

# PERANCANGAN DAN PEMBANGUNAN SISTEM MONITORING TANAH LONGSOR BERBASIS IoT MENGGUNAKAN TEKNOLOGI LORA (LONG RANGE)

Aghisna Riziq Gyfari, Suyo Adi Wibowo, Nurlaily Vendyansyah  
Program Studi Teknik Informatika S1, Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Nasional Malang, Jalan Raya Karanglo km 2 Malang, Indonesia  
1918037@scholar.itn.ac.id

## ABSTRAK

Pada penelitian ini membahas pengembangan sistem deteksi tanah longsor dengan memanfaatkan teknologi LoRa (Long Range) dan Progressive Web Apps (PWA) di Dusun Precet Kecamatan Dau, Malang. Fokus utama adalah tata letak kebun yang berpotensi menyebabkan tanah longsor di area tersebut. Solusi yang diusulkan melibatkan penggunaan LoRa untuk komunikasi jarak jauh antara alat pemantauan dan gateway, serta membangun aplikasi monitoring berbasis PWA untuk memberikan informasi kondisi tanah kepada masyarakat dan pengunjung. Dari penelitian ini, beberapa temuan penting telah diperoleh. Hasil menunjukkan bahwa jarak antara perangkat LoRa memiliki dampak signifikan terhadap kinerja sistem, dengan penurunan kekuatan sinyal (RSSI) seiring dengan peningkatan jarak. LoRa SX1276 memiliki kelebihan jangkauan yang luas dan kemampuan mempertahankan kekuatan sinyal, namun memiliki kekurangan seperti respons waktu yang meningkat dengan jarak yang lebih jauh dan sensitivitas terhadap interferensi. Pengujian kompatibilitas aplikasi Lmapp pada beberapa browser dan platform Lmapp Admin telah berhasil dalam validasi data login, mendeteksi penggunaan yang salah, dan menyajikan visualisasi data dengan baik. Berdasarkan temuan-temuan tersebut, beberapa saran dapat diberikan. Pertama, dianjurkan untuk melakukan optimalisasi respons waktu pada LoRa SX1276 dengan menggunakan antena yang tahan terhadap kondisi cuaca, terutama untuk jarak yang lebih jauh. Kedua, pada pengembangan selanjutnya.

**Kata kunci :** *cross platform, internet of things, lora sx1278, pwa.*

## 1. PENDAHULUAN

Dusun Precet Kecamatan Dau Malang terdapat kebun yang akan dikelola menjadi taman edukasi dengan nama Green Techno. Green Techno memiliki konsep untuk mengedukasi pengunjung seputar teknologi agar dapat membantu memajukan perkebunan tersebut. Namun perkebunan memiliki masalah pada tata letak yang terlanjur terjal dan dapat menyebabkan terjadinya tanah longsor. Tanah longsor adalah salah satu jenis gerakan massa tanah atau batuan, ataupun pencampuran keduanya, menuruni atau keluar lereng akibat dari terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut. Pemicu dari terjadinya gerakan tanah ini adalah curah hujan yang tinggi serta kelerengan tebing.

Permasalahan pada komunikasi alat pendeteksi tanah longsor yang disebabkan oleh kondisi geografis di daerah tersebut, dapat diselesaikan dengan menggunakan LoRa. LoRa berfungsi sebagai alat komunikasi untuk membantu alat pendeteksi tanah longsor mengirimkan data monitoring ke gateway. Namun setelah data dikirimkan ke gateway, dibutuhkan aplikasi monitoring yang dapat diakses oleh masyarakat sekitar dan pengunjung agar dapat mengetahui kondisi pada daerah yang akan dimonitoring. Berdasarkan permasalahan yang telah disebutkan pada paragraf sebelumnya, peneliti melakukan penelitian dengan judul "Perancangan dan Pembangunan Sistem Monitoring Tanah Longsor Berbasis IoT Menggunakan Teknologi LoRa (Long

Range)". Penelitian ini mengimplementasikan IoT (internet of things) dengan menggunakan LoRa SX1278 yang dilengkapi dengan antena SMA dan memiliki konsumsi daya 3.3V. Tujuan penggunaan LoRa adalah untuk menghemat daya pada baterai dan meningkatkan efisiensi monitoring tanah longsor. IoT Gateway yang digunakan adalah Lab M2M, dengan penambahan field untuk memasukkan titik koordinat sehingga posisi alat monitoring tanah longsor dapat ditampilkan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Penelitian Terdahulu

