

PERANGKAT INTERNET OF THINGS DETEKSI DINI TANAH LONGSOR BERDASARKAN PERGERAKAN DAN KELEMBABAN TANAH

Agung Muhandiansyah^{1*}, Siswanto²

^{1,2}Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur, DKI Jakarta, Indonesia

Email: ¹1911530101@student.budiluhur.ac.id, ²siswanto@budiluhur.ac.id

(* : corresponding author)

Abstrak- Indonesia merupakan negara yang cukup sering terjadi bencana tanah longsor. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Republik Indonesia mencatat jumlah kejadian tanah longsor di Indonesia periode Januari sd Mei 2023 sebanyak 203 kejadian. Kontur tanah berbukit serta hujan akibat kondisi iklim tropis menjadi beberapa faktor cukup seringnya terjadi tanah longsor di Indonesia. Sementara itu, minimnya kesadaran akan pentingnya proses mitigasi risiko menyebabkan kerugian baik moril maupun materiil akibat tanah longsor menjadi besar, ketidaktahuan orang dalam menilai tingkat kerawanan suatu lokasi mendorong teretusnya penelitian ini. Penelitian ini bertujuan membangun suatu sistem *monitoring* dan perangkat deteksi dini tanah longsor (*landslide early detection system*) berbasis *Internet of Things* menggunakan sensor pergerakan dan kelembaban tanah yang disertai dengan notifikasi ke Telegram apabila terdeteksi pergeseran tanah dan kondisi kelembabannya. sistem dan perangkat dibangun menggunakan metode *prototyping* dengan langkah-langkah pengumpulan kebutuhan melalui studi literatur dan peninjauan lokasi kemudian melakukan desain sistem dan perangkat menggunakan bahasa pemrograman C pada mikrokontroler WeMos D1 dan bahasa pemrograman PHP pada *website monitoring*, kemudian melakukan uji coba di lokasi yang hasilnya dijadikan bahan evaluasi. Pemilihan mikrokontroler WeMos D1 dan sensor-sensor yang digunakan dalam pengembangan perangkat dikarenakan pengoperasiannya mudah, harga komponen yang relatif murah, dan pengembangan aplikasinya bersifat *open source* serta pengaplikasiannya yang fleksibel untuk berbagai kebutuhan. Hasil pengujian menunjukkan pengiriman data sensor ke web *server* melalui jaringan wifi cukup baik dengan mengalami jeda (*delay*) berkisar antara 1-2 detik, pengujian pengiriman notifikasi apabila tanah tempat perangkat diletakan terdeteksi mengalami pergerakan dengan jeda (*delay*) berkisar antara 2-3 detik.

Kata Kunci: Tanah, Longsor, IoT, Sensor, Deteksi, Sistem.

INTERNET OF THINGS EARLY LANDSLIDE DETECTION DEVICE BASED ON SOIL MOVEMENT AND MOISTURE

Abstract- Indonesia is a country that frequently experiences landslides. The National Disaster Management Agency (BNPB) of the Republic of Indonesia recorded 203 landslides in Indonesia for the period from January to May 2023. The hilly terrain and rain due to tropical climate conditions are several factors that cause frequent landslides in Indonesia. Meanwhile, the lack of awareness of the importance of the risk mitigation process causes both moral and material losses due to landslides to become large, ignorance of people in assessing the level of vulnerability of a location prompted this research to emerge. This study aims to build a monitoring system and landslide early detection system based on the Internet of Things using soil movement and moisture sensors accompanied by notifications to Telegram when soil shifts and moisture conditions are detected. systems and devices were built using the prototyping method with the steps of gathering requirements through literature studies and site surveys then carrying out system and device designs using the C programming language on the WeMos D1 microcontroller and the PHP programming language on the monitoring website, then conducting trials on location where the results were used as material evaluation. The selection of the WeMos D1 microcontroller and sensors used in device development is due to easy operation, relatively inexpensive component prices, open source application development and flexible application for various needs. The test results show that sending sensor data to the web server via the wifi network is quite good with delays ranging from 1-2 seconds, testing sending notifications if the ground where the device is placed is detected experiencing movement with delays ranging from 2-3 seconds..

Keywords: Soil, Landslide, IoT, Sensor, Detection, System.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang berada di daerah dengan cuaca dan perubahan iklim yang dinamis, ditambah lokasi Indonesia yang berada di pertemuan lempeng bumi dan terdapat beberapa gunung berapi yang masih aktif sehingga menyebabkan daerah di Indonesia cukup rawan terjadi bencana-bencana alam, seperti badai, topan, gempa bumi, siklon tropis, banjir, dan tanah longsor.

