



RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI TANAH LONGSOR BERBASIS IOT DAN NOTIFIKASI TELEGRAM

Adriel Haddad ¹, Satriyo ², Mohd Ilyas Hadikusuma³

¹Prodi Teknologi Rekayasa Sistem Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Pontianak, Pontianak, Indonesia,

Jl. Jenderal Ahmad Yani, Bansir Laut, Kec. Pontianak Tenggara, Kota Pontianak, Kalimantan Barat 78124, Fax : +62 0561 740143

Email: adriel.haddad@gmail.com ¹, satriyo.rbg@gmail.com ², Ilyas.hadikusuma@gmail.com ³

Abstract

Landslides are a natural disaster that frequently occurs in Indonesia, especially in mountainous, hilly, and highland areas, causing material losses and casualties. To overcome the limitations of existing detection systems, this study developed an Internet of Things (IoT)-based landslide detection tool equipped with an early warning feature via the Telegram application. The system uses an MPU6050 sensor to detect ground inclination, a soil moisture sensor to monitor water content, and a Neo 6M GPS module to determine the device's location. Data from the sensors is transmitted to the Adafruit IO server via LoRa communication and analyzed in real-time. When soil inclination exceeds 27° and moisture reaches 56%, the system automatically activates a buzzer and sends notifications to personnel. Test results show that the system can detect changes in soil conditions with good accuracy, with an average error of 1.78% for the MPU6050 sensor, 1.98% for the soil moisture sensor, and 23.44 meters for the GPS module. The system is also capable of monitoring trends in increasing soil slope and moisture levels that reach critical thresholds, particularly at night. As a result, this device can provide rapid and accurate early warnings, supporting efforts to mitigate landslide disasters in high-risk areas.

Keywords: *Landslide, Internet of Things, MPU6050, Soil Moisture, LoRa, Adafruit IO, Telegram.*

Abstrak

Tanah longsor merupakan bencana alam yang kerap terjadi di Indonesia, terutama di wilayah pegunungan, perbukitan, dan dataran tinggi, yang dapat menimbulkan kerugian materi maupun korban jiwa. Untuk mengatasi keterbatasan sistem pendeteksi yang ada, penelitian ini mengembangkan alat pendeteksi tanah longsor berbasis Internet of Things (IoT) yang dilengkapi dengan fitur peringatan dini melalui aplikasi Telegram. Sistem ini menggunakan sensor MPU6050 untuk mendeteksi kemiringan tanah, sensor kelembaban tanah untuk memantau kadar air, serta modul GPS Neo 6M untuk menentukan lokasi alat. Data dari sensor dikirim ke server Adafruit IO melalui komunikasi LoRa dan dianalisis secara real-time. Ketika kemiringan tanah melebihi 27° dan kelembaban mencapai 56%, sistem secara otomatis mengaktifkan buzzer dan mengirim notifikasi ke petugas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi

Article History

Received: Juli 2025

Reviewed: Juli 2025

Published: Juli 2025

Plagiarism Checker No 235

Prefix DOI :

[10.8734/Kohesi.v1i2.365](https://doi.org/10.8734/Kohesi.v1i2.365)

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



perubahan kondisi tanah dengan akurasi yang baik, dengan rata-rata error sebesar 1,78% pada sensor MPU6050, 1,98% pada sensor kelembaban tanah, dan 23,44 meter pada modul GPS. Sistem juga mampu memantau tren peningkatan kemiringan dan kelembaban tanah yang mencapai ambang batas kritis, terutama pada malam hari. Dengan demikian, alat ini dapat memberikan peringatan dini secara cepat dan akurat, mendukung upaya mitigasi bencana tanah longsor di daerah rawan.

Kata kunci: Tanah Longsor, *Internet of Things*, MPU6050, Kelembaban Tanah, LoRa, Adafruit IO, Telegram.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki kerentanan tinggi terhadap bencana alam, salah satunya tanah longsor yang sering terjadi di wilayah pegunungan, perbukitan, dan dataran tinggi. Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), selama periode 2021-2023 tercatat lebih dari 2.500 kejadian tanah longsor di berbagai wilayah yang menyebabkan kerugian material besar, kerusakan infrastruktur, hingga korban jiwa.

Namun, sistem pendeteksi tanah longsor yang ada saat ini masih terbatas dan belum memberikan peringatan secara cepat dan akurat. Oleh karena itu, pemanfaatan teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT) menjadi solusi potensial dalam pengembangan sistem monitoring bencana. Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan, salah satunya oleh Rosa Mega Utama dkk. (2022) yang merancang sistem deteksi tanah longsor menggunakan NodeMCU ESP8266 dan sensor MPU6050, serta aplikasi berbasis Firebase dan MIT App Inventor untuk memberikan peringatan real-time. Hasil penelitian tersebut menunjukkan rata-rata error hanya 0,419% dan sistem dapat memberikan status kondisi “aman”, “waspada”, hingga “awas”. Penelitian lain oleh Setyawan (2020) memanfaatkan sensor kelembaban tanah FC-28 dan NodeMCU untuk mendeteksi potensi longsor berdasarkan kadar air, di mana kondisi bahaya ditandai oleh kelembaban $>54\%$ dan kemiringan $>35^\circ$. Selain itu, penelitian Firmansyah dkk. (2019) menggunakan accelerometer dan GPS untuk mendeteksi pergerakan tanah, namun GPS memiliki kekurangan saat sinyal satelit terganggu. Adapun Ahmad Taqwa dkk. (2020) merancang sistem deteksi berbasis LoRa dan IoT menggunakan sensor kelembaban YL-69 dan ultrasonik HC-SR04, serta Thingspeak sebagai platform monitoring, yang menunjukkan jangkauan efektif LoRa hingga 250 meter di area padat.