Pada riset yang dilakukan oleh Febrian Mebiyantara, Ahmad Faisol dan F.X. Ariwibisono dengan judul pengembangan aplikasi manajemen remote laboratory menggunakan Restfull web service berbasis mobile. Penelitian bertujuan untuk Menghasilkan perangkat lunak yang dapat memudahkan manajemen user untuk menjadwalkan penggunaan laboratorium jauh kapan saja dan dimana saja [1].

Pada riset yang dilakukan oleh Wahyu Tedy Pratama, Suryo Adi Wibowo dan Nurlaily Vendyansyah dengan judul sistem monitoring remote paviliun pada pasien isolasi COVID-19 berbasis LoRa IoT – (Long Range Internet Of Things). Pada penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem monitoring berbasis IoT (Internet of Things) maka data yang diperoleh akan diolah dan dimasukkan

ke dalam database yang nantinya data dapat di monitoring dan di remote secara langsung (realtime) oleh dokter melalui media website. Dari data yang diperoleh tersebut dapat digunakan sebagai bahan acuan pengambilan keputusan bahwa pasien telah sembuh atau perlu dilakukan langkah penanganan terhadap pasien dalam paviliun untuk di rawat lebih lanjut [2].

Penelitian yang dilakukan oleh Aiyatul Mu'in, Amri dan Anwar dengan judul Monitoring Sistem Keluhan Mahasiswa Menggunakan *Progressive Web Application* Pada Politeknik Negeri Lhokseumawe. Penelitian bertujuan merancang menggunakan *Progressive Web App* (PWA) yang memudahkan mahasiswa dalam mengakses sistem. PWA sudah menggunakan *service worker* dengan cukup baik, teknologi *service worker* memiliki kemampuan untuk dapat mengontrol *asset* yang akan di *cache*. Teknologi ini juga menyediakan *custome* permintaan jaringan sehingga dapat memberikan layanan meski dalam keadaan *offline*. Namun untuk dapat menggunakan sistem ini tetap harus mengakses *website* terlebih dahulu. Setelah program *cache* terbaca maka selanjutnya tetap dapat menikmati layanan meski dalam keadaan *offline* sekalipun. Pengguna tidak akan menemukan Gambar dinosaurus meski jaringan sedang terputus sehingga memudahkan pengguna dan sistem ini dapat diakses menggunakan PC, Laptop maupun *Smartphone* [3].

## 2.2. Green Techno

Green techno adalah taman yang terletak di desa sumber sekar kecamatan dawu kota malang, dengan titik koordinat pada peta latitude: -7.924266342305812, Longitude: 112.5516296571942

1. Green techno adalah sebuah taman edukasi bertemakan teknologi, untuk membantu warga desa dalam mengolah kebun menggunakan teknologi dan membantu pendapatan warga desa setempat. Pada taman tersebut memiliki tujuan untuk mengedukasi pengunjung, bahwa betapa pentingnya teknologi diterapkan untuk mengolah suatu perkebunan

## 2.3. LAB M2M

LabM2M adalah layanan yang dapat memudahkan user dalam mengintegrasikan proyek IoT kedalam platform LabM2M IoT Gateway guna mempersingkat waktu dalam proses pengembangan proyek. LabM2M Dengan memanfaatkan perkembangan internet penulis menggagas pengembangan aplikasi dengan menggunakan PaaS (Platform as a Service) untuk menyediakan layanan IoT gateway dan juga menggunakan Web Service dengan tujuan agar user lebih fleksibel dalam mengintegrasikan layanan kedalam sistem yang sedang dikembangkan, LabM2M memiliki cara kerja sebagai berikut, ketika sensor dan aktuator sebagai parameter penting dalam proses monitoring dan controlling, perangkat komunikasi sebagai sarana untuk menghubungkan kedalam IoT Gateway dengan

membawa data monitoring dan controlling. Setelah melalui proses pengiriman data kedalam IoT Gateway maka data akan diteruskan kedalam layanan LabM2M yang sudah berbasis cloud dimana didalamnya data akan diproses dan ditampilkan kedalam bentuk dashboard. Selain ditampilkan kedalam bentuk dashboard, data juga dapat diintegrasikan kedalam aplikasi yang sedang dikembangkan user [4].

