

## PROTOTYPE DETEKTOR BENCANA TANAH LONGSOR MENGUNAKAN ACCELEROMETER AND GYROSCOPE SENSOR DENGAN KONSEP INTERNET OF THINGS (IoT)

### *Land Disaster Detector Prototype Using Accelerometer and Gyroscope Sensor With The Concept Of Internet Of Things (IoT)*

Isna Nikmatul Farikha<sup>1</sup>, Hafidudin<sup>2</sup>, Dadan Nur Ramadan<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Podi D3 Teknologi Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom  
Jalan Telekomunikasi No. 1, Kabupaten Bandung 40257

<sup>1</sup>isnani@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>hafid@tass.telkomuniversity.ac.id,

<sup>3</sup>dadan.nr@tass.telkomuniversity.ac.id

#### Abstrak

Tanah longsor adalah suatu proses gangguan keseimbangan yang menyebabkan bergesernya massa tanah dan batuan. Hal ini mengakibatkan terjadi perubahan parameter sehingga bencana longsor terjadi. Maka dibutuhkan suatu alat detektor bencana tanah longsor yang dapat dipantau dari jarak jauh, sehingga dapat mendeteksi adanya bencana tanah longsor. Oleh karena itu, akan dirancang suatu alat detektor bencana tanah longsor dengan konsep *internet of things* yang dapat mendeteksi adanya bencana tanah longsor.

Pada proyek akhir ini memanfaatkan bantuan mikrokontroler, yang dilengkapi dengan beberapa sensor untuk mendeteksi bencana tanah longsor. Proyek akhir ini menggunakan dua buah TTGO LoRa mikrokontroler yang terintegrasi dengan LoRa, *Accelerometer and gyroscope* (MPU6050) sensor, *Soil Moisture, Raindrop* sensor, dan *rotary encoder*. Cara kerja alat ini, setiap nilai yang terdeteksi akan dikirimkan ke *real-time* database melalui komunikasi LoRa.

Hasil dari proyek akhir ini diperoleh nilai pada pengukuran kelembapan tanah didapatkan rata-rata kesalahan sebesar 0.017 %, kemiringan tanah rata-rata kesalahan sebesar 0.56 %, *rotary encoder* sebagai sensor pergeseran tanah memiliki kesalahan rata-rata sebesar 0.90 mm. Alat ini memiliki rata-rata delay 28.84 *second* untuk melakukan koneksi antar LoRa. Jarak yang mampu dicapai oleh LoRa dalam keadaan LOS sejauh 350 meter.

**Kata kunci :** Tanah longsor, sensor MPU6050, TTGO esp32 , *Internet of Things*

#### Abstract

*A landslide is a process of changing equilibrium which causes the movement of soil and soil mass. This changes the parameter so a landslide occurs. A landslide detection device is needed monitored, so it can detect a landslide. Therefore, a land disaster detection tool will be designed with the internet concept of things that can be considered bankruptcy.*

*In this final project using a microcontrollers, used multiple sensors to detect a landslides. This final project uses two TTGO LoRa microcontrollers integrated with LoRa, Accelerometer sensor and gyroscope (MPU6050), Soil Moisture, Raindrop Sensor, and rotary encoder. The detector will send sensor value to the real-time database via LoRa communication.*

*The results final project, soil moisture sensor measurement value obtained an average error of 0.017%, an average soil slope of error of 0.56%, a rotary encoder as a sensor to change the soil has an average error of 0.90 mm. This tool has an average delay of 28.84 seconds to connect between LoRa. The distance covered by LoRa in a LOS state exceeds 350 meters.*

**Keyword :** *Landslides, MPU6050 sensors, TTGO esp32 LoRa, Internet of Things.*

#### 1. PENDAHULUAN

Bencana alam banyak terjadi dan cenderung meningkat dari tahun ketahun. Peningkatan ini terjadi di dunia termasuk di Indonesia. Tanah longsor menjadi salah satu bencana terbesar yang sering terjadi di Indonesia [14]. Dan tidak sedikit korban jiwa serta kerugian material yang terjadi akibat bencana tanah longsor. Maka diperlukan sebuah alat dan sebagai peringatan dini serta penyampaian informasi akan terjadinya bencana tanah longsor dengan keakuratan yang tinggi dan mudah dipahami oleh siapa saja terutama masyarakat.