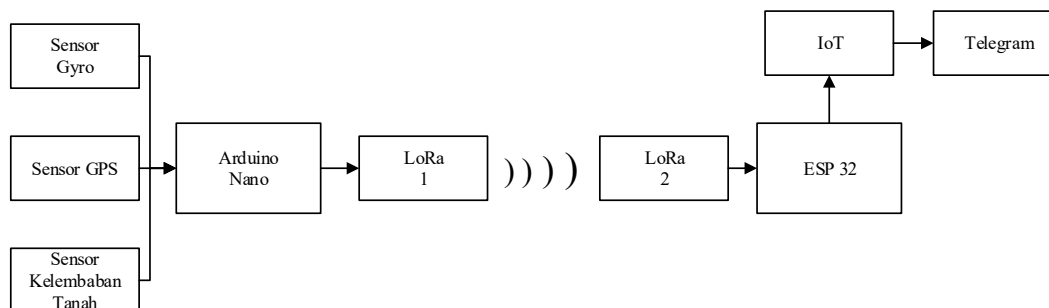
Penelitian ini mengembangkan alat pendeteksi tanah longsor berbasis IoT yang menggabungkan beberapa teknologi unggulan dari penelitian-penelitian sebelumnya. Sistem menggunakan sensor MPU6050 untuk deteksi kemiringan tanah, sensor kelembaban tanah YL-69 untuk memantau kadar air, dan modul GPS Neo 6M untuk penentuan lokasi. Mikrokontroler Arduino Nano digunakan sebagai node, sedangkan ESP32 sebagai gateway yang mengirimkan data melalui jaringan Wi-Fi ke platform Adafruit IO dan mengirimkan notifikasi peringatan melalui aplikasi Telegram. Dengan sistem ini, masyarakat yang tinggal di daerah rawan longsor dapat memperoleh informasi secara real-time dan melakukan langkah mitigasi lebih awal.

METODE

Beberapa tahapan untuk menyelesaikan penelitian ini adalah sebagai berikut:

Diagram Block

Diagram blok sistem yang akan dirancang pada proyek akhir ini seperti yang ditunjukkan oleh gambar 1. Blok sistem terbagi menjadi 3 bagian yaitu input yang



Gambar 1 Diagram Blok

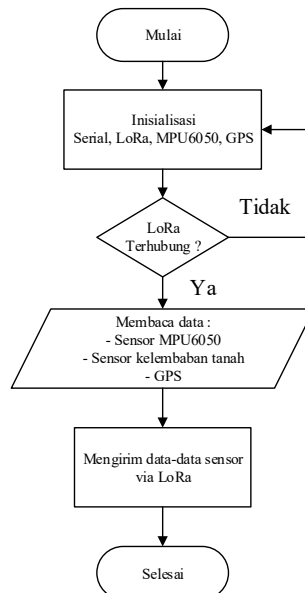
Diagram blok sistem pendeteksi tanah longsor yang dirancang dalam penelitian ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu Node dan Gateway, yang bekerja secara terintegrasi untuk memantau parameter lingkungan, menganalisis data, dan memberikan peringatan bahaya. Kedua komponen ini dihubungkan melalui komunikasi LoRa, yang memungkinkan pengiriman data jarak jauh.

Pada bagian pertama Node berfungsi sebagai pengumpul data dari lingkungan sekitar. Node dilengkapi dengan beberapa sensor, yaitu sensor kelembaban tanah YL-69 untuk mengukur kadar air dalam tanah, sensor gyro MPU6050 untuk mendeteksi kemiringan dan pergerakan tanah berdasarkan data percepatan pada sumbu x, y, dan z, serta modul GPS Neo-6M untuk menentukan lokasi node dengan akurat. Semua data yang diperoleh dari sensor diproses oleh Arduino Nano, yang bertindak sebagai mikrokontroler. Setelah diproses, data dikirimkan ke Gateway menggunakan modul komunikasi LoRa SX1278. Dengan konfigurasi ini, alat pendeteksi tanah longsor dapat berfungsi secara mandiri dalam mengukur dan mengirimkan parameter lingkungan.

Pada bagian kedua yaitu Gateway bertugas menerima data yang dikirimkan Node, memprosesnya, dan meneruskan informasi ke platform IoT serta aplikasi peringatan bahaya. Gateway menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama, yang terhubung dengan modul LoRa untuk menerima data dari Node. Setelah menerima data, ESP32 menganalisis informasi tersebut untuk mengevaluasi kondisi tanah. Apabila data menunjukkan bahwa kelembaban tanah melebihi 54% serta terjadi perubahan kemiringan yang melebihi 27 derajat, Gateway akan mengirimkan notifikasi peringatan bahaya melalui aplikasi Telegram. Selain itu, data dari Node juga dikirimkan ke platform Adafruit IO melalui koneksi Wi-Fi untuk pemantauan data secara real-time, sehingga pengguna dapat memantau kondisi lingkungan melalui dashboardnya.