Definisi dari tanah longsor dapat dijelaskan sebagai gerakan turunnya massa tanah/batuan yang terjadi karena dipicu oleh faktor alam seperti jenis batuan, topografi, struktur dan batuan dasar, kemiringan, dan ketebalan batuan, bahan tanah/pelapukan, curah hujan dan tutupan vegetasi. Proses pergerakan ini dapat dikategorikan menjadi beberapa kategori yaitu bergeser (*sliding*), menggelinding (*rolling*), reruntuhan (*falling*), atau mengalir (*flowing*) [1].

Hampir setiap bulan terjadi bencana tanah longsor di berbagai daerah di Indonesia ditambah lagi apabila masuk musim hujan, kemungkinan terjadinya bencana ini semakin besar.

Faktor yang menyebabkan terjadinya tanah longsor antara lain dapat dipicu karena adanya gempa bumi dan oleh curah hujan yang tinggi yang menyebabkan tanah menjadi lembab dan struktur tanah menjadi tidak kuat kemudian bergeser. Beberapa wilayah Indonesia yang rawan gempa secara tidak langsung juga mengakibatkan beberapa wilayah tersebut juga rawan tanah longsor. Ditambah lagi kondisi tanah berupa lereng yang tidak ditopang oleh pepohonan dengan akar yang kuat membuat kawasan tersebut lebih rawan longsor [2].

Data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Republik Indonesia, pada tahun 2023 sampai dengan periode Mei 2023 saja sudah tercatat sebanyak 203 kejadian tanah longsor di Indonesia [3].

Banyaknya kejadian tanah longsor di Indonesia mendorong terciptanya teknologi dan inovasi yang bertujuan untuk mendeteksi secara dini kemungkinan terjadinya tanah longsor sebagai dasar upaya melakukan tindakan preventif dalam rangka mitigasi risiko. Risiko munculnya korban jiwa dan materi dapat dihindari dengan langkah-langkah mitigasi menggunakan kemajuan teknologi. Hal ini dapat diwujudkan apabila ada perangkat yang dapat mengukur parameter utama tanah longsor yang dapat digunakan sebagai metode mitigasi risiko secara lebih awal, karena sebelum bencana tanah longsor terjadi, terdapat perubahan besaran fisis tanah yang dinyatakan oleh parameter tersebut yang dapat diukur [4].

Untuk mengatasi permasalahan di atas, diperlukan suatu alat yang dapat memantau pergerakan tanah dan memperingatkan masyarakat sekitar akan bahaya longsor [5]. Prediksi longsor dan upaya deteksi dini sangat krusial sebagai upaya mengurangi jumlah korban jiwa dan materi akibat bencana. Pesatnya kemajuan keilmuan dan teknologi memungkinkan manusia untuk dapat memperkirakan terjadinya tanah longsor berdasarkan tanda-tanda perubahan fisis tanah dengan lebih akurat dan cepat. Semakin banyak tanda/parameter tanah yang dapat diukur dalam memprediksi terjadinya longsor, maka semakin akurat prediksi tentang kemungkinan kelongsoran di tempat tersebut [6].

Penggunaan teknologi memanfaatkan sensor *soil moisture* dan *accelerometer* yang dipasang pada perangkat mikrokontroler untuk kemudian dikoneksikan melalui jaringan internet ke aplikasi *monitoring* berbasis website akan memudahkan pengguna dalam melakukan pemantauan informasi secara *realtime* terkait dengan kondisi tanah yang rawan longsor.

Pada penelitian sebelumnya oleh Rustan dkk (2021) yang membuat perangkat sistem pendeteksi longsor menggunakan sensor kelembaban dan Flex Sensor yang dipasang pada board mikrokontroler Arduino Uno R3, perangkat pendeteksi longsor belum terkoneksi jaringan internet sehingga pengambilan data sensor dilakukan menggunakan kabel usb, perbedaannya pada penelitian kali ini penulis mengusulkan penggunaan sensor *accelerometer* dan sensor kelembaban tanah yang dipasang pada board mikrokontroler Wemos D1 dimana board mikrokontroler telah dilengkapi modul WiFi ESP8266 sehingga transfer data dapat dilakukan secara nirkabel yang kemudian data pengukurannya dapat dipantau secara *realtime* melalui *website* dan mampu mengirimkan notifikasi ke aplikasi perpesanan Telegram sehingga pengguna dapat melakukan langkah-langkah preventif serta mitigasi risiko yang diperlukan dalam penanganan tanah longsor.

