

Pemanfaatan *Internet of Things* untuk Monitoring Deteksi Tanah Longsor

Danang Setiya Raharya*, Soepriyono, Andaryati, Nia Saurina, Aris Setiawan Indras Pratama

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Surabaya

*Koresponden email: raharja.ds@uwks.ac.id

Diterima: 10 Oktober 2024

Disetujui: 16 Oktober 2024

Abstract

Landslides are one of the most common natural disasters in Indonesia. This disaster can cause significant material losses and casualties. Therefore, a landslide monitoring system must be an early warning system. Prevention is one of the important steps to reduce the negative impact of landslides. The existing landslide early warning system still needs improvement, including low accuracy and slow response in providing information. This research aims to create a product, which we have named DinSor, as a landslide early warning system by utilizing the Internet of Things (IoT). The proposed system uses IoT-based sensors to detect changes in ground conditions, including soil movement through ultrasonic sensors and the degree of soil water content through soil mixture sensors. The data generated by these sensors is then displayed on the website as graphs and numbers for analysis. The trial results show that the developed system has advantages in detecting potential landslides. The system's response in providing information has also proven to be accurate and precise, with warning times shorter than previous systems. When the sensor indicates a potential landslide, a warning message can be sent to the local regional disaster management agency via WhatsApp.

Keywords: *early warning, internet of things, landslides, microcontrollers*

Abstrak

Tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang paling sering terjadi di Indonesia. Bencana ini dapat menyebabkan kerugian materi dan korban jiwa yang besar. Oleh karena itu, diperlukan sistem monitoring tanah longsor yang dapat mendeteksi potensi bencana secara dini. Pencegahan merupakan salah satu langkah penting untuk mengurangi dampak negatif dari bencana ini. Sistem peringatan dini tanah longsor yang ada saat ini masih memiliki beberapa kelemahan, antara lain akurasi yang rendah dan respons yang lambat dalam penyampaian informasi. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan *Internet of Things* (IoT) dalam pembuatan produk yang kita beri nama DinSor dengan tujuan untuk melakukan monitoring deteksi dini tanah longsor menggunakan *microcontroller* dan *website* yang mampu memberikan kontribusi dalam sistem peringatan dini untuk mengurangi banyaknya korban. Sistem yang diusulkan menggunakan sensor-sensor berbasis IoT untuk mendeteksi perubahan kondisi tanah yang dapat berpotensi menyebabkan tanah longsor. Data yang dihasilkan dari sensor *ultrasonic* dan *soil mixture* tersebut kemudian ditampilkan ke *website* dalam bentuk grafik dan angka untuk dianalisis menjadi laporan informasi. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan memiliki keunggulan dalam mendeteksi potensi tanah longsor. Respons sistem dalam penyampaian informasi juga terbukti akurat dan tepat, dengan waktu pengiriman peringatan yang jauh lebih singkat dibandingkan sistem yang ada sebelumnya. Saat sensor menunjukkan adanya potensi tanah longsor, maka peringatan dapat dikirimkan kepada Badan Penanggulangan Bencana Daerah setempat melalui pesan *WhatsApp*.

Kata Kunci: *internet of things, mikro kontroler, peringatan dini, tanah longsor*

1. Pendahuluan

Berdasarkan kondisi geografis, geologis, maupun demografis, Indonesia dapat dikategorikan sebagai negara yang memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap terjadinya bencana alam [1]. Hal ini disebabkan oleh pertemuan tiga lempeng besar dunia, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik. Interaksi antar lempeng tersebut membuat Indonesia termasuk dalam jalur pegunungan aktif (*ring of fire*) [2].

Tanah longsor merupakan proses pergerakan material penyusun lereng meluncur ke arah kaki lereng karena kontrol gravitasi bumi [3]. Tanah longsor dapat disebabkan oleh berbagai hal antara lain kondisi lapisan tanah, proses geomorfologi, proses pelapukan kimia, proses fisik, serta akibat tindakan manusia yang mengganggu kesetimbangan lereng [4]. Tanah longsor juga disebabkan oleh curah hujan yang tinggi

sehingga kandungan air dan beban dalam lapisan tanah bertambah [5]. Tanah longsor di Indonesia umumnya dipicu oleh infiltrasi air ke dalam lereng khususnya ketika musim hujan [6]. Selain itu, infiltrasi air ke dalam tanah juga bisa terjadi akibat adanya genangan air, misalnya dalam bentuk kolam kecil, yang berada di puncak lereng [7]. Indikasi kelongsoran ditunjukkan dengan retakan – retakan pada dinding atau lereng [8].