Flowchart Sistem

Berikut Flowchart sistem pada penelitian ini

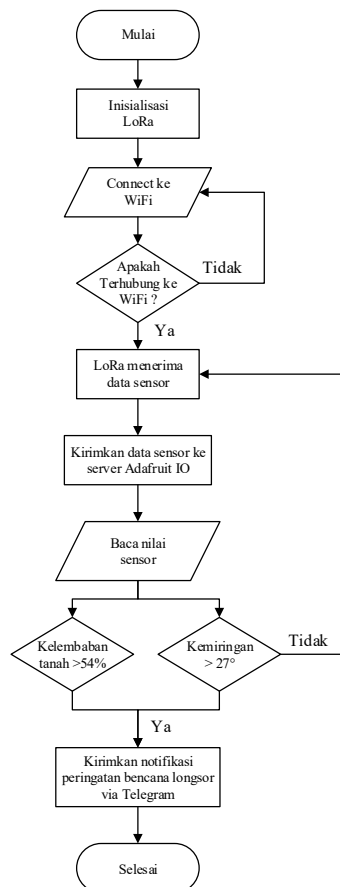


Gambar 2 Flowchart sistem Pada Node

Berikut Penjelasan Flowchart sistem pada gambar diatas;

Program dimulai dengan melakukan inisialisasi pada seluruh komponen yang digunakan yaitu, sensor MPU6050 untuk mendeteksi kemiringan tanah, sensor kelembaban tanah untuk mengukur kadar air dalam tanah, serta modul GPS untuk mengetahui lokasi alat yang dipasangkan. Selain itu, modul LoRa juga dikonfigurasi agar siap mengirimkan data ke Gateway. Setelah semua komponen siap, sistem akan mulai membaca data dari sensor. Sensor MPU6050 akan mengukur sudut kemiringan tanah untuk mendeteksi adanya perubahan posisi yang berpotensi menyebabkan longsor. Sensor kelembaban tanah akan mengukur kadar air dalam tanah, karena tingkat kelembaban yang tinggi merupakan salah satu faktor terjadinya longsor. Sementara itu, modul GPS akan membaca lokasi Node sehingga alat yang dipasang dapat diketahui. Data dari ketiga sensor tersebut kemudian diproses oleh mikrokontroler arduino nano.

Setelah data diproses, sistem akan mengirimkan hasil pengukuran ke Gateway menggunakan komunikasi LoRa. LoRa merupakan teknologi komunikasi nirkabel jarak jauh yang memungkinkan transmisi data dengan konsumsi daya rendah, sehingga cocok untuk sistem pemantauan di lokasi terpencil. Data yang dikirimkan mencakup nilai kemiringan tanah dari sensor MPU6050, tingkat kelembaban tanah, serta koordinat lokasi dari GPS. Setelah proses membaca dan pengiriman data selesai dilakukan, program akan kembali membaca dan melakukan proses pengiriman data secara terus-menerus. Dengan siklus kerja yang berulang ini, sistem dapat terus memantau kondisi tanah secara *real-time*.



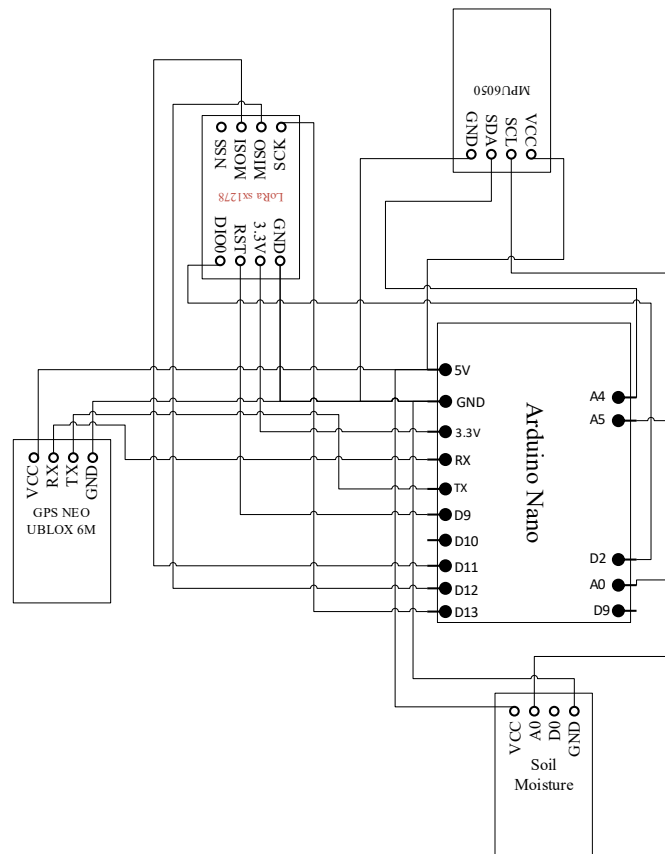
Gambar 2 Flowchart sistem Pada Gateway

Program diawali dengan inisialisasi sistem, yang di mana Gateway dengan mikrokontroler ESP32 akan mengaktifkan modul LoRa yang berfungsi sebagai penghubung utama dalam komunikasi data antara Node dan Gateway. Modul LoRa dikonfigurasi untuk dapat menerima data dari Node secara optimal dengan memastikan frekuensi dan parameter komunikasi telah sesuai. Setelah proses inisialisasi selesai, Gateway akan mencoba terhubung ke jaringan WiFi. Koneksi WiFi ini sangat penting karena Gateway akan menggunakan jaringan internet untuk mengirimkan data ke platform Adafruit IO serta mengirimkan notifikasi ke aplikasi Telegram. Jika koneksi berhasil, sistem siap untuk menerima data dari Node melalui modul LoRa.