## 2.4. LoRa

LoRa (Long Range) adalah teknologi komunikasi nirkabel yang dirancang khusus untuk mendukung aplikasi dengan jarak komunikasi yang jauh dan konsumsi daya rendah dalam lingkup Internet of Things (IoT) dan komunikasi mesin ke mesin (M2M). LoRa beroperasi pada pita frekuensi Industrial, Scientific, and Medical (ISM) tidak berlisensi seperti pada frekuensi 2,4GHz, 868MHz, 915MHz, dan 433MHz tergantung pada regulasi masing-masing wilayah (Widianto dkk., 2019), LoRa memungkinkan perangkat untuk berkomunikasi secara nirkabel. Keunggulan utama dari teknologi LoRa adalah kemampuannya untuk mengatasi hambatan dalam komunikasi jarak jauh dan memberikan cakupan yang luas dengan konsumsi daya yang sangat rendah. Ini memungkinkan perangkat LoRa untuk beroperasi dalam jangka waktu yang lama dengan menggunakan baterai yang efisien.

## 2.5. Internet of Things

Internet of Things adalah sebuah teknologi yang memungkinkan kita untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan dan actuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya sendiri, sehingga memungkinkan mesin untuk berkolaborasi dan bahkan bertindak berdasarkan informasi baru yang diperoleh secara independen. Tujuan dari adanya Internet of Things ini adalah untuk mempermudah manusia berinteraksi dengan benda-benda yang ada disekitarnya.

Cara kerja dari Internet of Things cukup mudah. Setiap benda harus memiliki sebuah IP Address. IP Address adalah sebuah identitas dalam jaringan yang membuat benda tersebut bisa diperintahkan dari benda lain dalam jaringan yang sama. Selanjutnya, IP Address dalam benda-benda tersebut akan dikoneksikan ke jaringan internet. Saat ini, koneksi internet sudah sangat mudah didapatkan. Dengan demikian, semua orang dapat memantau benda tersebut bahkan member perintah kepada benda tersebut.

**3. METODE PENELITIAN**

**3.1. Analisa Target User**

Analisis target user digunakan untuk mengetahui kebutuhan pengguna yang dapat memonitoring atau menggunakan sistem diantaranya :

1. *Admin* Sebagai pengelola sistem monitoring tanah longsor, admin memiliki peran utama dalam mengelola dan memastikan kondisi lapangan yang dipantau dari data yang disediakan.
2. *User* sebagai Pengguna dalam kategori ini adalah masyarakat sekitar yang mengakses informasi tentang kondisi tanah longsor yang dipantau melalui sistem monitoring.

**3.2. Kebutuhan Fungsional**

Kebutuhan fungsional merupakan ada pada sistem adalah sebagai berikut :

1. *Aplikasi monitoring* bernama *Lmapp* (*Landslide Monitoring App*) dengan fitur monitoring lokasi dan posisi alat pantau menggunakan *maps*. Sistem yang dikembangkan dapat diakses oleh user dan admin dengan menggunakan internet
2. *Dua role pengguna: admin* (*pengurus taman Green Techno*) dengan hak akses luas dan data monitoring detail, serta *user* (*masyarakat sekitar dan pengunjung*) dengan fitur lebih ringkas.
3. *LoRa* menghubungkan mikrokontroler pemantau dengan mikrokontroler gateway untuk transmisi data nirkabel.
4. *IoT Gateway Lab M2M* memiliki tiga sensor: kelembapan tanah, curah hujan, dan gyrometer, serta koordinat map Latitude dan Longitude.
5. *API SVC M2M* dapat diakses melalui URL dengan *API KEY* untuk mendapatkan data variabel sensor. *API Avalanche Monitoring Services* memiliki empat endpoint: "login" untuk autentikasi, "logout" untuk mengakhiri sesi, "Log Data" untuk data output tertinggi dalam satu hari, dan "Histori Data" untuk perbandingan data monitoring antara hari ini dan kemarin. Dokumentasi API penting untuk penggunaan yang benar.