Tanah longsor sering menyebabkan kerusakan pada bangunan dan hilangnya nyawa manusia. Metode untuk memperbaiki atau merehabilitasi lereng yang telah longsor sangat bervariasi, tergantung jenis longsor dan besarnya longsor, antara lain pembentukan ulang lereng (*resloping*) [9], dinding penahan tanah *gravity wall* [10], *cantilever wall* [11], timbunan tanah diperkuat dengan geosintetik (*mechanically stabilized earth wall, MSE wall*) [12], *soil nailing* [13] dan penimbunan lereng dengan material ringan seperti *geofoam* [14]. Mitigasi perlu dilakukan dengan melakukan identifikasi dan perkuatan sebagai langkah preventif pada lereng-lereng yang berpotensi longsor. Untuk mengurangi potensi hilangnya nyawa akibat tanah longsor maka diperlukan sistem peringatan dini (*early warning system*).

Pengembangan alat monitoring tanah longsor dipicu oleh bencana alam yang sering terjadi di berbagai wilayah akibat cuaca ekstrem, yang menyebabkan kerugian materi dan bahkan merenggut nyawa manusia [15]. Deteksi dini merupakan salah satu langkah penting untuk mengurangi dampak negatif dari bencana ini. Saat ini, teknologi *Internet of Things (IoT)* telah menunjukkan potensi besar dalam pengembangan sistem peringatan dini yang lebih efisien dan akurat [16].

Deteksi dini bencana alam merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan dengan menggunakan alat sederhana sebagai peringatan dini dari bahaya tanah longsor, banjir, gempa, dll. [17]. Alat pendeteksi untuk tanah longsor di Indonesia masih sangat minim. Dari ribuan lokasi rawan longsor, hanya beberapa lokasi saja yang sudah dilengkapi dengan alat pendeteksi tanah longsor [18]. Pendeteksi tanah longsor jarak jauh diperlukan untuk meningkatkan keakuratan pendeteksi pada pergerakan tanah tetapi juga diperlukan pengiriman informasi hasil pendeteksian [19].

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan *internet of things* untuk monitoring potensi tanah longsor menggunakan *microcontroller* yang dapat memberikan peringatan dini kepada Badan Penanggulangan Bencana Daerah setempat. Sistem peringatan dini tanah longsor yang dikembangkan dalam penelitian ini memanfaatkan sensor ultrasonik dan sensor kelembapan tanah. Sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur perubahan jarak permukaan tanah saat ada pergeseran, yang dapat mengindikasikan adanya perubahan ketinggian tanah. Arduino digunakan sebagai platform pemrosesan data dan pengiriman peringatan dini [20]. Data yang dikumpulkan oleh sensor dapat mengirimkan sinyal secara nirkabel ke Arduino sebagai otak dari sistem kendali melalui jaringan internet [21]. Di pusat kendali, data tersebut diolah dan dianalisis menggunakan algoritma khusus untuk menentukan tingkat risiko longsor (Sutikno, 2015). Tingkat risiko dinilai tinggi berdasarkan pembacaan sensor kelembapan tanah, dimana data yang telah terekam disajikan dalam bentuk grafik dan angka, dan kemudian sistem peringatan dini dapat diaktifkan sesuai kriteria bahaya yang telah ditentukan. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan mekanisme yang dapat mengirimkan notifikasi melalui *WhatsApp* dan mengaktifkan *buzzer* sebagai tanda peringatan jika terdeteksi kondisi bahaya. *Web server* dapat menyimpan data hasil deteksi secara *real-time*, dan pengguna dapat dengan mudah mengaksesnya melalui halaman *website monitoring* [22].