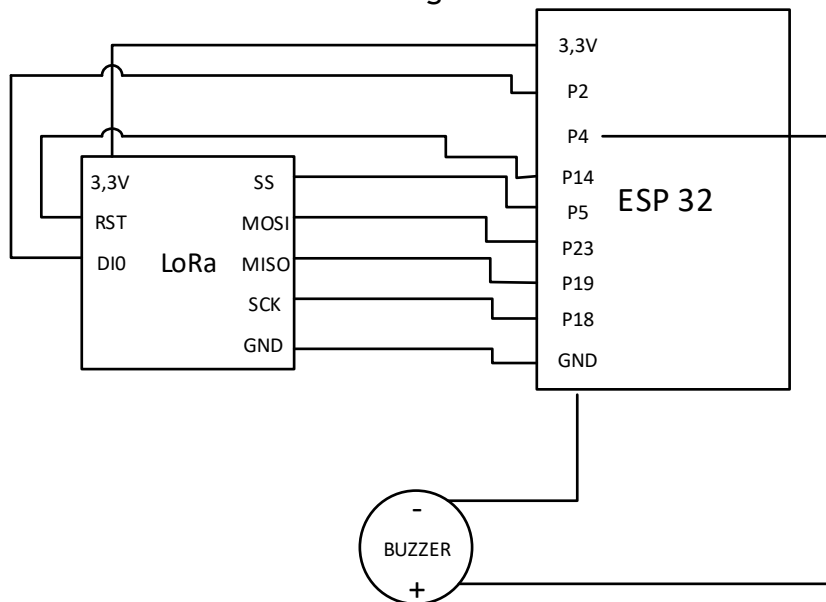
Setelah data dari Node diterima, Gateway akan melakukan analisis dari informasi yang diperoleh. Dengan memeriksa perubahan pada sensor gyro dan data yang diterima akan dikirimkan ke platform Adafruit IO untuk ditampilkan secara real-time. Selanjutnya, sistem juga memeriksa tingkat kelembaban tanah. Jika nilai kelembaban tanah tinggi melebihi 54% dan kemiringan tanah lebih dari 27, sistem otomatis akan mengirimkan notifikasi peringatan bahaya melalui aplikasi Telegram kepada pengguna. Notifikasi ini memberikan informasi data lingkungan yang berpotensi menyebabkan tanah longsor sehingga tindakan pencegahan dapat segera dilakukan. Setelah semua proses pengolahan dan pengiriman data selesai, program akan kembali ke awal untuk terus memantau kondisi tanah secara terus-menerus.

Wiring Diagram

Berikut wiring diagram pada penelitian ini



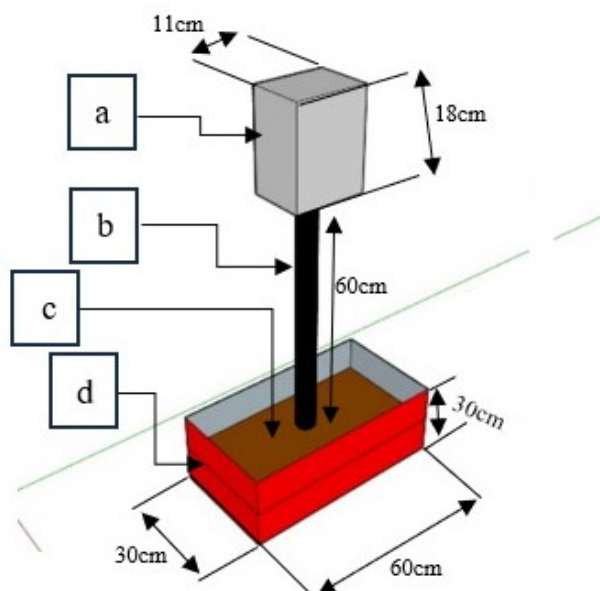
Gambar 3 Wiring Arduino Nano



Gambar 4 Wiring Arduino ESP32

Desain Mekanik

Berikut Desain mekanik pada penelitian ini



Gambar 5 Desain mekanik

Keterangan gambar diatas:

- Kotak X6, menampung node sensor, sensor kelembaban tanah, sensor giro MPU6050, modul GPS, dan modul LoRa, serta melindungi komponen-komponen tersebut dari kondisi lingkungan seperti hujan, debu, dan panas
- Tiang, menghubungkan kotak sensor dengan kotak tanah di bagian bawah, dan menjadi jalur kabel untuk sensor kelembaban tanah
- Ruang yang akan diisi dengan tanah
- Kotak Kontainer menampung tanah

HASIL DAN DISKUSI

Pengujian Sensor Giro MPU6050

Setelah melakukan pengujian pada sensor Kemiringan tanah (MPU6050) dan hasil data yang didapatkan bisa dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1 Hasil Pengujian Kemiringan Tanah

Kemiringan (Busur Derajat)	Kemiringan (MPU6050)	Error (%)
0°	0,32°	0,32
5°	5,26°	5,2
10°	10,36°	3,6
15°	15,18°	1,2
20°	20,39°	1,95
25°	25,68°	2,72
30°	30,12°	0,4
35°	35,13°	0,37
40°	40,50°	1,25
45°	45,36°	0,8

Pengujian Kemiringan dilakukan dengan membandingkan data yang dihasilkan oleh sensor giro MPU6050 dengan alat busur derajat untuk mengukur sudut kemiringan. Perhitungan selisih antara busur derajat dengan sensor MPU6050 dengan persamaan



$$\text{Rata-rata Error} = \frac{\text{Total Error}}{\text{Jumlah Data}} = \frac{17,81}{10} = 1,78\%$$

Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan dengan menggunakan perbandingan dari busur derajat dengan sensor giro MPU 6050 didapatkan selisih hasil sebesar **1,781%**. Hal ini menunjukkan bahwa akurasi sensor cukup baik dalam mengukur kemiringan tanah.