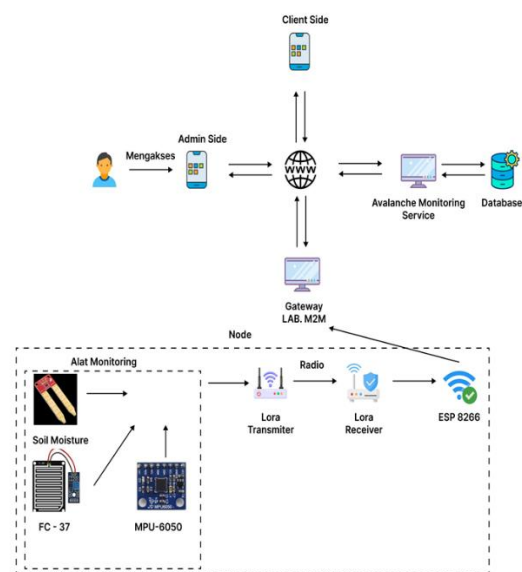
**3.3. Kebutuhan Non Fungsional**

Kebutuhan Non fungsional merupakan ada pada sistem adalah sebagai berikut :

1. Sistem pada LoRa dan aplikasi harus bekerja selama 24 jam.
2. Sistem yang dikembangkan dapat diakses oleh user dan admin dengan menggunakan internet
3. Sistem yang dikembangkan harus tampil *responsive* agar *user experience* memberikan tampilan yang sesuai dengan ukuran layar *device user*.

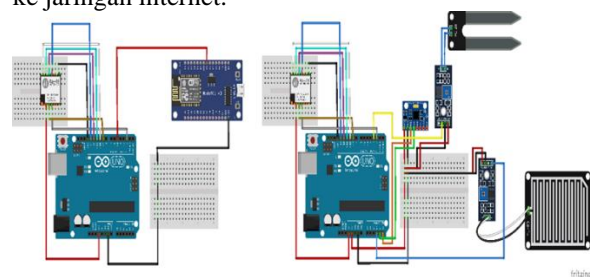
**3.4. Pengembangan Arsitektur Sistem**

Pada Gambar 1 menjelaskan arsitektur pada sistem dalam segi pengembangan perangkat lunak dan pengalaman pengguna. Sistem monitoring tanah longsor, terdapat satu node yang bertugas mengirimkan data ke Gateway LAB M2M. Setelah itu, data tersebut akan disimpan. Selanjutnya, terdapat layanan *Avalanche monitoring* yang berperan dalam mengolah data yang terkumpul. Layanan ini mampu menghasilkan data histori, membandingkan data hari ini dengan data kemarin, serta mencatat data tertinggi dalam satu hari. Bagian admin side bertugas menampilkan data dengan lebih detail, sementara client side menampilkan data dengan tampilan yang lebih ringkas.



Gambar 1. Arsitektur Sistem

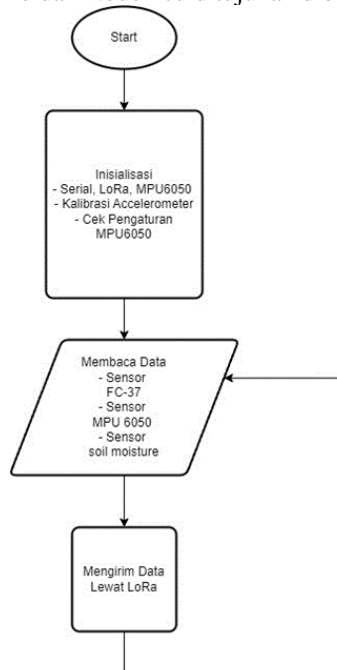
Gambar 1 menjelaskan alur pada jaringan sistem yang dibangun untuk sistem pemantauan tanah longsor dengan mengintegrasikan teknologi Internet of Things (IoT). Sistem ini terdiri dari beberapa komponen elektronik yang membentuk satu node. Gambar 2 menunjukkan komponen-komponen yang terdapat dalam satu node tersebut. Komponen-komponen tersebut meliputi sensor MPU 6050, sensor soil, sensor FC-37, LoRa transmitter, LoRa receiver, dan modul ESP8266 yang berfungsi untuk menghubungkan node ke jaringan internet.