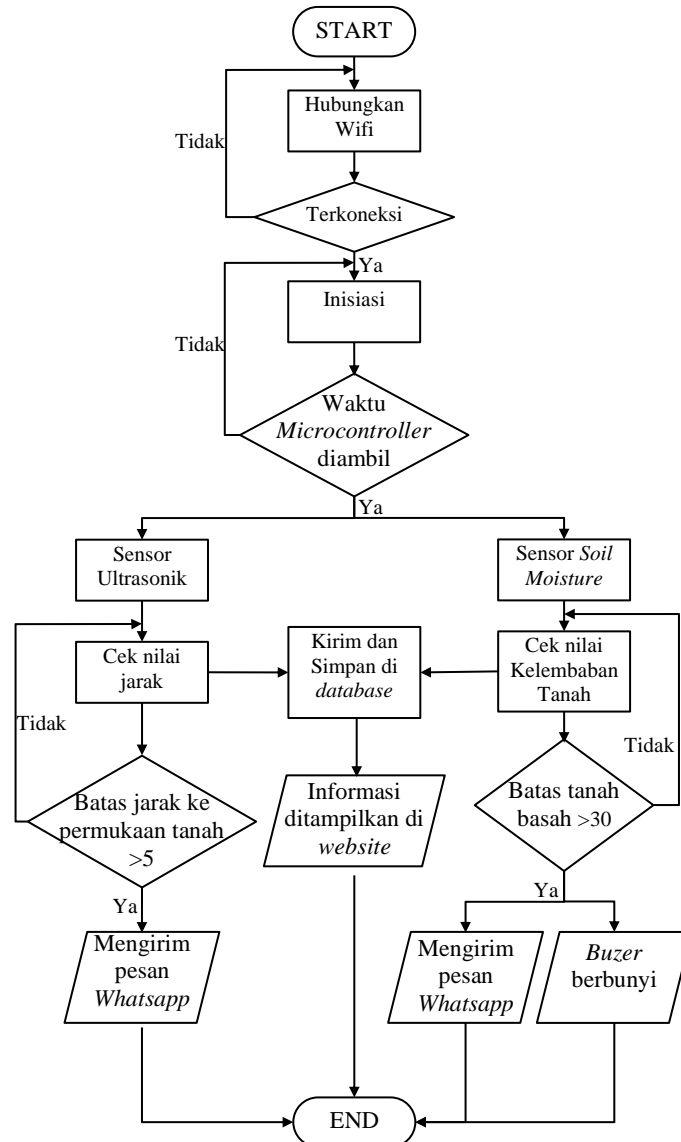
2. Metode Penelitian

Proses pembacaan sensor sampai proses pengiriman data ke *web server* dapat dilihat pada **Gambar 1**. Tahapan proses diawali dengan menghubungkan perangkat dengan jaringan internet atau *wifi*. Setelah terkoneksi kemudian dilakukan proses inisiasi *microcontroller* untuk bersiap melakukan pembacaan data melalui sensor yang telah tersambung. Dua jenis sensor yang digunakan yaitu sensor kelembapan tanah dan sensor ultrasonik. Sensor kelembapan tanah berfungsi untuk mengukur tingkat kelembapan tanah atau persentase kandungan air di dalam tanah. Sedangkan sensor ultrasonik berfungsi melakukan pengukuran jarak antara posisi alat/sensor dengan permukaan tanah. Data yang telah terbaca oleh sensor ini kemudian dikirim ke arduino esp32.

Pada proses di dalam arduino esp32, data sensor diolah dan dianalisis khususnya dibandingkan dengan nilai ambang batas. Langkah ini dilakukan untuk menentukan apakah ada potensi longsor atau masih dalam kondisi aman. Jika tingkat kelembapan tanah lebih tinggi dari ambang batas yaitu 30%, maka data akan dinilai memiliki potensi longsor dan akan membunyikan *buzzer* untuk memberikan tanda peringatan. Sedangkan untuk jarak, jika terdapat perubahan dari jarak semula lebih besar dari 5 cm, maka data akan dinilai memiliki potensi longsor dan akan membunyikan *buzzer*. Saat potensi longsor terdeteksi dan *buzzer* berbunyi, maka pesan peringatan dapat dikirimkan melalui aplikasi *Whatsapp* ke nomor telepon

yang telah ditentukan. Pesan tersebut dapat berisi informasi tentang potensi longsor serta tingkat kelembapan tanah.