Internet of Things (IoT) sebuah pemikiran/paham yaitu bagaimana suatu entitas objek memiliki kemampuan untuk mengirim atau menerima data melalui suatu jaringan tanpa diperlukan adanya campur tangan/ bantuan manusia ke manusia atau manusia ke komputer [7].

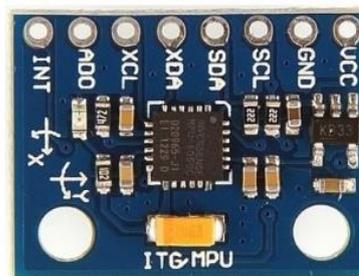
Mikrokontroler dapat didefinisikan sebagai komputer mini yang dibuat dalam bentuk chip IC (sirkuit terintegrasi) yang kemudian diprogram untuk mengeksekusi suatu tugas atau operasi tertentu/spesifik. Komponen IC mikrokontroler antara lain terdiri dari satu atau lebih CPU, memori penyimpanan, serta perangkat input & output yang dapat diprogram sesuai kebutuhan. [8].

WeMos-D1 adalah sebuah unit mikrokontroler memiliki kemampuan WiFi berbasis ESP8266-12 pada sehingga memungkinkan board untuk terhubung dengan wifi [9], WeMos D1 memiliki tampilan seperti pada gambar 1.



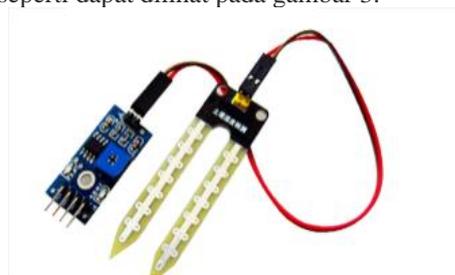
Gambar 1. Board Mikrokontroler WeMos D1

Sensor Accelerometer adalah sebuah *Inertial Measurement Unit (IMU) Module* yang dilengkapi chip MPU-6050. Chip yang terpasang dilengkapi dengan *three-axis Accelerometer* (sensor pergerakan) dan *three-axis Gyroscope* (pengatur keseimbangan), sehingga dikatakan bahwa chip ini memiliki *six degrees of freedom (DOF)*. Sensor ini juga sudah memiliki *Digital Motion Processors (DMP)*[10], yang berguna untuk mengolah *raw data* dari setiap sensor. Sensor yang digunakan berisikan sebuah *Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) Accelerometer* dan sebuah *MEMS Gyroscope* yang terintegrasi satu dan lainnya, sehingga memiliki kemampuan pengukuran yang sangat akurat dan memiliki fasilitas hardware internal 16 bit ADC untuk setiap kanalnya, sensor tersebut memiliki tampilan seperti pada gambar 2



Gambar 2. Sensor Accelerometer

Sensor kelembaban tanah/*soil moisture* adalah sensor yang berfungsi untuk mendeteksi kelembaban tanah. Sensor ini cukup simpel dan ringkas namun kemampuannya cukup ideal dan memiliki keakuratan dalam membaca tingkat kelembaban tanah. Pada sensor ini terdapat dua buah *probe* yang mengalirkan arus listrik melalui tanah kemudian membaca nilai hambatannya untuk mendapatkan pembacaan tingkat kelembaban. [11], sensor kelembaban tanah memiliki tampilan seperti dapat dilihat pada gambar 3.

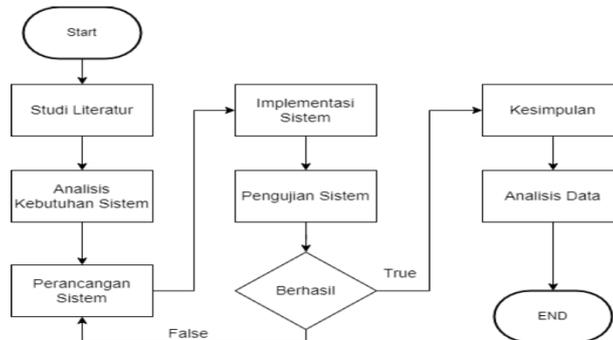


Gambar 3. Sensor Kelembaban Tanah

Diharapkan dengan adanya sistem dan perangkat deteksi dini bencana tanah longsor, dapat menjadi suatu dasar dalam pengambilan keputusan terkait mitigasi bencana dalam hal ini tanah longsor, sehingga kerugian dan dampak negatif dari bencana tanah longsor dapat ditanggulangi sesegera mungkin. Pembeda dengan penelitian sejenis sebelumnya yang sudah pernah dilaksanakan adalah penggunaan dua buah sensor yang memberikan gambaran lebih detail mengenai kondisi tanah tempat perangkat diletakkan, serta pemantauan melalui *web monitoring* yang menampilkan data secara *realtime*.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bagan Alur/Urutan Penelitian