Tanah longsor merupakan kejadian alam dimana satu blok (masa) tergelincir kebawah terhadap masa yang lain. Hal ini banyak disebabkan oleh tidak kuatnya gaya lekat (*resisting force*) antar lapisan tanah menahan perubahan masa (*Driving force*) dalam struktur tanah tersebut [14]. Dampak dari tanah longsor ini dapat dihindari

jika masyarakat mengetahui tanda-tanda terjadinya longsor dan mendapat peringatan bahwa akan terjadi longsor [18]. Oleh sebab itu, diperlukan alat deteksi dini bencana longsor yang dapat di monitoring secara real-time. Berbagai desain sistem peringatan dini bencana longsor (*Landslide Early Warning System/LEWS*) [12] telah dibangun oleh berbagai institusi di Indonesia seperti halnya LEWS yang menggabungkan sensor getaran dan kandungan air tanah. Sensor getaran dibuat dari accelerometer komersial jenis MMA 7260 QT. Sistem peringatan dini longsor menggunakan mikrokontroler ATMEGA8535 [18] akan memicu sirine pada saat tanah bergeser lebih dari 4 cm dan curah hujan mencapai 100 mm/hari. WISELAND (*Wireless Sensor Network for Landslide Monitoring*) yang dikembangkan oleh LIPI dapat membunyikan sirine 6 jam sebelum terjadi longsor. Sistem peringatan dini longsor berbasis perubahan resistivitas tanah dengan menggunakan Arduino MEGA2560 dan WeMos ESP8266 D1-MINI menggunakan sensor hidrologi (resistivity meter) [36].

Rancangan sistem peringatan dini longsor menggunakan sensor akselerometer dikembangkan pula untuk membaca perubahan sudut lapisan permukaan tanah. Prototipe detektor pergeseran tanah menggunakan *draw-wire displacement* sensor dengan konsep IoT [19] yang dapat mendeteksi adanya pergeseran tanah menggunakan *draw-wire displacement* sensor, sensor kelembapan tanah, dan sensor hujan. Oleh karena itu dibuat proyek akhir dengan judul *Prototype Detektor Bencana Tanah Longsor Menggunakan Accelerometer and Gyroscope Sensor Dengan Konsep Internet of Things*. Perancangan alat ini sebagai penyempurnaan dari alat detektor pergeseran tanah sebelumnya. Perbedaan Proyek Akhir ini dengan Proyek Akhir sebelumnya, alat pada Proyek Akhir ini menambahkan *Accelerometer and Gyroscope* (MPU6050) sensor dan menggunakan panel surya sebagai *power supply* pada alat. Alat detektor bencana tanah longsor ini dapat di *monitoring* secara *real-time* melalui Firebase Realtime Database.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1 Tanah Longsor

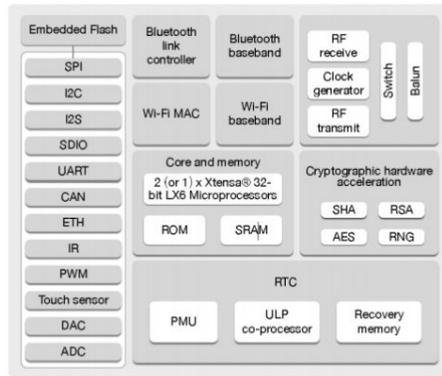
Tanah longsor merupakan proses perpindahan massa batuan (tanah) akibat gaya berat (gravitasi) [5]. Tanah longsor terjadi karena dua faktor utama yaitu faktor pengontrol dan faktor pemicu. Faktor pengontrol adalah faktor-faktor yang memengaruhi kondisi material itu sendiri seperti kondisi geologi, kemiringan lereng, litologi, sesar dan kekar pada batuan. Faktor pemicu adalah faktor yang menyebabkan bergerakaknya material tersebut seperti curah hujan, gempa bumi, erosi kaki lereng dan aktivitas manusia [34]. Gambar 2.1 menggambarkan bencana tanah longsor.