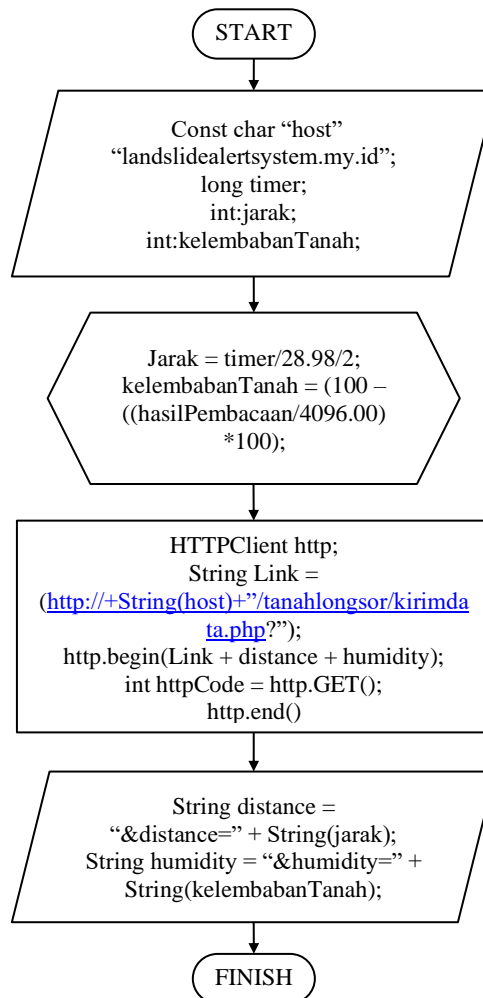
Selain diproses untuk mengirimkan pesan otomatis jika ditemukan potensi longsor, setiap data sensor yang telah terbaca pada rentang waktu tertentu akan disimpan dalam *database* serta dapat ditampilkan di *website* secara *real-time*. Data ini dapat digunakan oleh masyarakat untuk memantau kondisi tanah di daerah yang rawan longsor.



Gambar 1: Diagram Alir Produk
 Sumber: Hasil sintesis pribadi

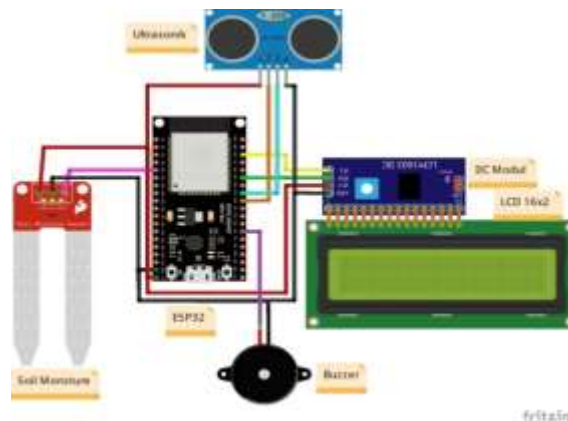
Gambar 2 menunjukkan proses diagram alir sistem peringatan dini ke *webserver*, dimulai dengan mendeklarasikan beberapa variabel-variabel *host* untuk menyimpan URL *server*, variabel *timer* dengan tipe data panjang (*long*), variabel jarak dengan tipe data *integer* (*int*), dan variabel kelembapanTanah dengan tipe data *integer* (*int*). Selanjutnya, jarak dihitung dengan membagi nilai *timer* dengan 28.98, kemudian membaginya lagi dengan dua. Kelembapan tanah dihitung menggunakan rumus nilai yang dibaca dari sensor (hasilPembacaan) dibagi dengan 4096.00, dikalikan 100, kemudian hasilnya dikurangi dari 100 untuk mendapatkan nilai kelembapan tanah. Setelah itu, objek *HttpClient* dibuat untuk mengirim data melalui *HTTP*. *String Link* dibuat dengan menggabungkan URL *host* dengan *path endpoint* untuk pengiriman data. Permintaan *HTTP* diinisialisasi dengan URL lengkap, termasuk parameter jarak dan kelembapanTanah. Permintaan *HTTP GET* dikirim dan kode status respons disimpan ke dalam variabel *httpCode*, kemudian permintaan *HTTP* diakhiri. Terakhir, *string distance* dibuat untuk menyimpan nilai

jarak yang telah dihitung, dan *string humidity* dibuat untuk menyimpan nilai kelembaban tanah yang telah dihitung. Proses ini diakhiri dengan menyelesaikan semua langkah yang telah disebutkan.



