

Aplikasi *Mobile Monitoring* Dan Deteksi Dini Tanah Longsor Berbasis *Internet Of Things (IOT)*

Muh. Rafli Rasyid¹, Muh. Fahmi Rustan², Edwin³ Fadhil Dwi Arkam⁴

^{1,2,3,4} Universitas Sulawesi Barat, Jl. Prof. Dr. Baharuddin Lopa Talumung, Majene 91412, Indonesia
e-mail: mraffi@unsulbar.ac.id¹, muhfahmi@unsulbar.ac.id², edwinmnz@gmail.com³, fadil.newbie@gmail.com⁴

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi : 26 Oktober 2024

Revisi Akhir 05 November 2024

Diterbitkan Online : 30 November 2024

Kata Kunci:

Aplikasi *Mobile*, Sistem *Monitoring*, Sistem Deteksi, Tanah Longsor, IoT

Korespondensi:

Telepon / Hp : -

E-mail : mraffi@unsulbar.ac.id

A B S T R A K

Tanah longsor merupakan fenomena geologi yang terjadi akibat perpindahan massa batuan atau tanah ke arah bawah, yang sering dipicu oleh kondisi geografis seperti pegunungan dan lereng yang tidak stabil. Provinsi Sulawesi Barat, yang terdiri dari enam kabupaten, salah satu jalur yang paling banyak dilalui untuk menghubungkan antara kabupaten yaitu jalan Nasional Trans Sulawesi adalah jalur Majene-Mamuju sebagai jalur penting yang rentan terhadap longsor akibat curah hujan tinggi dan kondisi geografisnya yang ekstrem dimana sepanjang jalan berbatasan langsung dengan laut dan tebing, tercatat sepanjang tahun 2022-2024 sering kali terjadi longsor batu, tanah bahkan pohon tumbang akibat tingginya curah hujan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang aplikasi mobile berbasis Internet of Things (IoT) untuk monitoring dan deteksi dini tanah longsor, sejalan dengan prinsip Revolusi Industri 4.0 yang mengutamakan otomatisasi dan digitalisasi. Metode penelitian yang digunakan adalah *research and development (RND)*, dengan model pengembangan prosedural untuk menghasilkan produk yang dapat diuji kelayakannya. Sistem yang dihasilkan mampu memberikan informasi pergeseran tanah, kondisi kelembaban tanah, dan status kondisi hujan pada perangkat mobile serta memberikan peringatan suara melalui buzzer ketika nilai ambang batas untuk setiap sensor terpenuhi untuk status kondisi titikrawan longsor. Komponen utama seperti NodeMCU, sensor kelembaban tanah, sensor hujan, dan accelometer MPU6050 berfungsi sesuai harapan dalam mendeteksi potensi tanah longsor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini efektif dalam memberikan peringatan dini melalui monitoring dari perangkat mobile dan suara buzzer, dan diharapkan dapat berkontribusi dalam meningkatkan kesadaran dan pencegahan terhadap bahaya tanah longsor.

1. PENDAHULUAN

Tanah longsor adalah suatu proses geologi yang disebabkan oleh adanya perpindahan massa batuan maupun tanah. Tanah longsor dapat juga didefinisikan perpindahan material pembentuk lereng yang bergerak ke bawah atau keluar lereng[1]. Secara umum tanah longsor disebabkan oleh kondisi geografis berupa pegunungan dan lereng sehingga menyebabkan tanah menjadi tidak stabil.

Tanah longsor merupakan Bencana alam yang dapat memakan korban jiwa dan material, tanah longsor juga sering terjadi di daerah perbukitan atau pegunungan seperti di Indonesia, Jepang, China, Norwegia, Swiss, Yugoslavia dan lokasi lainnya, yang merupakan permasalahan yang serius yang harus ditangani [2]. Indikator terjadinya pergeseran atau tanah longsor antara lain adalah adanya retakan-retakan tanah, pohon-pohon yang miring, air tanah yang berubah warna atau bau, dan suara gemuruh dari lereng. Gerakan massa (*mass movement*) tanah atau batuan pada bidang longsor potensial disebut dengan longsor [3].