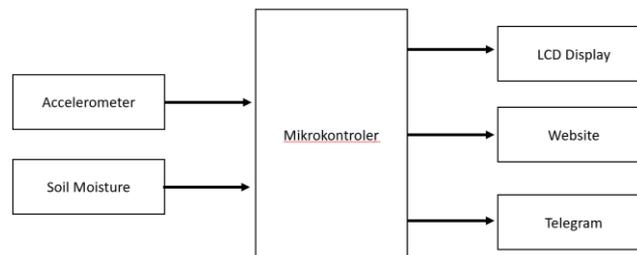
Gambar 4. Bagan Alur Urutan Penelitian

Tahapan/urutan penelitian kali ini dapat dilihat pada Bagan Alur Urutan Penelitian (Gambar 4)

2.2 Data Penelitian

Dalam penelitian kali ini, data yang digunakan adalah perubahan nilai dari hasil pembacaan tingkat kelembaban dan sudut kemiringan berdasarkan pergeseran tanah menggunakan *accelerometer* dan *soil moisture* sensor yang dipasang pada mikrokontroler.

2.3 Blok Diagram

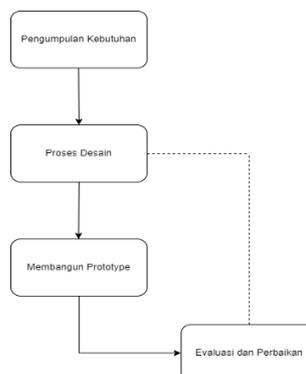


Gambar 5. Blok Diagram

Gambar 5 merupakan Diagram blok dari sistem/perangkat yang akan dirancang, diagram blok adalah diagram dari suatu sistem di mana bagian-bagian atau fungsi utama diwakili oleh blok-blok yang dihubungkan oleh garis-garis yang menunjukkan hubungan blok-blok tersebut

2.4 Tahapan Penelitian

Dalam perancangan sistem deteksi dini tanah longsor berbasis *Internet of Things*, penulis menggunakan metode *prototyping* dengan melakukan langkah-langkah yang dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 6. Langkah-langkah prototyping

Penjelasan alur tahapan langkah *prototyping* pada gambar 6

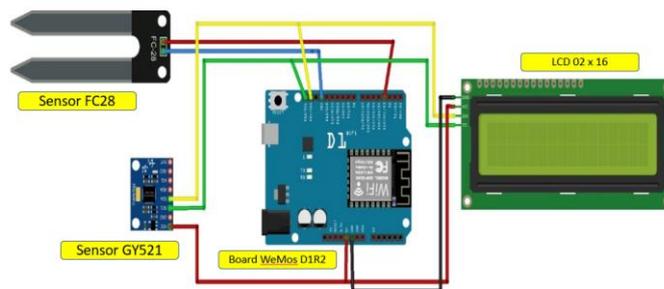
a. Pengumpulan Kebutuhan

Pada langkah ini penulis melakukan studi literatur atas penelitian sejenis dalam rentang waktu 5 (lima) tahun terakhir untuk kemudian mengidentifikasi kebutuhan dasar, inventarisasi komponen dan perlengkapan yang dibutuhkan untuk merancang sistem yang dibuat. Adapun hasil identifikasi kebutuhan dan inventarisasi komponen adalah sebagai berikut :

1. Mikrokontroler WeMos D1 Wifi
2. *Accelerometer* GY521 MPU6050
3. *Soil moisture* Sensor
4. LCD Display 16x02
5. Power Adapter
6. Kabel *Jumper*
7. Box Alat dengan *mounting*/dudukan

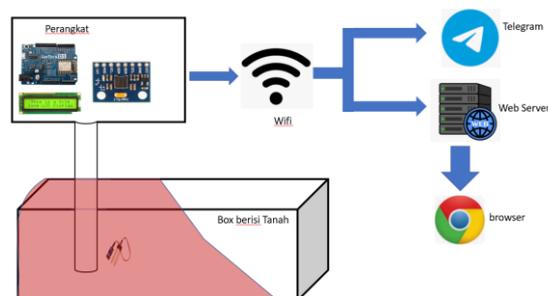
b. Proses Desain Cepat (Quick Design)

Informasi mengenai kebutuhan sistem kemudian dijadikan landasan dalam proses merancang desain yang mencakup masukan, proses dan format hasil. Proses desain mengarah ke pembangunan prototype untuk kemudian dilakukan evaluasi untuk menyesuaikan kebutuhan dan tujuan sistem yang dikembangkan. Pada tahap ini dilakukan perancangan perangkat keras maupun lunak yang akan dimanfaatkan pada sistem deteksi dini tanah longsor berbasis IoT. Adapun desain skematik, ilustrasi sistem dan bagan alur/*flowchart* deteksi dini tanah longsor dapat dilihat seperti pada gambar berikut.