Gambar 2: Diagram Alir Produk ke *Webserver*
 Sumber: Hasil sintesis pribadi

Papan Arduino ESP32 seperti **Gambar 3** terhubung ke sensor kelembaban tanah melalui pin Analog In dan sensor ultrasonik melalui pin Digital In. Data yang dibaca dari sensor kelembaban tanah kemudian diproses oleh papan Arduino ESP32. Papan Arduino ESP32 kemudian menampilkan data tersebut di layar LCD dan menyalakan *buzzer* jika tanah terlalu basah.

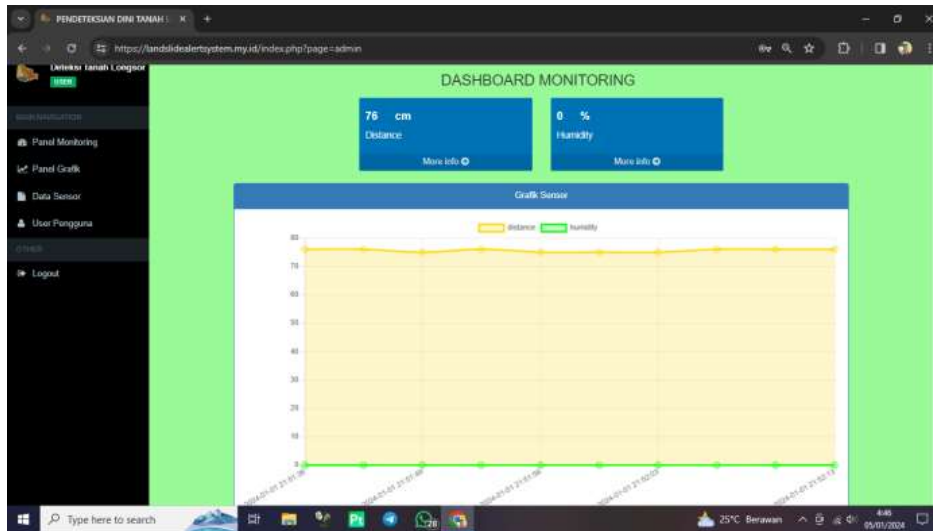


Gambar 3: Arsitektur Sistem
 Sumber: Hasil sintesis pribadi

3. Hasil dan Pembahasan

Halaman Dashboard

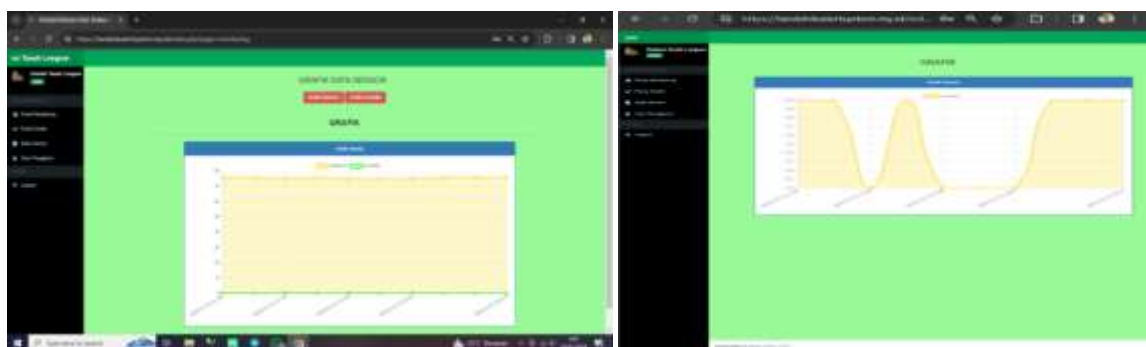
Gambar 4 menunjukkan tampilan halaman *Dashboard*, dimana terdapat beberapa menu yang terdiri dari : panel monitoring, panel grafik, data sensor, *user* pengguna, dan *logout*. Admin di halaman ini dapat melihat *dashboard* monitoring yang menampilkan hasil baca sensor dan grafik sensor secara keseluruhan.



Gambar 4: Arsitektur Sistem
Sumber: Hasil *screenshoot* website

Halaman Grafik Real Time

Gambar 5a menunjukkan halaman grafik *real-time*, dimana terdapat dua tombol pilihan yaitu: grafik *distance* dan grafik *humidity*.