Gambar 2. Rangkaian Node

**3.5. Flowchart Pada Microcontroller**

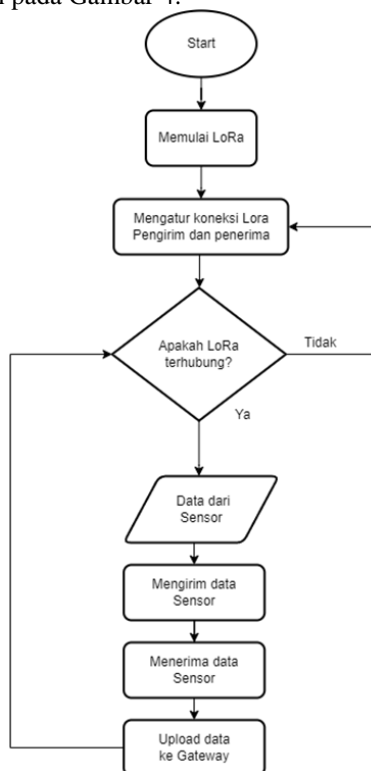
Berikut merupakan flowchart Microcontroller digunakan untuk mengetahui alur kerja pada ditujukan Arduino Uno dan Nodemcu ditujukan dibawah ini.



Gambar 3. Flowchart pada Microcontroller

**3.6. Flowchart Pada LoRa**

Berikut merupakan flowchart pada LoRa digunakan untuk mengetahui alur kerja pada LoRa ditujukan pada Gambar 4.



Gambar 4. Flowchart pada LoRa

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1. Implementasi Hardware**

Proses perancangan hardware melibatkan implementasi LoRa SX1276 yang digunakan untuk berkomunikasi dalam mengirimkan data dari sensor ke gateway, serta menggunakan sensor MPU 6050 untuk membaca kemiringan tanah, sensor soil moisture untuk membaca kelembaban tanah, dan sensor FC-37 untuk membaca curah hujan. Implementasi hardware ini ditujukan sesuai dengan Gambar 5.



Gambar 5 Node

Implementasi pada Gambar 5 melibatkan proses komunikasi di mana sensor membaca kondisi dan data dari sensor tersebut dikirimkan menggunakan komunikasi radio menggunakan LoRa SX1276 sebagai pengirim dan penerima. Komunikasi dilakukan pada frekuensi 915 MHz dengan lebar pita 125 kHz. Setelah data diterima, data tersebut akan diteruskan ke NodeMCU melalui komunikasi serial, kemudian data akan dikirimkan ke gateway untuk diolah.

**4.2. Implementasi mapp (Landslide Monitoring App) User**

Lmapp adalah website yang di optimasi menggunakan PWA, website tersebut memberikan pengalaman pada user layaknya menggunakan aplikasi mobile

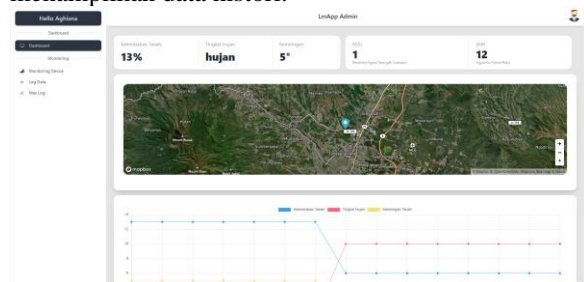


Gambar 6. Tampilan Dashboard

Pada Aplikasi dan Lmapp terdapat halaman Landing Page adalah tampilan ringkas yang menyajikan data monitoring melalui grafik data sensor dengan series terakhir sebanyak 5 data. Halaman Device Monitoring menampilkan daftar node dengan informasi seperti hari dan status node, memudahkan pengguna untuk melihat kondisi setiap perangkat yang dimonitor. Halaman Unit menampilkan data monitoring dari satu unit atau perangkat, termasuk data sensor, posisi alat pada peta, dan status perangkat secara komprehensif. Semua halaman ini berperan penting dalam memberikan informasi yang dibutuhkan dalam pemantauan sistem secara efisien.