Pengujian Sensor GPS Neo 6M

Pengujian dilakukan dengan membandingkan data GPS dari modul Neo 6M dengan data GPS yang diperoleh dari aplikasi google maps handphone ponsel pintar (HP). Hasil pengujian ditampilkan pada table dibawah ini

Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor GPS Neo 6M

No	HP	HP	GPS Neo 6M	GPS Neo 6M	Error	Error
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
1	-0.054828	109.345734	-0.054858	109.345660	3,33	8,24
2	-0.0550024	109.3457745	-0.054924	109.345750	8,69	2,75
3	-0.0548257	109.3459354	-0.054744	109.345620	9,08	34,91
4	-0.0547456	109.3460531	-0.054806	109.345300	6,73	83,74
5	-0.0546037	109.3462885	-0.054968	109.345960	40,46	36,48

Contoh pada baris pertama

$$\text{Error Latitude} = |0.054828 - (-0.054858)| \times 111320 = 3,33 \text{ meter}$$

Perhitungan rata-rata Latitude

$$= \frac{3,33 + 8,69 + 9,08 + 6,73 + 40,76}{5} = \frac{77,16}{5} = 13,66 \text{ meter}$$

Perhitungan rata-rata Longitude

$$= \frac{8,24 + 2,75 + 34,91 + 83,74 + 36,84}{5} = \frac{166,12}{5} = 33,22 \text{ meter}$$

Error rata-rata pada latitude dan longitude masing-masing adalah 13.66 meter dan 33.22 meter. Akurasi tersebut dipengaruhi oleh faktor lingkungan, seperti adanya gedung dan pohon yang menghalangi sinyal satelit. Hasil ini membuktikan bahwa GPS Neo 6M memiliki akurasi yang cukup untuk digunakan dalam pemantauan lokasi.

Perhitungan rata-rata Error total

$$= \frac{13,66 + 33,22}{2} = 23,44 \text{ meter}$$

Dari hasil pengujian yang dilakukan GPS dengan perangkat hp dan GPS pada alat memiliki rata-rata error total sebesar **23.44 meter** masih dapat diterima untuk aplikasi pemantauan tanah longsor, karena sistem hanya membutuhkan lokasi dalam cakupan area tertentu, bukan titik koordinat presisi tinggi.

Pengujian Sensor Kelembaban Tanah

Tabel 3 Hasil Pengujian Sensor Kelembaban Tanah

Titik Pengukuran	Kelembapan Tanah (Sensor, %)	Alat Ukur Analog (Nilai 1-10)	Error %
Titik 1	23,56	2,5	5.76

Titik 2	29,92	3	0.27
Titik 3	62,27	6,3	1.16
Titik 4	61,58	6,3	2.25
Titik 5	68,62	6,8	0,91
Titik 6	66,96	6,8	1,53

Contoh perhitungan error pada baris pertama:

$$\begin{aligned} \text{Error} &= \frac{23,56 - (2,5 \times 10)}{2,5 \times 10} \times 100 \\ &= \frac{23,56 - 25}{25} \times 100 = \frac{-1,44}{25} \times 100 = 5,76\% \end{aligned}$$

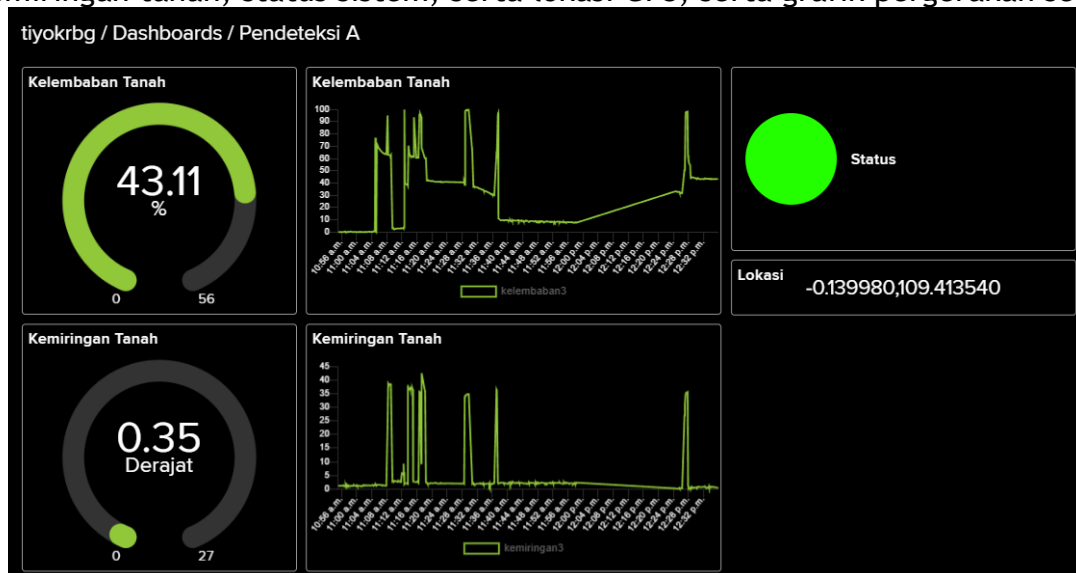
Untuk rata-rata error dihitung dengan menjumlahkan semua error dan membaginya dengan jumlah data tersebut, berikut untuk perhitungannya:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Error} &= \frac{5,76 + 0,27 + 1,16 + 2,25 + 0,91 + 1,53}{6} \\ &= \frac{11,88}{6} = 1,98\% \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan jumlah rata-rata error dalam pengukuran kelembaban tanah dengan sensor dan dengan alat ukur analog adalah **1,98%**. Ini menunjukkan bahwa akurasi sensor cukup baik dalam mengukur kelembaban tanah.