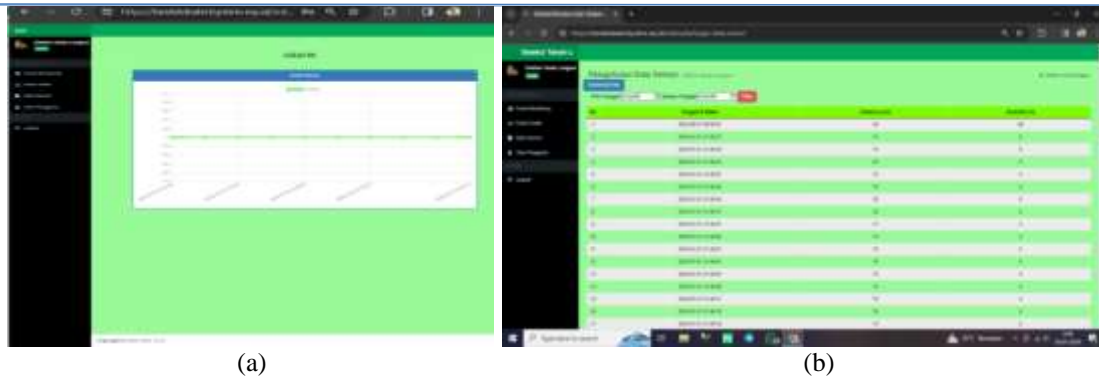
Gambar 5: (a) Halaman grafik *real-time* keseluruhan (b) halaman grafik *distance*
Sumber: Hasil *screenshoot* website

Grafik Distance

Informasi yang ditampilkan pada menu ini adalah hasil pembacaan sensor ultrasonik yang terhubung ke *microcontroller* esp32 yang sebelumnya telah terhubung ke internet. Data tersebut dapat dianalisis untuk mengetahui rata-rata perubahan jarak saat sensor bekerja. Pada sumbu X memberikan informasi tanggal keluaran sensor, sedangkan untuk sumbu Y memberikan informasi perubahan jarak, penambahan atau pengurangan untuk setiap detik seperti di **Gambar 5b**.

Grafik Humidity

Informasi yang ditampilkan pada menu grafik *humidity* ditunjukkan pada **Gambar 6a**. Hasil pembacaan sensor kelembaban tanah dapat dianalisis untuk mengetahui rata-rata kadar air yang terkandung di tanah. Pada sumbu X menampilkan tanggal saat sensor bekerja, sedangkan untuk sumbu Y adalah nilai dari kelembaban tanah dalam satuan persentase.



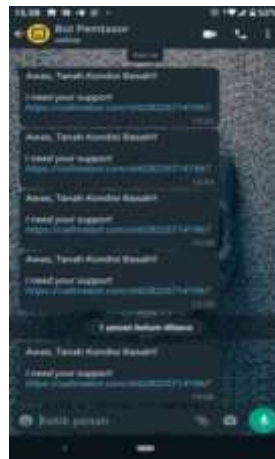
(a) (b)
Gambar 6: (a) halaman grafik *humidity* (b) halaman data sensor
Sumber: Hasil *screenshoot website*

Halaman Data Sensor

Gambar 6b menunjukkan tabel Data Sensor, dimana data yang ditampilkan adalah tabel “Tanggal & Waktu”, “Distance(cm)”, dan “Humidity(%)”. Pada bagian atas tabel data rekapitulasi terdapat tombol “filter” untuk memilih tanggal pembacaan sensor. Sedangkan pada bagian kiri atas terdapat tombol “Download data” yang berfungsi untuk mengunduh data sensor dari rentang waktu tertentu. Informasi yang ditampilkan di kolom “Tanggal & Waktu” adalah waktu saat sensor ultrasonik dan sensor kelembaban tanah membaca data jarak dan tingkat lembab tanah yang terhubung ke *microcontroller*. Informasi yang ditampilkan di kolom “Distance(cm)” adalah data sensor ultrasonik yang membaca data jarak tinggi antara sensor dan tanah. Nilai yang di tampilkan mempunyai satuan “cm”. Sedangkan informasi yang ditampilkan di kolom “Humidity(%)” adalah data sensor kelembaban tanah yang membaca data tingkat kandungan air dalam tanah. Nilai yang di tampilkan berupa persentase “%”.