Sulawesi Barat adalah sebuah provinsi yang terletak di bagian barat pulau Sulawesi, Provinsi Sulawesi Barat terdiri dari 6 kabupaten yaitu Majene, Mamuju, Mamuju Tengah, Pasangkayu, Polewali Mandar dan Mamasa. Salah satu jalur yang paling banyak dilalui untuk menghubungkan antara kabupaten yaitu jalan Nasional Trans Sulawesi Kabupaten Majene dan Kabupaten Mamuju sebagai Ibukota Provinsi yang memiliki panjang kurang lebih 229 Km dan memiliki kondisi geografis ekstrem dimana sepanjang jalan berbatasan langsung dengan laut dan tebing, menyebabkan lokasi ini menjadi salah satu lokasi yang paling rawan longsor. Tercatat pada tahun 2022-2024 telah terjadi longsor batu, tanah bahkan pohon tumbang terjadi pada ruas Bts. Kab. Mamuju - Tameroddo pada KM. 77+700, KM. 77+800, KM. 78+400, dan KM. 84+200, kurang lebih ada 4 titik longsor sepanjang jalur Majene - Mamuju yang diakibatkan tingginya curah hujan[4].

Beberapa langkah telah dilakukan oleh BPJN Sulawesi Barat yakni memetakan topografi dengan potongan memanjang dan melintang pada lokasi

longsor, melakukan penyelidikan tanah (geologi) secara menyeluruh pada lokasi longsor, melakukan pengujian dan analisis laboratorium tanah, dan kemudian menentukan penanganan yang akan dilakukan pada lokasi. Namun, permasalahan umum muncul akibat keterlambatan informasi mengenai kejadian longsor kepada pengguna jalan.

Konsep *Internet of Things* (IoT) dibuat oleh anggota dari komunitas *development Radio Frequency Identification* (RFID) pada tahun 1999, dan sekarang ini semakin relevan karena adanya perkembangan dari perangkat seluler, *embedded* dan *ubiquitous system*, *cloud computing*, dan data analisis [5]. IoT juga dapat memungkinkan komunikasi menggunakan internet terhadap semua benda yang ada di sekitar kita [6]. IoT merupakan sarana komunikasi yang lebih banyak digunakan untuk komunikasi *machine to machine*, jaringan nirkabel, jaringan sensor, 2G/3G/4G/ GSM, GPRS, RFID, Wi-Fi, GPS, mikroprosesor dll. Alat tersebut adalah teknologi yang dapat mendukung pengaplikasian IoT [7].

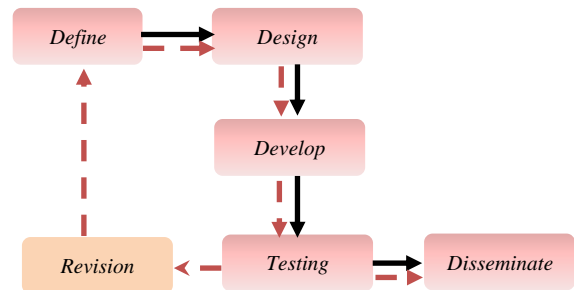
Aplikasi mobile dalam beberapa tahun terakhir semakin populer dan banyak diadopsi di berbagai sektor, keunggulan-keunggulan yang ditawarkan aplikasi mobile menjadi solusi yang efektif bagi kemudahan dan kebutuhan sehari-hari, termasuk efisiensi, fleksibilitas dan konektivitas yang dimiliki aplikasi mobile.