**4.3. Halaman Lmapp (Landslide Monitoring App) Admin**

Lmapp Admin adalah website yang hanya bisa diakses oleh admin. Lmapp Admin memuat data monitoring yang lebih detail dan data tersebut sudah diolah. Website ini menampilkan perbandingan data monitoring hari ini dan data kemarin, menampilkan histori output data tertinggi perharinya dan menampilkan data histori.



Gambar 7. Tampilan Lmapp Admin

Pada Aplikasi dan Lmapp admin halaman Login merupakan bagian penting dalam sistem atau aplikasi yang memungkinkan pengguna untuk mengakses akun mereka dengan memasukkan informasi otentikasi seperti nama pengguna dan kata sandi. Tujuannya adalah untuk memverifikasi identitas pengguna sebelum memberikan akses ke halaman Dashboard, Monitoring, dan Log data guna menjaga keamanan dan mengontrol akses ke bagian sensitif sistem. Halaman Dashboard menyajikan ringkasan data monitoring harian dan kemarin melalui grafik perbandingan untuk memvisualisasikan perbedaan data dengan mudah. Sedangkan Halaman Monitoring dirancang khusus untuk melihat data monitoring dalam bentuk tabel terstruktur yang memberikan informasi detail dan terorganisir tentang parameter atau metrik yang sedang dipantau, seperti waktu, nilai, dan status.

**4.4. Halaman Pengujian Hardware**

Pengujian hardware adalah kegiatan komunikasi LoRa SX1276 dalam mengirim dan menerima data. Pengujian Komunikasi LoRa SX1276 menggunakan RSSI (Received Signal Strength Indicator) sebagai nilai diukur dalam bentuk angka yang direpresentasikan dalam satuan desibel (dBm) atau sebagai nilai relatif tanpa satuan. Seperti halnya pada umumnya, semakin tinggi nilai RSSI, semakin kuat

kekuatan sinyal LoRa yang diterima, dan semakin rendah nilai RSSI, semakin lemah kekuatan sinyal tersebut. Kemudian menggunakan SNR (Signal-to-Noise Ratio) untuk mengukur perbandingan antara kekuatan sinyal yang diterima dengan tingkat kebisingan di lingkungan komunikasi. Terakhir menggunakan Response Times (Waktu Respons) untuk mengukur waktu response menerima data. Berikut adalah pengujian LoRa SX1276:

Tabel 1 Pengujian LoRa SX1276

Percobaan	Jarak (meter)	RSSI (dbm)	SNR (db)	Response Times
1	2 meter	-100	8.25	158 ms
2	10 meter	-112	7.46	158 ms
3	20 meter	-122	-8.50	188ms
4	40 meter	-122	-9.75	705 ms
5	80 meter	-122	10.25	2900 ms

**4.5. Halaman Pengujian Kompabilitas Lmapp user terhadap Web Browser**

Tabel 2 Pengujian pada Web Server

No	Aspek Pengujian	Web Browser		
		Mozilla Firefox	Edge	Google Chrome
1	Menampilkan halaman Landing page	✓	✓	✓
2	Menampilkan halaman Device Unit	✓	✓	✓
3	Menampilkan halaman Monitoring Device	✓	✓	✓
4	Menampilkan posisi alat berupa Marker pada Maps	✓	✓	✓
5	Menampilkan data Monitoring	✓	✓	✓
6	Menampilkan halaman Contact Us	✓	✓	✓

**4.6. Halaman Pengujian Kompabilitas aplikasi Lmapp user terhadap Mobile**

Tabel 3 Pengujian pada Mobile

No	Aspek Pengujian	Versi Android		
		8 (Oreo)	10 (Q)	13 (T)
1	Menampilkan halaman Landing page	✓	✓	✓
2	Menampilkan halaman Device Unit	✓	✓	✓
3	Menampilkan halaman Monitoring Device	✓	✓	✓

No	Aspek Pengujian	Versi Android		
		8 (Oreo)	10 (Q)	13 (T)
4	Menampilkan posisi alat berupa <i>Marker</i> pada <i>Maps</i>	✓	✓	✓
5	Menampilkan data <i>Monitoring</i>	✓	✓	✓
6	Menampilkan halaman <i>Contact Us</i>	✓	✓	✓