Tampilan mengirim peringatan melalui whatsapp

Gambar 7 menunjukkan tampilan pesan dari sistem yang memberitahukan bahwa kondisi tanah basah karena ada hujan. Sistem akan secara otomatis mengirimkan perintah pesan “awas, tanah kondisi basah” pada implementasi sistem monitoring deteksi tanah longsor. Perintah tersebut terpanggil ketika sistem mendeteksi kadar air dalam tanah melebihi ambang batas pada alat sensor kelembaban tanah.



Gambar 7: Arsitektur Sistem
Sumber: Hasil *screenshoot whatsapp*

4. Kesimpulan

Sistem pemantauan deteksi tanah longsor berbasis web berhasil menjalankan fitur utama sesuai dengan desain yang direncanakan. Fitur utama ini mencakup kemampuan untuk melihat data dalam jangka waktu tertentu serta menampilkan grafik sensor secara *real-time*. Hasil uji menunjukkan bahwa sistem dapat menampilkan data secara akurat dan tepat waktu sesuai dengan pengaturan yang diinginkan. Sistem juga mampu menjalankan fitur tambahan, yaitu mengunduh data rekapitulasi sensor dalam jangka waktu tertentu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa data dapat diunduh tanpa kesalahan dan dalam format yang sesuai untuk analisis lebih lanjut. Sistem dapat menampilkan grafik data secara *real-time* di situs web selama alat sensor terhubung ke internet. Uji coba menunjukkan bahwa grafik data *real-time* dapat diakses tanpa keterlambatan signifikan sehingga dapat memastikan informasi yang *up-to-date* bagi pengguna.

Sistem dapat mengirimkan pesan *WhatsApp* kepada Admin berdasarkan kondisi kelembapan tanah. Selain itu, *buzzer* dapat berbunyi sebagai peringatan. Hasil uji membuktikan bahwa notifikasi dan bunyi *buzzer* berfungsi dengan baik sesuai dengan parameter kelembapan yang telah ditetapkan.

5. Singkatan

ESP32	Mikrokontroler yang dikenalkan oleh Espressif System
HTTPS	<i>Hypertext transfer protocol</i>
Int.	Interger
IoT	<i>Internets of Things</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>