Dampak bencana longsor dapat menimbulkan banyak kerugian, salah satu cara untuk mengatasi dampak tersebut diperlukan sistem peringatan dini tanah longsor berbasis IoT agar pengendara atau pengguna jalan dapat mengetahui tanda-tanda terjadi tanah longsor dengan mendapatkan peringatan bahaya tanah longsor. Selain itu dengan pemanfaatan aplikasi mobile, pengguna dapat memonitoring agar lebih waspada jika akan melewati jalan yang menjadi titik rawan longsor, Monitoring dapat diartikan sebagai alur aktivitas yang mencakup pengambilan data, pemantauan, laporan, dan proses tindakan atas informasi tentang aktivitas yang sedang berlangsung. Monitoring sering digunakan untuk memeriksa hubungan antara kinerja dan tujuan yang telah ditetapkan, monitoring dapat memberikan informasi kesinambungan proses untuk mengidentifikasi langkah-langkah perbaikan berkelanjutan, bahkan, pengawasan berjalan seiring dengan tindakan [8]. Dengan adanya alat pendeteksi dini bencana tanah longsor pada titik rawan longsor yang dapat dimonitoring secara *real time* dengan aplikasi mobile [9], pengendara lebih siap untuk menghadapi tanah longsor serta mengurangi dampak kerugian dari tanah longsor [10].

2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang akan digunakan pada penelitian ini merupakan penelitian RND (*research and development*), metode penelitian RND adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut. Dalam penelitian pengembangan sistem digunakan model prosedural dengan tujuan pengembangan yang ingin dicapai yaitu untuk menghasilkan suatu produk dan

menguji kelayakan produk yang dihasilkan dimana untuk mencapai tujuan tersebut harus melalui langkah-langkah tertentu yang harus diikuti untuk menghasilkan produk tertentu [11]. Gambar 1 memperlihatkan tahapan dari model *procedural* yang dikembangkan.



Gambar 1. Model *Procedural*

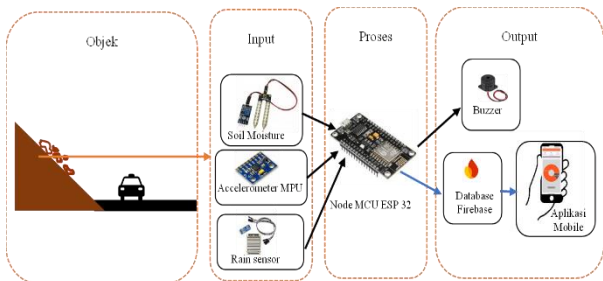
Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan membagi menjadi dua tahapan utama, pertama tahapan persiapan yaitu dengan melakukan observasi awal, wawancara, studi literatur untuk menentukan permasalahan yang ada dan solusi yang memungkinkan untuk menyelesaikan permasalahan yang ditemukan, kedua, tahapan pelaksanaan penelitian dengan mengimplementasikan model *procedural* yang bersifat deskriptif, menunjukkan langkah-langkah yang harus diikuti untuk menghasilkan produk, dalam prosedur pengembangan penelitian dimulai dari *define* (pendefinisian) tahap ini dilakukan untuk menganalisis kebutuhan sistem, menganalisis fungsi dari masing-masing sensor dan bahasa pemrograman yang akan digunakan, analisis dilakukan untuk menentukan tujuan dan membatasi penelitian, selanjutnya dilakukan *design* (perancangan) menyusun rencana penelitian, meliputi kemampuan yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian, rumusan tujuan yang hendak dicapai dengan penelitian tersebut, *design* atau langkah-langkah penelitian, pembuatan model aplikasi, kemungkinan pengujian dalam lingkup terbatas, selanjutnya *develop* (pengembangan) dalam tahap ini dilakukan proses pengkodean aplikasi dengan pembuatan aplikasi mobile yang memanfaatkan *framework* flutter dan prototype IoT dengan cara merangkai alat termasuk mikrokontroler dan sensor, kemudian penyiapan database menggunakan firebase sebagai komponen pendukung, setelah selesai tahap selanjutnya yaitu melakukan *testing* dengan melakukan uji validasi. Hasil uji validasi kemudian digunakan sebagai revisi sehingga aplikasi dan prototype yang dikembangkan benar-benar telah memenuhi kebutuhan dan menjawab masalah yang ada, selanjutnya *disseminate* (penyebarluasan) tahap ini dilakukan dengan cara implementasi dan sosialisasi.