**4.7. Halaman Pengujian Kompabilitas web Lmapp admin terhadap web browser**

Tabel 4 Pengujian Admin pada Web Server

No	Aspek Pengujian	Web Browser		
		Mozilla Firefox	Edge	Google Chrome
1	Menampilkan halaman <i>Login</i>	✓	✓	✓
2	Menampilkan halaman <i>Dashboard</i>	✓	✓	✓
3	Menampilkan halaman <i>Device Unit</i>	✓	✓	✓
4	Menampilkan halaman <i>Monitoring Device</i>	✓	✓	✓
5	Menampilkan posisi alat berupa <i>Marker</i> pada <i>Maps</i>	✓	✓	✓
6	Menampilkan data <i>Monitoring</i>	✓	✓	✓
7	Menampilkan halaman <i>Log Data</i>	✓	✓	✓
8	Menampilkan <i>Chart Data</i>	✓	✓	✓

**4.8. Pengujian Blackbox Website Lmapp (Land-Slide monitoring App) User**

Tabel 5 Pengujian Blackbox website Lmapp User

Aktivitas pengujian	Relasi yang diharapkan	Hasil pengujian	Kesimpulan
Visualisasi grafik <i>device monitoring</i>	Terhubung ke dalam API LabM2M	Gambar grafik data muncul	Valid
menampilkan <i>Push notification</i>	Dapat menampilkan <i>push notification</i>	Menampilkan <i>notification</i>	Valid

**4.9. Pengujian Blackbox mobile Lmapp (Land-Slide monitoring App) User**

Tabel 6 Pengujian Blackbox mobile Lmapp User

Aktivitas pengujian	Relasi yang diharapkan	Hasil pengujian	Kesimpulan
Visualisasi grafik <i>device monitoring</i>	Terhubung ke dalam API LabM2M	Gambar grafik data muncul	Valid
menampilkan <i>Push notification</i>	Dapat menampilkan <i>push notification</i>	Menampilkan <i>notification</i>	valid

**4.10. Pengujian Pengujian Blackbox Website Lmapp (LandSlide monitoring App) Admin**

Tabel 7 Pengujian Blackbox website Lmapp Admin

Aktivitas pengujian	Relasi yang diharapkan	Hasil pengujian	Kesimpulan
Mengosong-kan data <i>login</i> lalu klik <i>login</i>	<i>Email=""</i> <i>Password = ""</i>	<i>System</i> menolak akses	Valid
Memasukan <i>password</i> salah	<i>Email = "admin@gmail.com"</i> <i>Password="11"</i>	<i>System</i> menolak akses	Valid
Memasukan <i>user</i> salah	<i>Email = "11"</i> <i>Password="12345678"</i>	<i>System</i> menolak akses	Valid
Memasukan <i>password</i> dan <i>user</i> benar	<i>Email = "admin@gmail.com"</i> <i>Password="12345678"</i>	<i>System</i> menerima akses mengirim <i>notification toaster</i>	Valid
Visualisasi grafik <i>device monitoring</i>	Terhubung ke dalam API LabM2M	Gambar grafik data muncul	Valid
Visualisasi grafik perbandingan data <i>monitoring</i>	Terhubung ke dalam API <i>Avalance-service</i>	Gambar grafik data muncul	Valid
Pengujian <i>LogOut</i>	Tekan <i>button log out</i> admin akan dialihkan kehalaman <i>login</i>	Admin akan dialihkan kehalaman <i>Login</i>	Valid



## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam penelitian ini, ditemukan beberapa kesimpulan terkait penerapan sistem dalam rancang bangun aplikasi Lmapp. Pertama, jarak antara perangkat LoRa pengirim dan penerima memiliki pengaruh signifikan terhadap kinerja sistem. Jarak yang lebih jauh menyebabkan penurunan kekuatan sinyal (RSSI) dan respons waktu (Response Times) yang lebih lambat. Kedua, variasi Signal-to-Noise Ratio (SNR) mengindikasikan adanya gangguan atau interferensi di lingkungan, yang memengaruhi kestabilan sistem. Meskipun LoRa SX1276 memiliki jangkauan dan kekuatan sinyal yang baik, sensitivitas terhadap interferensi dan respons waktu yang meningkat dengan jarak menjadi kekurangan. Ketiga, pengujian kompatibilitas web Lmapp pada berbagai browser seperti Mozilla Firefox, Edge, dan Google Chrome memberikan hasil valid, termasuk pada pengujian kompatibilitas web Lmapp admin. Terakhir, pengujian blackbox platform Lmapp Admin berhasil memvalidasi data login, mendeteksi penggunaan yang salah, dan menyajikan visualisasi data secara efektif. Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan untuk mengoptimalkan respons waktu pada LoRa SX1276 dengan menggunakan antenna yang tahan terhadap kondisi cuaca, terutama pada jarak yang lebih jauh. Kompatibilitas aplikasi dengan berbagai browser juga perlu diperhatikan, serta untuk pengembangan selanjutnya, disarankan pemasangan modul throttle pada React.js guna menghindari kesalahan "429 Too Many Requests".