6. Referensi

- [1] A. Ridwan, Muhandi, dan M. Yusa, "Identifikasi Stabilitas Lereng Tanah Longsor Menggunakan Metode Elemen Hingga," *JURNAL TEKNIK*, vol. 13, no. 2, hlm. 94–103, Okt 2019, doi: 10.31849/teknik.v13i2.3598.
- [2] D. D. Nugroho dan H. Nugroho, "Analisis kerentanan tanah longsor menggunakan metode frequency ratio di Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat," *Geoid*, vol. 16, no. 1, hlm. 8–18, 2020.
- [3] R. K. Tejo, D. P. T. Baskoro, dan B. Barus, "Regresi logistik biner dan rasional untuk analisis bahaya tanah longsor di kabupaten cianjur," *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, vol. 18, no. 1, hlm. 35–41, 2016.
- [4] M. E. Popescu, "Landslide causal factors and landslide remedial options," dalam *3rd international conference on landslides, slope stability and safety of infra-structures*, Citeseer, 2002, hlm. 61–81.
- [5] M. H. Hakim dan S. Winardi, "Sistem Pendeteksi Dini Tanah Longsor Menggunakan Sensor Vibration Berbasis Internet of Things," *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi (JUKANTI)*, vol. 5, no. 1, hlm. 101–110, Apr 2022, doi: 10.37792/jukanti.v5i1.450.
- [6] R. Hidayat, "Analisis Numerik Pengaruh Infiltrasi Hujan Terhadap Stabilitas Lereng Di Pangkalan, Sumatera Barat," *Jurnal Teknik Hidraulik*, vol. 11, no. 1, hlm. 25–36, Jun 2020, doi: 10.32679/jth.v11i1.630.
- [7] R. Hidayat, I. P. E. P. Wijaya, dan Moh. D. Munir, "Mekanisme Longsor Akibat Infiltrasi Dari Genangan Air (Studi Kasus Longsor di Lahat, Sumatera Selatan)," *Jurnal Teknik Hidraulik*, vol. 14, no. 1, hlm. 1–12, Jun 2023, doi: 10.32679/jth.v14i1.701.
- [8] A. Y. Effendi dan T. Hariyanto, "Pembuatan Peta Daerah Rawan Bencana Tanah Longsor Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Logic. (Studi Kasus : Kabupaten Probolinggo)," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 5, no. 2, Des 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.17190.
- [9] D. Kazmi *dkk.*, "Slope remediation techniques and overview of landslide risk management," *Civil engineering journal*, vol. 3, no. 3, hlm. 180–189, 2017.
- [10] B. Pereira dan W. Fernandes, "Gabion Walls—A Remedial Measure for Slope Stabilization," 2023, hlm. 409–419. doi: 10.1007/978-981-19-7245-4_36.
- [11] J. P. H. Waskito dan D. S. Raharja, "Comparative Study of Conventional Cantilever Wall and Mechanically Stabilized Earth Wall for Slope Failure Remediation," *Journal of Civil Engineering*, vol. 38, no. 3, hlm. 160, Des 2023, doi: 10.12962/j20861206.v38i3.19457.
- [12] P. Rimoldi, M. Lelli, P. Pezzano, dan F. Trovato, "Geosynthetic Reinforced Soil Structures for Slope Stabilization and Landslide Rehabilitation in Asia," 2021, hlm. 397–404. doi: 10.1007/978-3-030-60319-9_45.
- [13] S. Aziz, "Remediation of rainfall induced landslide in hills of Bangladesh using vegetation and nailing," Post graduate dissertations (Thesis), Bangladesh University of Engineering and Technology, Bangladesh, 2020.
- [14] A. Gunawan dan T. Gouw, "Protection of Slope Surface with Geofam Versus Compacted-fill," dalam *Proceeding of International Conference on Landslide and Slope Stability*, Bali, 2019.
- [15] N. Noviard dan D. Dilson, "Internet of Things Untuk Mitigasi Bencana Tanah Longsor Studi kasus: Jalan lintas Sumbar Riau," *Prosiding SISFOTEK*, vol. 2, no. 1, hlm. 68–73, 2018.
- [16] R. M. Utama, I. Sucahyo, dan M. Yantidewi, "Rancang Bangun Alat Deteksi Tanah Longsor Berbasis IOT dengan NODEMCU ESP8266 dan MPU6050," *JIIF (Jurnal Ilmu dan Inov. Fis., vol. 06, no. 02, pp. 137–146, 2022.*

- [17] P. B. Widagdo dan R. Khasanah, “EWS (Early Warning System) Sederhana Sebagai Pendeteksi Dini Tanah longsor di Kawasan Desa Kenalan,” *Jurnal Bina Desa*, vol. 5, no. 1, hlm. 1–8, Feb 2023, doi: 10.15294/jbd.v5i1.40816.
- [18] N. H. Sudibydo dan M. Ridho, “Pendeteksi Tanah Longsor Menggunakan Sensor Cahaya,” *Jurnal Teknologi Informasi Magister*, vol. 1, no. 02, hlm. 218–227, 2015.
- [19] R. Y. Endra, A. Cucus, F. N. Affandi, dan D. Hermawan, “Implementasi Sistem Kontrol Berbasis Web Pada Smart Room Dengan Menggunakan Konsep Internet Of Things,” *Explore: Jurnal Sistem Informasi dan Telematika*, vol. 10, no. 2, hlm. 331228, 2019.
- [20] I. Priyadi, F. Hadi, Y. S. Pranata, dan M. R. Razali, “Rancangan dan Implementasi Sistem Deteksi Longsor Berbasis SMS dan Progressive Web Apps,” *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 10, no. 1, hlm. 243, Jan 2022, doi: 10.26760/elkomika.v10i1.243.
- [21] N. K. D. Parwati, D. M. Wiharta, dan W. Setiawan, “Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Bahaya Tanah Longsor Dengan Sensor Hygrometer Dan Piezoelectric,” *E-Journal SPEKTRUM*, vol. 5, no. 2, hlm. 183–190, 2018.
- [22] J. K. T. Lengkong, M. E. I. Najooan, dan F. D. Kambey, “Sistem Monitoring Dan Peringatan Dini Zona Rawan Longsor Berbasis Internet Of Things,” 2022.