3. PEMODELAN SISTEM

Pemodelan yang digunakan untuk mengembangkan aplikasi mobile pada penelitian menggunakan pemodelan berbasis skenario yaitu pemodelan dengan spesifikasi kebutuhan menggunakan *unified modeling*

language (UML) yang pada umumnya dilakukan pembuatan skenario-skenario dalam bentuk *use-case* dari sebuah sistem [12].

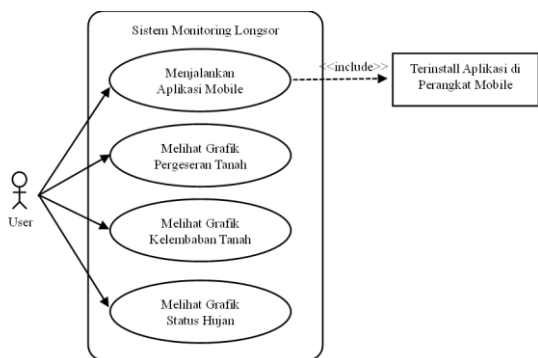
3.1. Gambaran Sistem



Gambar 2. Tampilan Aplikasi Mobile

Gambar 2 menjelaskan desain sistem secara keseluruhan dimana objek atau area titik rawan longsor digambarkan bukit atau tanah miring, objek merupakan lokasi fisik di mana pemantauan kondisi akan dilakukan. Pada bagian input terlihat beberapa komponen sensor dan modul elektronik, yaitu sensor accelerometer untuk mendeteksi pergeseran tanah atau perubahan orientasi, sensor kelembaban untuk mengukur tingkat kelembaban tanah, sensor hujan untuk mengukur status hujan di area tersebut. Terdapat mikrokontroler berupa ESP32 yang menerima data dari pembacaan sensor-sensor, mikrokontroler ini bertanggung jawab mengolah data dan mengirimkan informasi ke sistem selanjutnya melalui koneksi nirkabel seperti Wi-Fi, Setelah data diproses oleh mikrokontroler, hasil pemantauan dikirimkan ke buzzer atau alarm untuk memberikan peringatan lokal, selanjutnya mikrokontroller akan mengirim data ke database firebase untuk menampilkan data pemantauan kepada pengguna.

3.2. Use Case



Gambar 3. Use case

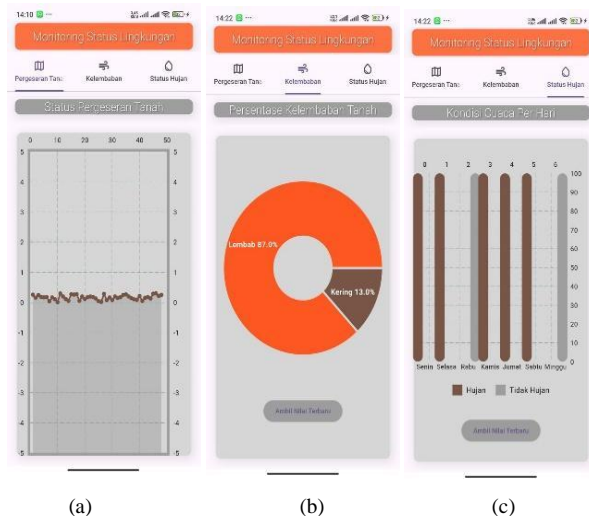
Use case pada gambar 3 menunjukkan bagaimana aktor atau user dalam berinteraksi dengan sistem dengan beberapa kondisi dan sifat yang spesifik, langkah awal pada use case adalah menjalankan aplikasi mobile, dimana pengguna membuka atau menjalankan aplikasi yang sebelumnya telah terinstal di perangkat mobile mereka, sistem memiliki visualisasi berupa grafik