Gambar 7. Skematik perangkat

Pada gambar 7 tersebut dapat dilihat skematik koneksi antara tiap komponen yang digunakan dalam penelitian kali ini, skematik dirancang agar dalam implementasi perakitan perangkat dapat dibuat sesuai rencana dan kemudahan dalam memetakan koneksi pin.



Gambar 8. Ilustrasi Sistem

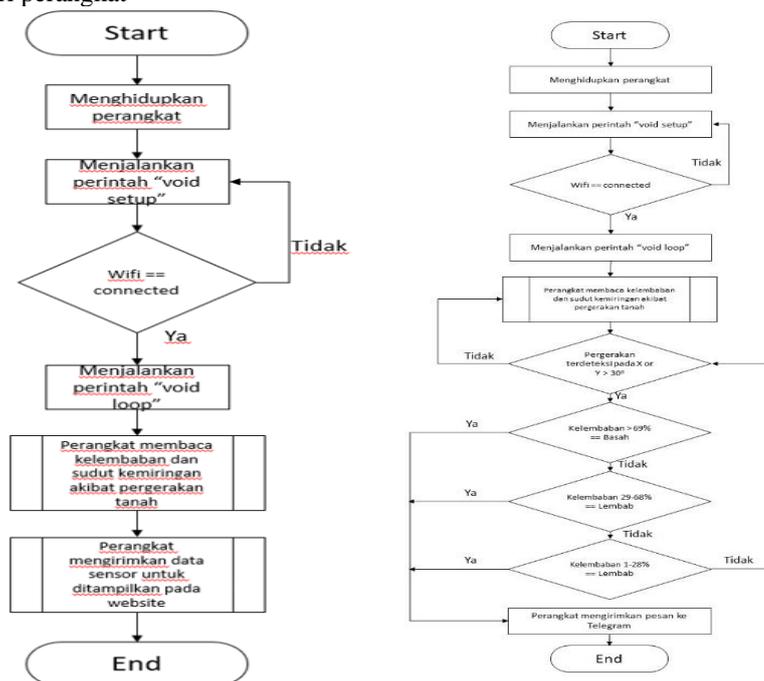
Pada gambar 8 di atas dapat dilihat gambaran/ilustrasi dari sistem deteksi dini tanah longsor yang diusulkan, dimana perangkat ditancapkan dalam tanah, kemudian apabila terkoneksi jaringan melalui wifi dapat mengirimkan data pemantauan ke *web server* yang dapat diakses melalui *browser* dan notifikasi telegram..

c. Membangun *Prototype*

Pada langkah ini penulis mulai mewujudkan *prototype* berdasarkan hasil desain. Proses pembangunan *prototype* dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Mempersiapkan perangkat keras dan lunak yang akan digunakan dalam perancangan sistem.

- Melakukan pengujian atas komponen yang akan digunakan secara terpisah termasuk melakukan kalibrasi sensor apabila diperlukan sebelum dirangkai menjadi suatu alat, komponen yang telah disiapkan harus diuji terlebih dahulu untuk memastikan bahwa komponen dapat berfungsi dengan baik.
- Melakukan perakitan alat dengan menghubungkan seluruh komponen sensor *accelerometer* dan *soil moisture* yang telah diujicoba kemampuannya serta komponen pendukung seperti LCD ke mikrokontroler.
- Menyusun *sketch* program yang merupakan gabungan dari *sketch* pengujian tiap-tiap komponen sensor dengan menambahkan *libraries* dan kode tambahan yang dibutuhkan pada *sketch* (misal : *library* untuk koneksi wifi, API pengiriman data ke *website*, bot Telegram untuk notifikasi pemantauan) untuk mendukung kinerja dari sistem yang dibuat.
- Membuat *website* beserta database untuk keperluan *dashboard monitoring* yang menampilkan hasil bacaan sensor dari perangkat



Gambar 9. Flowchart

d. Evaluasi dan Perbaikan

Setelah sistem berhasil dibangun kemudian dilakukan pengujian sistem dan perangkat secara keseluruhan untuk menguji apakah sistem deteksi dini tanah longsor berjalan sesuai yang diharapkan dan sebagai bahan evaluasi untuk pengembangan dan perbaikan sistem kedepannya.