Pengujian Pada IoT Adafruit IO

Pengujian pada IoT Adafruit IO dilakukan untuk memastikan data yang dikirimkan oleh mikrokontroler ESP32, yang terintegrasi dengan sensor, dapat diterima dan ditampilkan melalui dashboard Adafruit IO secara real-time. Pengujian ini meliputi pengiriman data kelembaban tanah, kemiringan tanah, status sistem, serta lokasi GPS, serta grafik pergerakan sensor.



Gambar 6 Tampilan Adafruit IO

tampilan monitoring data reel-time pada Adafruit IO. Pada gambar terlihat tampilan data kelembaban tanah, kemiringan tanah, indikator status, lokasi GPS, serta Grafik perubahan pergerakan kelembaban dan kemiringan tanah. Pengamatan yang dilakukan menunjukkan bahwa data dari sensor dapat ditampilkan pada grafik dengan jangka waktu update **1 detik** setelah data diterima.

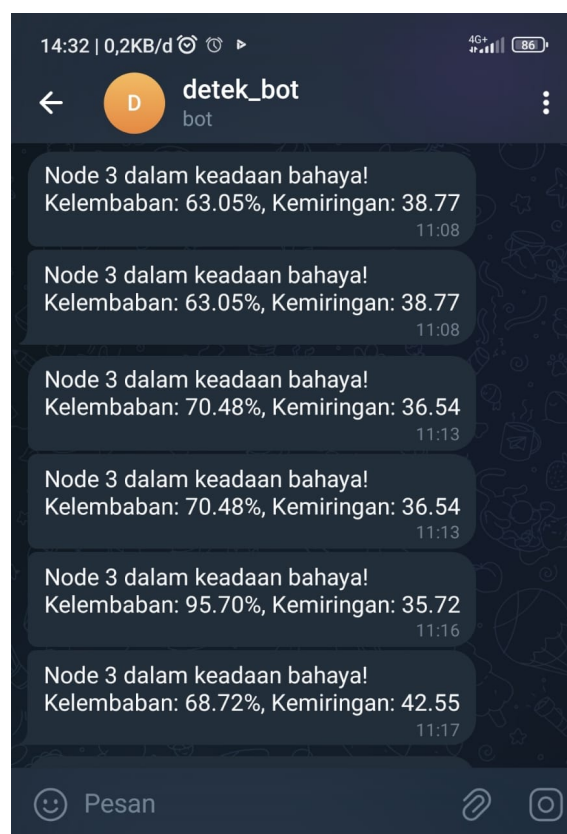
Data kelembaban tanah yang terdeteksi oleh sensor ditampilkan pada widget gauge. Data ini juga divisualisasikan dalam bentuk grafik waktu nyata, memperlihatkan perubahan kelembaban tanah dalam jangka waktu tertentu. Data kemiringan tanah yang diukur dengan sensor MPU6050 ditampilkan pada widget gauge dengan nilai derajat, dan grafik menunjukkan perubahan

kemiringan tanah. Widget "Status" jika menampilkan indikator hijau, menunjukkan bahwa dalam keadaan **Aman**. Jika menampilkan indikator merah, menunjukkan bahwa dalam keadaan **Bahaya**. Lokasi GPS ditampilkan dalam format *latitude* dan *longitude* pada widget lokasi.

Data kelembaban dan kemiringan tanah yang diterima Adafruit IO sesuai dengan nilai yang terukur oleh sensor, menunjukkan keberhasilan integrasi antara sensor dan platform IoT. Grafik yang dihasilkan memungkinkan pengguna memantau perubahan nilai secara real-time, sehingga mendukung analisis kondisi lapangan

Pengujian Pada Notifikasi Pada Telegram

Notifikasi Telegram diuji untuk mendeteksi status tanah dalam keadaan bahaya! berdasarkan parameter kelembaban dan kemiringan. Berikut gambar hasil pengujian notifikasi peringatan dini melalui aplikasi Telegram.



Gambar 7 Notifikasi Telegram

merupakan hasil peringatan dini melalui aplikasi telegram. Data yang dikirimkan tersebut berisikan informasi node dalam keadaan bahaya serta menampilkan data parameter lingkungan. Dalam pengujian ini, data simulasi dimasukkan ke sensor MPU6050 dengan kemiringan lebih dari 27° dan sensor kelembaban tanah dengan nilai kelembaban lebih dari 54%, yang merupakan ambang batas bahaya. Sistem memproses data dari sensor menggunakan mikrokontroler ESP32 dan mengirimkannya ke layanan Adafruit IO sebelum notifikasi dikirimkan melalui aplikasi Telegram

Pengujian Alat Pada Pendeteksi Tanah Longsor

Pengujian alat pendeteksi tanah longsor ini dilakukan selama dua hari untuk memperoleh data dari pergerakan parameter lingkungan di berbagai kondisi waktu. Pengukuran dilakukan pada empat periode waktu dalam sehari, yaitu pagi, siang, sore, dan malam. Tujuan dari



pengujian ini adalah untuk memahami bagaimana perubahan kemiringan dan kelembaban tanah dapat mempengaruhi potensi terjadinya tanah longsor

Berdasarkan hasil pengujian, data rata-rata yang diperoleh diwaktu pagi, siang, sore, dan malam pada tabel di bawah ini.