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Mebiyantara, A. Faisol and F. Ariwibisono, "PENGEMBANGAN APLIKASI MANAJEMEN REMOTE LABORATORY," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, pp. 152 - 161, 2021.
- [2] W. T. Pratama, S. A. Wibowo and N. Vendyansyah, "SISTEM MONITORING REMOTE PAVILIUN PADA PASIEN ISOLASI COVID-19," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, pp. 309 - 316, 2022.
- [3] A. Mu'in, A. and A. , "Monitoring Sistem Keluhan Mahasiswa Menggunakan Progressive Web Application Pada Politeknik Negeri Lhokseumawe," *JAISE : Journal of Artificial Intelligence and Software Engineering*, pp. 23 - 30, 2019.
- [4] A. Itmamunnafi', S. A. Wibowo and N. Vendyansyah, "RANCANG BANGUN PLATFORM LABM2M SEBAGAI IOT (INTERNET OF THINGS) GATEWAY MENGGUNAKAN WEB SERVICE," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 2023.
- [5] O. B. Pratama, A. Bhawiyuga and K. Amron, "Pengembangan Perangkat Lunak IoT Cloud Platform Berbasis Protokol Komunikasi HTTP," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2018.
- [6] R. Hidayatulloh and P. Airlangga, "Integrasi Mapbox dan Google Map Untuk Menunjang Fitur Tambahan Pada System Informasi Geografis," *Exact Papers in Compilation*, pp. 492 - 496, 2022.
- [7] A. A. Nurhadi, . D. Darlis and M. A. Murti, "Implementasi Modul Komunikasi LoRa," *Ultima Computing : Jurnal Sistem Komputer*, pp. 17 - 21, 2021.
- [8] M. R. Al Irbad, S. A. Wibobwo and N. Vendyansah, "PENERAPAN LOCATION BASED SERVICE PADA APLIKASI PENCARIAN," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)* , pp. 928 - 935, 2022.
- [9] D. W. Firmansyah, M. H. Hanafi Ichsan and A. Bhawiyuga, "Pengembangan Gateway LoRa-MQTT untuk Transmisi Data Dua Arah antara Wireless Sensor Network dan Cloud Server," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, pp. 397 - 405, 2020.
- [10] E. Murdyantoro, I. Rosyadi and H. Septian, "STUDI PERFORMANSI JARAK JANGKAUAN LORA OLG01," *Dinamika Rekayasa*, pp. 47 - 56, 2019.
- [11] A. Yanziah, S. Soim and M. . M. Rose, "ANALISIS JARAK JANGKAUAN LORA DENGAN PARAMETER RSSI DAN PACKET LOSS PADA AREA URBAN," *JURNAL TEKNOLOGI TECHNOSCIENTIA*, pp. 59 - 67, 2020.
- [12] P. G. Oka Windu Putra and I. K. N. Adi Jaya, "Implementasi Bandwidth Management Menggunakan Mikrotik Router OS (Studi Kasus di PT. Rejeki Maha Bumi Lestari)," *Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi dan Sains*, 2022.
- [13] D. L. Hanayuda, "Implementasi Manajemen Bandwidth," *NetPLG Journal of Network and Computer Applications Vol. 1 No. 1*, pp. 31 -37, 2020.
- [14] F. "Response Time Testing," 13 May 2019. [Online]. Available: <https://sis.binus.ac.id/2019/05/13/response-time-testing/>.