2.5 Rancangan Pengujian

Pengujian dilakukan dengan mengukur nilai pembacaan pada sensor-sensor yang dipasang pada perangkat dengan meniru pergerakan tanah dengan melakukan dorongan untuk menggeser tanah dan posisi perangkat untuk menguji pembacaan sensor *accelerometer* dan menambahkan air agar tanah menjadi lembab/basah untuk menguji pembacaan sensor kelembaban tanah/*soil moisture*, untuk kemudian mengirimkan data pembacaan tersebut ke *database website monitoring* dan mengirimkan notifikasi ke aplikasi perpesanan Telegram apabila sudut kemiringan akibat pergerakan tanahnya sudah melewati batas tertentu dimana pergerakan yang menyebabkan kemiringan $>30^{\circ}$ sudah dikategorikan curam[12] sekaligus dengan informasi kelembaban tanah (Kering, Lembab atau Basah)[13]. Adapun rencana pengujian penelitian kali ini dapat dilihat pada tabel 1 berikut

Tabel 1. Rencana Pengujian

Komponen	Rencana Pengujian	Target
Sensor <i>Accelerometer</i>	Menguji pembacaan sudut kemiringan	Mampu membaca sudut kemiringan

Komponen	Rencana Pengujian	Target
Sensor <i>Soil moisture</i>	Menguji pembacaan kelembaban tanah	Mampu membaca kelembaban
Mikrokontroler	Menguji penerimaan hasil pembacaan sensor dan pengiriman notifikasi Telegram	Mampu menerima data sensor dan mengirimkan hasil setrta notifikasi Telegram
<i>Website Monitoring</i>	Menguji fungsi menampilkan data secara <i>real time</i>	Mampu menampilkan data sensor secara <i>realtime</i>
Perangkat Keseluruhan	secara Menguji semua komponen dari perintah sistem	Mampu menjalankan semua perintah komponen sistem

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini berisikan analisis, hasil implementasi dan pengujian serta pembahasan atas rancang bangun sistem deteksi dini tanah longsor berbasis IoT menggunakan sensor *accelerometer* dan *soil moisture*.

3.1 Pengujian Perangkat

Pengujian perangkat dilakukan setelah memastikan seluruh komponen dapat berfungsi dengan baik, perangkat dirakit secara menyeluruh dengan cara menghubungkan seluruh komponen sensor termasuk display ke mikrokontroler Wemos D1, rincian koneksi *board* dengan sensor dan display dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Koneksi Board dengan Komponen Pendukung

WeMos D1	Accelerometer GY521	<i>Soil moisture</i>	LCD
5V	VCC	VCC	VCC
GND	GND	GND	GND
SDA	SDA	-	SDA
SCL	SCL	-	SCL
-	-	D0	-
A0	-	A0	-

Rangkaian perangkat ditempatkan pada box alat yang dimodifikasi menggunakan *mounting* agar bisa diletakkan di tanah dan dikondisikan sehingga posisi sensor rata baik dalam kondisi ditancapkan ataupun tidak, pada penelitian ini perangkat ditenagai melalui *powerbank* kapasitas 10.000 mAh melalui *port micro USB*. Perangkat yang telah dirakit dapat dilihat pada gambar 10 berikut:



Gambar 10. Perangkat Pengujian

3.2 Skenario Pengujian

Sebagai langkah pengujian perangkat dalam berbagai kondisi, direncanakan pengujian pada 3 skenario kondisi sebagai berikut :

- Pengujian pada kondisi diam dengan menambahkan air sehingga kadar kelembaban meningkat,
- Pengujian dengan melakukan simulasi dorongan pada sumbu X (ke arah kanan/kiri),

- c) Pengujian dengan melakukan simulasi dorongan pada sumbu Y (ke arah depan/belakang).

3.3 Hasil Pengujian

Hasil pengujian perangkat deteksi dini tanah longsor pada scenario pengujian adalah sebagai berikut :

- a) Pengujian dengan meletakkan perangkat diatas tanah dan menambahkan air sebanyak $\pm 500\text{ml}$.