Tabel 4 Kemiringan Tanah Selama 2 Hari

Waktu	Kemiringan Tanah (°)	Kelembaban Tanah (%)
Hari 1 - Pagi	0,58	37,02
Hari 1 - Siang	3,45	44,27
Hari 1 - Sore	3,42	45,89
Hari 1 - Malam	9,83	43,58
Hari 2 - Pagi	9,8	42,6
Hari 2 - Siang	9,88	42,46
Hari 2 - Sore	9,82	42,54
Hari 2 - Malam	14,1	54,09

Dari tabel di atas, dapat diamati bahwa kemiringan tanah mengalami peningkatan dari waktu ke waktu. Pada pagi hari pertama, kemiringan masih sangat rendah di $0,58^\circ$, namun pada malam hari kedua meningkat signifikan hingga $14,1^\circ$. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pergerakan tanah yang terus meningkat seiring berjalannya waktu.

itu, kelembaban tanah juga menunjukkan peningkatan seiring waktu, terutama pada malam hari kedua di mana mencapai 54,09%, yang merupakan ambang batas kritis untuk terjadinya longsor

Analisis Peristiwa Selama Dua Hari Pengujian

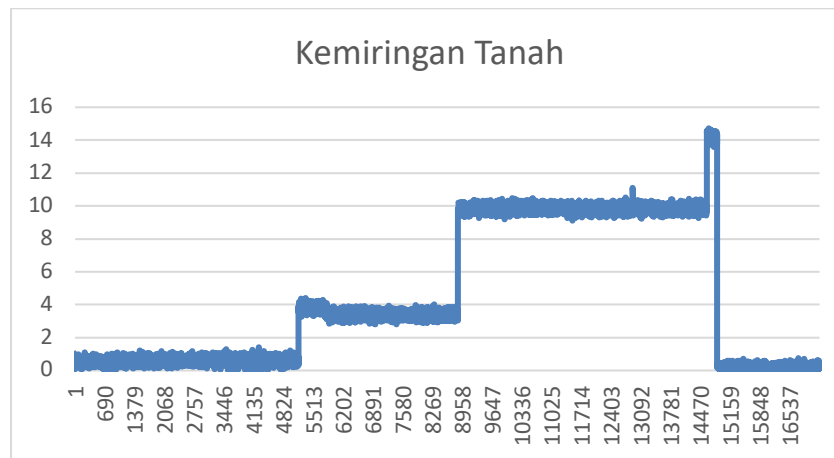
Hari Pertama:

1. Pada pagi dan siang hari, kondisi tanah masih stabil dengan pergerakan yang kecil.
2. Pada malam hari, kemiringan tanah mulai meningkat, hal tersebut dipengaruhi oleh curah hujan ringan atau perubahan tekanan tanah akibat perbedaan suhu dan kelembaban lingkungan.

Hari Kedua:

1. Dari pagi hingga sore, pergerakan kemiringan tanah terus menunjukkan pola peningkatan.
2. Pada malam hari kedua, terjadi lonjakan kemiringan hingga $14,1^\circ$, disertai dengan peningkatan kelembaban tanah yang mencapai 54,09%. Kondisi ini menunjukkan bahwa tanah sudah berada dalam keadaan yang tidak stabil, sehingga berisiko mengalami longsor.

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa alat pendeteksi tanah longsor berbasis IoT mampu mendeteksi perubahan kemiringan dan kelembaban tanah secara *real-time* dengan tingkat akurasi yang baik. Dari grafik hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan kelembaban tanah terlibat pada lonjakan kemiringan, yang menjadi indikator awal kemungkinan terjadinya longsor. Dengan demikian, sistem ini dapat memberikan manfaat yang besar dalam pemantauan kondisi tanah dan memberikan peringatan dini sebelum terjadi bahaya bencana tanah longsor. Penerapan sistem alat pendeteksi tanah longsor berbasis IoT dan notifikasi telegram ini dapat menjadi solusi yang efektif bagi daerah-daerah yang rawan longsor guna untuk mengurangi risiko dan dampak yang ditimbulkan



Gambar 8 Grafik Kemiringan Tanah Padan Data Excel

Pada gambar ini menampilkan grafik pergerakan kemiringan tanah dalam waktu dua hari, data diperoleh alat pendeteksi tanah longsor. Dari pantauan grafik menunjukkan bahwa kemiringan tanah cenderung stabil pada pagi dan siang hari, tetapi meningkat secara signifikan pada malam hari, terutama pada malam hari kedua. Hal ini menunjukkan bahwa tanah mengalami pergerakan yang lebih aktif pada malam hari, kemungkinan akibat tekanan tanah yang berubah dan peningkatan kadar air di dalamnya, yang diakibatkan oleh dinginnya malam dan embun.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang sudah dilakukan telah berhasil menghasilkan sistem pendeteksi dini tanah longsor berbasis Internet of Things (IoT) yang terintegrasi dengan notifikasi peringatan dini melalui aplikasi Telegram. Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, berikut merupakan kesimpulan dari penelitian ini.