pergeseran tanah yang membantu pengguna untuk memantau perubahan posisi tanah, sehingga dapat mendeteksi potensi longsor, selain dari pergeseran tanah, sistem juga menampilkan data kelembaban tanah, status curah hujan dalam bentuk grafik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengembangan Dan Fitur Aplikasi Mobile

Aplikasi mobile dikembangkan untuk menampilkan data dan sebagai monitoring kepada pengguna, adapun fitur yang tersedia pada aplikasi mobile yaitu *monitoring real-time* untuk pengguna yang dapat melihat informasi terkini tentang kondisi tanah di lokasi sensor melalui grafik dan indikator di aplikasi, notifikasi, dimana aplikasi akan memberikan notifikasi jika sensor mendeteksi tanda-tanda peningkatan risiko longsor misalnya “peringatan! terjadi pergeseran tanah lebih dari 20%.” Fitur terakhir yaitu riwayat data, dimana aplikasi memungkinkan pengguna melihat data historis yang disimpan di database firebase, sehingga bisa digunakan untuk memantau tren atau pola bahaya di lokasi tertentu. Gambar 4. menunjukkan hasil pengembangan aplikasi mobile yang dibuat yang berisikan beberapa fitur dan dibuat dalam bentuk diagram.

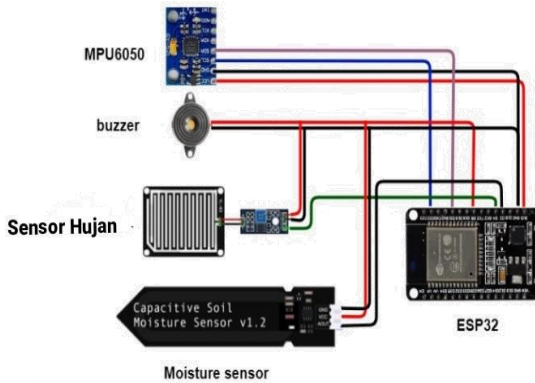


Gambar 4. Tampilan Aplikasi Mobile (a) Status Pergeseran tanah (b) Fitur Kelembaban (c) Status Cuaca

4.2. Prototype IoT dan Sistem Sensor

Prototype IoT menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama karena memiliki fitur Wi-Fi bawaan, sehingga cocok untuk mengirimkan data secara nirkabel. Sensor yang digunakan terdiri dari sensor kelembaban tanah (*soil moisture sensor*) untuk mendeteksi kadar air pada tanah, pengukuran kadar air dalam tanah merupakan salah satu indikator tanda awal terjadinya longsor, selain sensor kelembaban tanah digunakan pula sensor rotasi atau pergerakan (*accelometer MPU6050*) digunakan untuk mendeteksi pergerakan tanah atau getaran abnormal di sekitar lereng,

sensor terakhir yang digunakan dalam penelitian adalah sensor hujan untuk mengetahui adanya hujan, yang menjadi salah satu faktor pemicu tanah longsor, setelah semua alat dirangkai berdasarkan fungsi masing-masing, kemudian dilakukan pengkodean dengan menggunakan *software* Arduino IDE sebagai text editor mikrokontroler Gambar 5. merupakan desain rangkaian *prototype* perangkat input yang didesain.



