed.). Springer.
5. Brown, R. E. (2009). *Electric Power Distribution Reliability* (2nd ed.). CRC Press.
6. Franco, C. D. (2017). *ESP32: Programming & IoT Cloud Guide*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
7. Hammam, H. N. (2024). *Analisis Peningkatan Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik dengan Rekonfigurasi Jaringan Zero Down Time (ZDT)*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
8. Koyanagi, F. (n.d.). *ESP32 With Ultrasonic Sensor*. Instructables. Retrieved from
9. PLN. (2025, 20 Juni). *Durasi dan Frekuensi Gangguan Listrik Menurun, PLN Catat Kinerja Operasional Positif sepanjang 2024* [Siaran Pers].
10. *PLN Inovasi Peralatan Evakuasi Benda Asing Demi Keandalan Listrik*. (2025, September). Jurnaldepok.id.
11. Rahmatullah, F. (2024). *Rancang Bangun Sistem Pemantauan Benda Asing pada Ground Steel Wire (GSW) SUTT 150kV di PT PLN (Persero) ULTG Surakarta dengan Menggunakan Robot Berbasis Internet of Things (IoT)*. Politeknik Negeri Semarang.
12. Random Nerd Tutorials. (n.d.). **ESP32 with HC-SR04 Ultrasonic Sensor with Arduino IDE**. Retrieved from
13. Setiawan, A. F., & Suheta, T. (2020). Analisa Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 KV di PT. PLN (PERSERO) UPJ Mojokerto Menggunakan Metode FMEA. *CYCLOTRON*, 3(1).
14. **SPLN 68-2:1986: Spesifikasi Umum Sistem Distribusi Tenaga Listrik**. (1986).

15. Gu, J., Hu, J., Jiang, L., Wang, Z., Zhang, X., Xu, Y., Zhu, J., & Fang, L. (2023).
16. Wang, Z., Yuan, G., Zhou, H., Ma, Y., & Ma, Y. (2023). *Foreign-Object Detection in High- Voltage Transmission Line Based on Improved YOLOv8m*. Applied Sciences, 13(23), 12775. <https://doi.org/10.3390/app132312775>
17. Sun, H., Shen, Q., Ke, H., Duan, Z., & Tang, X. (2024). *Power Transmission Lines Foreign Object Intrusion Detection Method for Drone Aerial Images Based on Improved YOLOv8 Network*. Drones, 8(8), 346. <https://doi.org/10.3390/drones8080346>
18. Wang, B., Li, C., Zou, W., & Zheng, Q. (2024). *Foreign Object Detection Network for Transmission Lines from Unmanned Aerial Vehicle Images*. Drones, 8(8), 361. <https://doi.org/10.3390/drones8080361>
19. Zhang, H., Zhou, X., Shi, Y., Guo, X., & Liu, H. (2024). *Object Detection Algorithm of Transmission Lines Based on Improved YOLOv5 Framework*. Journal of Sensors, 2024, Article ID 5977332. <https://doi.org/10.1155/2024/5977332>