Gambar 2.1 Tanah longsor [4]

### 2.2 ESP32

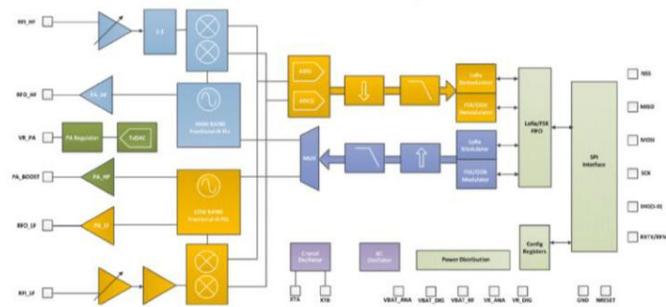
ESP32 adalah sistem *dual-core* dengan dua CPU *Harvard Architecture Xtensa LX6*. Semua memori tertanam, memori eksternal dan periferal terletak di bus data dan / atau bus instruksi CPU ini. Mikrokontroler ESP32 memiliki dua inti, *PRO\_CPU* untuk protokol dan *APP\_CPU* untuk aplikasi, namun tujuan mereka tidak tetap. Ruang alamat untuk data dan bus instruksi adalah 4 GB dan ruang alamat periferal adalah 512KB. Selain itu, memori yang disematkan adalah 448 KB ROM, 520 KB SRAM dan dua memori 8 KB RTC. Memori eksternal mendukung hingga empat kali 16 MB Flash [3].



Gambar 2.2 Blok diagram ESP32 [10]

**2.3 Semtech SX1278**

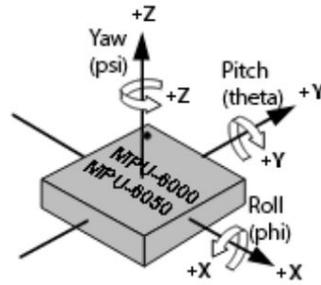
*Transceiver SX1276/77/78/79* memiliki fitur modem jarak jauh LoRa® yang menyediakan komunikasi *spread spectrum* dengan jarak jauh dan kekebalan *noise* tinggi dengan tetap meminimalkan konsumsi daya. Teknik modulasi LoRa yang dipatenkan Semtech SX1276/77/78/79 dapat mencapai sensitivitas hingga -148 dBm menggunakan *crystal* dan material berbiaya rendah. Sensitivitas tinggi dikombinasikan dengan penguat daya +20 dBm terintegrasi membuatnya optimal untuk aplikasi apa pun yang membutuhkan jangkauan atau ketahanan. LoRa juga memberikan keuntungan yang signifikan dalam pemblokiran dan selektivitas dibandingkan teknik modulasi konvensional, menyelesaikan masalah antara jarak, imunitas interferensi dan konsumsi energi [32]. Berikut adalah blok diagram dan spesifikasi dari Semtech SX1278:



Gambar 2.4 Blok diagram Semtech SX1276/77/78/79 [32]

**2.4 Sensor MPU5060 (IMU Sensor)**

*Inertial Measurement Unit* (IMU) adalah suatu sensor yang digunakan untuk mengukur kecepatan, orientasi dan gaya gravitasi dengan menggunakan sensor *accelerometer* dan *gyroscope*. Komponen penyusun IMU yang pertama adalah sensor *accelerometer*, sensor ini digunakan untuk mengukur percepatan dari suatu benda dengan cara melakukan integral percepatan benda tersebut terhadap waktu. Komponen selanjutnya yang menyusun IMU Sensor adalah sensor *gyro*, cara kerja sensor ini mendeteksi gerakan sesuai gravitasi, atau dengan kata lain mendeteksi gerakan pengguna. *Gyroscope* memiliki keluaran berupa kecepatan sudut dari arah 3 sumbu yaitu: sumbu x / sudut *phi* (kanan dan kiri) dari sumbu y/sudut *theta* (atas dan bawah), dan sumbu z /sudut *psi* (depan dan belakang). Sensor MPU 6050 merupakan salah satu sensor yang menggunakan prinsip dasar IMU Sensor. Pengaturan register pada MPU-6050 dilakukan oleh mikrokontroler dengan komunikasi I2C [1].



Gambar 2.5 Komponen penyusun IMU [33]

**2.5 Sensor Hujan**

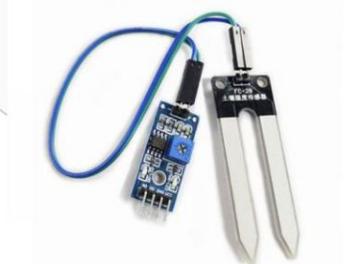
Sensor hujan merupakan modul yang digunakan sebagai sensor air yang jatuh ke papan. Sensor ini terdiri dari dua bagian yaitu bagian panel sensor dan komparator. Pada bagian komparator terdapat yang berfungsi sebagai pembanding tegangan sedangkan panel sensor berfungsi mendeteksi adanya air hujan. Cara kerja dari sensor hujan ini pada saat air hujan mengenai panel sensor, maka akan terjadi proses elektrolisis oleh air hujan. Untuk mendeteksi air hujan maka elektroda dibuat berliku-liku, Dengan metode seperti ini akan mengurangi hambatan dari air hujan dan tegangan keluar setara dengan logika 1 [37].