Gambar 5. Desain *Prototype* IoT

4.3. Pengiriman Data ke Firebase

Data dari sensor dikirim secara *real-time* melalui Wi-Fi ke Firebase *Realtime Database*, firebase dipilih karena menyediakan penyimpanan cloud yang dapat diakses kapan saja dan dari mana saja, sinkronisasi *real-time* antara perangkat IoT dan aplikasi mobile, memungkinkan data yang dikirim dari sensor segera ditampilkan di aplikasi mobile, Setiap perubahan parameter, seperti peningkatan kelembaban atau terdeteksinya getaran, dikirim ke Firebase dan akan ditampilkan hasil data pada user interface aplikasi mobile.

4.4. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan akses Wi-Fi yang memadai untuk melakukan pengiriman dan memastikan fungsi dasar sistem berjalan dengan baik, pada saat pengujian terbatas yang dilakukan di laboratorium IoT menunjukkan pengiriman data diterima di database firebase dalam waktu kurang dari 2 detik dengan catatan koneksi Wi-Fi dalam keadaan stabil, sepanjang uji coba, sistem IoT beroperasi tanpa gangguan selama jaringan Wi-Fi tersedia, adapun hasil dari pengujian dapat dilihat pada tabel 1. Pengujian IoT

Tabel 1. Rancangan Analisis Komputasi

No	Waktu	Soil Moisture	Sensor Hujan	Accelerometer			Keterangan
				X	Y	Z	
1	09:00	80	On	0	0	0.2	Status aman
2	10:00	82	On	0.2	0.1	0.5	waspada
3	10:30	80	On	0.1	0.4	0.7	Siaga/buzzer On
4	11:00	78	Off	0.2	0.2	0.4	waspada
5	13:00	61	Off	0	0.1	0.3	Status aman
6	14:00	60	Off	0	0	0.2	Status aman
7	15:00	57	Off	0.1	0	0.1	Status aman

No	Waktu	Soil Moisture	Sensor Hujan	Accelerometer			Keterangan
				X	Y	Z	
8	15:30	57	Off	0	0.1	0.2	Status aman
9	16:00	61	Off	0	0.1	0.2	Status aman
10	16:30	60	Off	0	0.1	0.1	Status aman

Dalam tabel 1, hasil pengujian berdasarkan kondisi-kondisi yang terlihat dalam serial monitor yang mencakup keterangan di setiap kondisi status, terjadi kondisi siaga dan buzzer menyala pada jam 10:30, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem deteksi tanah longsor berbasis Internet of Things (IoT) yang dibangun berfungsi dengan baik dalam memberikan peringatan dalam bentuk suara buzzer ketika mendeteksi potensi tanah longsor yaitu terjadi pergeseran tanah sebesar 0.1 pada sumbu X yang menggambarkan arah pergerakan dari kanan ke kiri, pada sumbu Y menggambarkan ada pergerakan dari arah atas ke bawah sebesar 0.4 dan sumbu Z menggambarkan pergerakan dari arah belakang ke depan sebesar 0.7 dengan kondisi yang terbaca akan membuat buzzer berbunyi dan setiap nilai yang dibaca oleh sensor akan dikirimkan ke database firebase dan kemudian akan ditampilkan pada aplikasi mobile. Sehingga sistem untuk tujuan utamanya, yaitu mendeteksi dan memberikan peringatan terkait potensi tanah longsor telah terselesaikan. Gambar 6 menampilkan bentuk pengujian *prototype* secara terbatas.



Gambar 6. Pengujian *Prototype*

5. KESIMPULAN

Keterbatasan *prototype* sangat dipengaruhi oleh jaringan Wi-Fi, sistem hanya berfungsi dengan baik jika tersedia koneksi Wi-Fi yang stabil, sehingga menjadi kendala yang paling diperhitungkan, jika akan diimplementasikan pada titik rawan longsor yang berada di area terpencil tanpa akses Wi-Fi, maka sistem tidak akan berfungsi sebagaimana mestinya. Pengujian hanya dilakukan di lingkungan dengan Wi-Fi, sehingga belum menggambarkan kondisi di lapangan sebenarnya seperti di jalur Majene-Mamuju. Ketergantungan sistem pada database firebase dan internet jika koneksi internet atau layanan firebase terganggu, data tidak dapat dikirim atau diterima. Hal ini berisiko menghambat pengiriman peringatan dini. Selain itu, kebutuhan energi berkelanjutan untuk perangkat IoT masih menggunakan adaptor, yang tidak ideal untuk penggunaan jangka

panjang. Di lokasi rawan longsor, diperlukan sumber energi seperti panel surya agar perangkat tetap berfungsi dengan baik.