Tabel 3. Hasil Pengujian Skenario A

SKENARIO A	
Sebelum	Sesudah
Sumbu X = 3	Sumbu X = 3
Sumbu Y = 4	Sumbu Y = 4
Kelembaban = 0	Kelembaban = 71

- b) Pengujian dengan melakukan simulasi dorongan pada sumbu X (ke arah kanan/kiri),

Tabel 4. Hasil Pengujian Skenario B

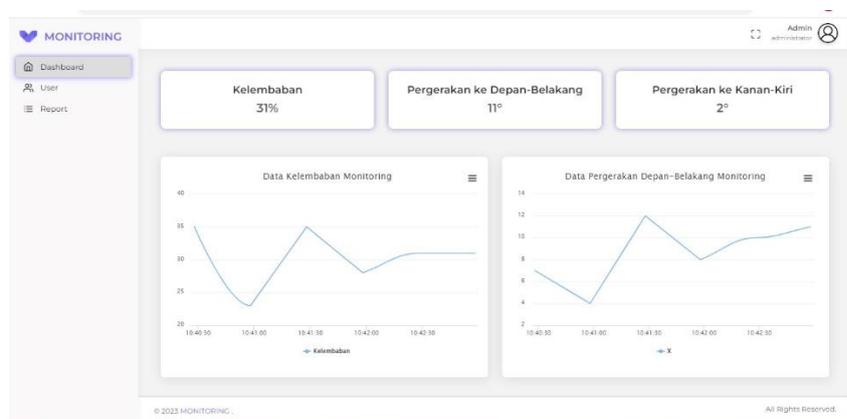
SKENARIO B	
Sebelum	Sesudah
Sumbu X = 3	Sumbu X = 69
Sumbu Y = 4	Sumbu Y = 1
Kelembaban = 71	Kelembaban = 72

- c) Pengujian dengan melakukan simulasi dorongan pada sumbu Y (ke arah depan/belakang).

Tabel 5. Hasil Pengujian Skenario C

SKENARIO C	
Sebelum	Sesudah
Sumbu X = 3	Sumbu X = 3
Sumbu Y = 4	Sumbu Y = 40
Kelembaban = 71	Kelembaban = 72

Selain melakukan pengujian terhadap perangkat pengukuran, penelitian kali ini juga menguji kemampuan perangkat dalam mengirimkan data pengukuran ke *website monitoring* dan aplikasi perpesanan Telegram apabila parameter tertentu sudah dipenuhi yaitu kemiringan akibat pergeseran sebesar $>30^\circ$ dan kondisi kelembaban tanah dikategorikan kering, lembab dan basah. Hasil pengujian menunjukkan terdapat jeda/delay penerimaan data dari sensor pada *website* kurang lebih 1-2 detik dan *delay* penerimaan notifikasi Telegram kurang lebih 2-3 detik. Tampilan dari *website* dan notifikasi telegram tersebut dapat dilihat pada gambar 11 dan 12 berikut.



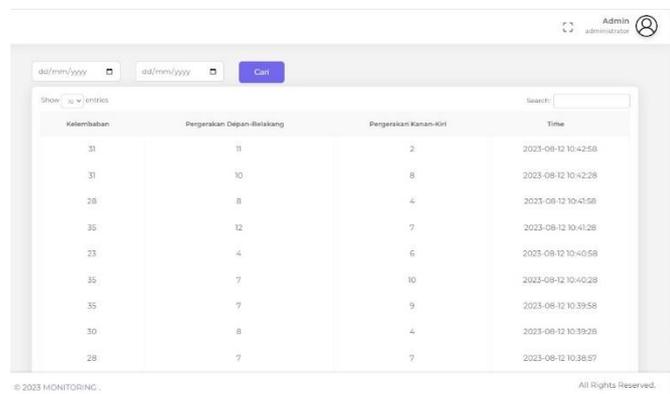
Gambar 11. Halaman website monitoring



Gambar 12. Notifikasi Telegram

4. KESIMPULAN

Kesimpulan-kesimpulan yang didapatkan dengan penelitian ini adalah telah dirancang suatu sistem deteksi dini tanah longsor berbasis internet of things dengan menggunakan sensor *accelerometer* dan sensor *soil moisture* tanah yang dapat dipantau melalui *website* dan notifikasi melalui telegram tentang kondisi tanah apabila sudut kemiringan sudah melalui parameter tertentu. Hasil pengujian sebagaimana ditunjukkan di halaman report pada website monitoring di gambar 13 menunjukkan bahwa rancangan sistem dan perangkat yang dibangun berhasil membaca nilai sensor dan mengirimkan data ke *website* untuk ditampilkan dalam halaman web, kesimpulan yang dapat diambil adalah perangkat berjalan dengan baik dan memenuhi tujuan dan fungsi yang direncanakan dimana hasil pengujian perangkat dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan pemangku kepentingan untuk mengambil keputusan dalam upaya mitigasi risiko tanah longsor di lokasi pemasangan alat.