1. Pada sistem pendeteksi tanah longsor ini telah berhasil mendapatkan metode deteksi tanah longsor dengan memanfaatkan sensor MPU6050 untuk mendeteksi kemiringan tanah dengan tingkat akurasi yang tinggi, dan sensor kelembaban tanah untuk memantau kadar air yang sering menjadi pemicu terjadinya tanah longsor. Serta penggunaan GPS untuk menentukan lokasi alat memastikan data lokasi yang terukur dapat dilaporkan secara akurat.
2. Pada sistem pendeteksi tanah longsor ini telah berhasil mengintegrasikan Internet of Things (IoT) dan notifikasi peringatan dini melalui aplikasi Telegram. Dengan Platform Adafruit IO digunakan untuk memantau data dari sensor secara real-time. Data dari sensor dikirimkan melalui modul LoRa ke gateway, yang kemudian mengirimkan data ke Adafruit IO melalui Wi-Fi. Apabila parameter sensor menunjukkan potensi longsor (kemiringan $>27^\circ$ dan kelembaban $>54\%$), sistem secara otomatis mengirimkan notifikasi peringatan dini lewat aplikasi Telegram. Hal ini membuktikan bahwa sistem berhasil mengintegrasikan teknologi IoT dengan aplikasi komunikasi
3. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sistem pendeteksi dini tanah longsor berbasis IoT dan notifikasi telegram ini telah berfungsi dengan baik, di mana sensor MPU6050 menghasilkan rata-rata error sebesar $0,31^\circ$, GPS Neo 6M menghasilkan rata-rata error sebesar $24,33$ meter, serta sensor kelembaban tanah menunjukkan rata-rata error sebesar $1,98\%$. Dan integrasi dengan Adafruit IO memungkinkan pemantauan data secara real-time, dan notifikasi otomatis melalui aplikasi Telegram terbukti efektif dalam memberikan peringatan dini secara cepat. Dengan hasil tersebut, sistem ini memiliki potensi besar untuk diterapkan di lingkungan nyata.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1]. Mega Utama, R. (2022). Rancang Bangun Alat Deteksi Tanah Longsor Berbasis IoT dengan NodeMCU ESP8266 dan MPU6050. *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 6(2), 137-146.
<https://doi.org/10.24198/jiif.v6i2.40054>
- [2]. Nursuwars, F. M. sugiartana, Kurniati, N. I., & Hidayat, M. T. (2019). Accelerometer sebagai Pendeteksi Dini Pergerakan Tanah. *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 8(1), 9. <https://doi.org/10.36055/setrum.v8i1.4110>
- [3]. Setyawan, A., Suseno, J. E., Winesthi, R. D., & Otaviana, S. A. (2020). Peringatan Dini Tanah Longsor Berdasarkan Kelembaban Tanah Secara Jarak Jauh Menggunakan Sensor FC-28 dan Node MCU. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 242-246.
<https://doi.org/10.14710/jil.18.2.242-246>
- [4]. Taqwa, A., Fadhli, M., Soim, S., Handayani, A. S., & Suroso. (2021). Prototype Design of Landslide Early Detection System Using LoRa and IoT. *Proceedings of the 4th Forum in Research, Science, and Technology (FIRST-T1-T2-2020)*, 7, 495-499.
<https://doi.org/10.2991/ahe.k.210205.084>
- [5]. Nizam, M. N., Haris Yuana, & Zunita Wulansari. (2022). Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(2), 767-772. <https://doi.org/10.36040/jati.v6i2.5713>
- [6]. Oktafiani, P. T., Utami, S. R., & Agustina, C. (2022). Simulasi Pengukuran Longsor Pada Kelerengan Dan Kedalaman Bidang Gelincir Yang Berbeda. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 9(2), 329-337
- [7]. Riziq Gyfari, A., Adi Wibowo, S., & Vendyansyah, N. (2023). PERANCANGAN DAN PEMBANGUNAN SISTEM MONITORING TANAH LONGSOR BERBASIS IoT MENGGUNAKAN TEKNOLOGI LORA (LONG RANGE). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(4), 2382-2388. <https://doi.org/10.36040/jati.v7i4.7523>
- [8]. Setyawan, A., Suseno, J. E., Winesthi, R. D., & Otaviana, S. A. (2020). Peringatan Dini Tanah Longsor Berdasarkan Kelembaban Tanah Secara Jarak Jauh Menggunakan Sensor FC-28 dan Node MCU. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 242-246.
<https://doi.org/10.14710/jil.18.2.242-246>
- [9]. Yisrel, Y., Laksono, A. D., & Rohini, R. (2020). Review Jenis Sensor yang Dapat Mendeteksi Tanah Longsor. *SPECTA Journal of Technology*, 4(2), 75-83.
<https://doi.org/10.35718/specta.v4i2.221>
- [10]. Zulkarnain, F. (2020). Rancang Bangun Gimbal Stabilizer Dengan Modul Sensor MPU-6050 Menggunakan Complementery Filter Berbasis Raspberry Pi. 19-21.
- [11]. Adi Pratama, Y., Ardita, M., & Ardi Widodo, K. (2022). Perancangan Sistem Komunikasi Lora untuk Deteksi Dini Tanah Longsor. *Prosiding SENIATI*, 6(3), 699-705.
<https://doi.org/10.36040/seniati.v6i3.5004>
- [12]. Fikri, A. (2022). *Pengujian unjuk kerja transmisi data lora 433 mhz dan 915 mhz non line of sight (nlos)*. 1-67
- [13]. Maulana, M. R., Mukarrom, G., & Aminy, N. F. (n.d.). *Rancang Bangun Sistem Deteksi Tanah Longsor Menggunakan*.