saran untuk pengembangan selanjutnya adalah sistem yang dikembangkan kedepannya dapat diintegrasikan *Artificial Intelligence* (AI), pemanfaatan penggunaan pengiriman data dengan metode protokol lainnya misalnya penggunaan jaringan LoRaWAN serta penambahan daya yang energi terbarukan dalam penggunaan jangka panjang di lapangan, seperti penggunaan panel surya atau baterai *lithium* agar perangkat dapat beroperasi terus menerus tanpa perlu pengisian daya secara manual

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, "Pengenalan Gerakan Tanah," 2022.
- [2] C. R. C. Dasmasele, I. Sembiring, and H. D. Purnomo, "Sistem Peringatan Dini Rawan Bencana Longsor Di Kota Ambon menggunakan IoT," *J. Sistem Info. Bisnis*, vol. 10, no. 2, pp. 220–227, Dec. 2020, doi: 10.21456/vol10iss2pp220-227.
- [3] S. Mujahid, B. Irawan, and C. Setianingsih, "Perancangan Prototype Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor Berbasis Internet Of Things Prototype Design of Warning System For Landslide Based On Internet Of".
- [4] "Kementerian PUPR Buka Jalan Trans Sulawesi Majene-Mamuju Pascabencana Longsor." [Online]. Available: <https://pu.go.id/berita/kementerian-pupr-buka-jalan-trans-sulawesi-majene-mamuju-pascabencana-longsor>
- [5] A. Suryo Wibowo R.M, "Rancang Bangun Sistem Pintar Monitoring Kualitas Air Pada Kolam Berbasis IoT." *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Elektronika Terapan*, 2022.
- [6] S. Siswanto, Ngatono, and S. Febri Saputra, "Prototype Sistem Peringatan Dini Bencana Gempa Bumi Dan Tsunami Berbasis Internet of Things," *Prosisko*, vol. 9, no. 1, pp. 60–66, May 2022, doi: 10.30656/prosisko.v9i1.4743.
- [7] C. N. Karinda, X. B. N. Najoran, and M. E. I. Najoran, "Design and Implementation IoT in Monitoring Neighbourhood Security Based on Mobile Application and Raspberry Pi," vol. 16, no. 2, 2021.
- [8] M. Rafli Rasyid, Nurhidayah, and M. Fahmi Rustan, "Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Pembudidayaan Ikan Air Tawar Menggunakan ESP 32 dan ESP 8266," *JASEE*, 2023.
- [9] A. Putra and T. Rohana, "Sistem Peringatan Dini Bencana Alam Tanah Longsor Berbasis Internet Of Things," no. 1, 2022.
- [10] R. Mega Utama, "Rancang Bangun Alat Deteksi Tanah Longsor Berbasis IoT dengan NodeMCU ESP8266 dan MPU6050," *JIIIF*, vol. 6, no. 2, pp.

137–146, Aug. 2022, doi: 10.24198/jiif.v6i2.40054.

- [11] H. Herdianto, E. D. S. Mulyani, and M. Hikmatyar, "Analisis Aplikasi Rencana Kegiatan Anggaran Sekolah (ARKAS) Dengan Menggunakan Metode Technology Acceptance Model".
- [12] R. S. Pressman, *Rekayasa Perangkat Lunak Pendekatan Praktisi*, vol. Edisi 7. in Buku 1, vol. Edisi 7. Andi Yogyakarta, 2012.