Kelambaban	Pergeseran Depan-Belakang	Pergeseran Kanan-Kiri	Time
31	11	2	2023-08-12 10:42:58
31	10	8	2023-08-12 10:42:28
28	8	4	2023-08-12 10:41:58
35	12	7	2023-08-12 10:41:28
23	4	6	2023-08-12 10:40:58
35	7	10	2023-08-12 10:40:28
35	7	9	2023-08-12 10:39:58
30	8	4	2023-08-12 10:39:28
28	7	7	2023-08-12 10:38:57

Gambar 13. Hasil Pengujian pada halaman report

Saran untuk penelitian berikutnya adalah kemungkinan membuat alat yang lebih *compact* sehingga dimensi alat tidak terlalu besar, atau penggunaan sumber listrik yang *environmental-friendly* seperti panel surya, serta penambahan *identifier/marker* pada data pengukuran untuk mengakomodir pemantauan penggunaan perangkat lebih dari satu buah apabila diadaptasikan dalam penggunaan skala besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Anwar, Muhammad Ary Murti, and H. Mukhtar, "Perancangan Sistem Pendeteksi Tanah Longsor Menggunakan Sensor Rotary Encoder Berbasis Iot," vol. 7, no. 1, Apr. 2020.
- [2] R. Isnaini, "Analisis Bencana Tanah Longsor di Wilayah Provinsi Jawa Tengah," *Islamic Management and Empowerment Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 143–160, Dec. 2019, doi: <https://doi.org/10.18326/imej.v1i2.143-160>.
- [3] (2023) Website Data Informasi Bencana Indonesia. [Online]. <https://dibi.bnpb.go.id/xdibi2> diakses pada 1 Juni 2023.

- [4] P. Fitriani, K. Dwi Lestari, H. Dika Pratama, and Madlazin. “Rancang Bangun Prototipe Deteksi Dini Tanah Longsor Berbasis Double Sensor”. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)* vol. 08 No. 02 pp. 50-58, 2019.
- [5] A. Putra, T. Rohana, S.A. Puspita L., “Sistem Peringatan Dini Bencana Alam Tanah Longsor Berbasis Internet Of Things”. *Jurnal Scientific Student Journal for Information, Technology and Science*. Vol. III No: 1, Januari 2022
- [6] T. Hidayat, “Sistem Pendeteksi Dini Longsor Menggunakan Teknologi Wireless Sensor Network (WSN),” *Jurnal Teknik Elektro ITP*, vol. 6, no. 1, pp. 87–92, Jan. 2017, doi: <https://doi.org/10.21063/jte.2017.3133611..>
- [7] Kalisa, A. Nurdin, M. Fadhli. “Perancangan Alat Peringatan Dini Longsor dengan Sensor Ultrasonik dan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Internet of Things (IoT), *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri*, pp 188-192. 2019
- [8] A. Junaedi, M. Dewi Manikta Puspitasari, and Miftakhul Maulidina, “Pengaruh (Intensor) Induktor Heater Menggunakan Thermal Sensor Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano Dalam Mengolah Logam,” vol. 4, no. 2, pp. 169–175, Nov. 2021, doi: <https://doi.org/10.29407/noe.v4i2.16754>.
- [9] H. H. Abrianto, K. Sari, and I. Irmayani, “Sistem Monitoring Dan Pengendalian Data Suhu Ruang Navigasi Jarak Jauh Menggunakan WEMOS D1 Mini,” *Jurnal Nasional Komputasi dan Teknologi Informasi (JNKTI)*, vol. 4, no. 1, pp. 38–49, Feb. 2021, doi: <https://doi.org/10.32672/jnkti.v4i1.2687>.
- [10] F. Mangkusamito, D. Tadeus, H. Winarno, and E. Winarno, “Peningkatan Akurasi Sensor GY-521 MPU-6050 dengan Metode Koreksi Faktor Drift”, *Ultima Computing : Jurnal Sistem Komputer*, vol. 12, no. 2, pp. 91-95, Nov. 2020.
- [11] J. E. Candra and A. Maulana, “Penerapan Soil Moisture Sensor Untuk Desain System Penyiram Tanaman Otomatis”, *SNISTEK*, no. 2, pp. 109–114, Nov. 2019.
- [12] D. Karnawati, “Pengenalan Daerah Rentan Gerakan Tanah dan Upaya Mitigasinya”, *Seminar Nasional Mitigasi Bencana Alam Tanah Longsor*. 2001
- [13] Lutfiyana, N. Hudallah, and A. Suryanto, “Rancang Bangun Alat Ukur Suhu Tanah, Kelembaban Tanah, dan Resistansi,”. *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 80–86, Dec. 2017, doi: <https://doi.org/10.15294/jte.v9i2.11087>.