Gambar 2.9 Sensor hujan [37]

**2.6 Sensor Kelembapan Tanah**

Sensor kelembaban tanah jenis YL-69 merupakan sensor kelembaban yang mendeteksi kelembaban tanah [7]. Pada bagian komparator terdapat yang berfungsi sebagai pembanding tegangan sedangkan pada bagian probe berfungsi untuk melewatkan arus melalui tanah, kemudian membaca resistansinya untuk mendapatkan nilai tingkat kelembaban [24]. Prinsip kerja sensor memanfaatkan dua probe yang ditancapkan di dalam tanah untuk melewatkan arus listrik dalam tanah lalu menentukan tingkat resistansinya sehingga didapat nilai kelembaban tanah [24].



Gambar 2.10 Sensor kelembaban tanah [24]

**2.7 Rotary Encoder**

Rotary encoder adalah perangkat elektromekanik yang dapat memonitor gerakan dan posisi. Secara umum rotary encoder menggunakan sensor optik untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah [15]. Rotary encoder memiliki sejumlah posisi per-revolusi. Posisi-posisi ini dapat dirasakan sebagai "klik" kecil saat encoder diputar. Modul KY-040 memiliki dua puluh posisi ini. Di satu sisi saklar ada tiga

pin. Biasanya ketiga pin ini disebut sebagai A, B dan C. Di dalam *encoder* ada dua sakelar. Satu sakelar menghubungkan pin A ke pin C dan sakelar lainnya menghubungkan pin B ke pin C [15].



Gambar 2.11 Pin Rotary Encoder [15]

## 2.8 LoRa (Long Range)

LoRa (*Long Range*) merupakan *transceiver* komunikasi jarak jauh dan menggunakan teknik modulasi *spread spectrum* oleh Semtech, yang merupakan turunan dari *Chirp Spread Spectrum (CSS)*. Modulasi LoRa menggunakan modulasi frekuensi yang dimodifikasi (pengalihan frekuensi) yang memungkinkan data ditransfer dalam jarak puluhan kilometer. Keuntungan dari sensor LoRa adalah bahwa mereka beroperasi dalam *bandwidth* bebas lisensi ISM (Industri, Ilmiah, dan Medis), sehingga tidak ada biaya lisensi tambahan. Level aplikasi ditentukan oleh pengguna di atas level MAC, sudah ditentukan oleh LoRa *Alliance*. Teknologi tidak terhubung ke operator jaringan seluler, sehingga ada kemungkinan untuk diimplementasikan oleh pengguna dengan cara *open-source* [2].

## 2.9 Panel Surya

Panel surya terdiri dari silikon, silikon mengubah intensitas sinar matahari menjadi energi listrik. Panel surya yang digunakan memiliki *output* 0.018 A dan bekerja pada 5 Volt. Pada Proyek Akhir ini menggunakan panel surya jenis *polycrystalline* dengan tegangan 10 Wp. Penggunaan panel surya 10 Wp 12 Volt, memberikan keluaran daya sebesar 10 Watt perhour dan memiliki tegangan 12 Volt. Panel surya 10 wp artinya *solar cell* tersebut mempunyai 10 watt *peak* (pada saat matahari terik) [29]. Berikut gambar panel surya yang digunakan dalam Proyek Akhir ini.



Gambar 2.14 Panel surya [29]

## 2.10 Arduino IDE

Arduino adalah platform elektronik *open-source* yang berbasis pada perangkat keras dan perangkat lunak yang mudah digunakan [26]. Kode program yang ditulis untuk Arduino dikenal sebagai *sketch*. Perangkat lunak yang digunakan untuk mengembangkan *sketch* tersebut untuk Arduino umumnya dikenal sebagai Arduino IDE. Arduino IDE menyediakan platform terintegrasi sederhana yang dapat berjalan di komputer pribadi reguler dan memungkinkan pengguna untuk menulis program untuk Arduino menggunakan C atau C++ [6].

## 2.11 Firebase

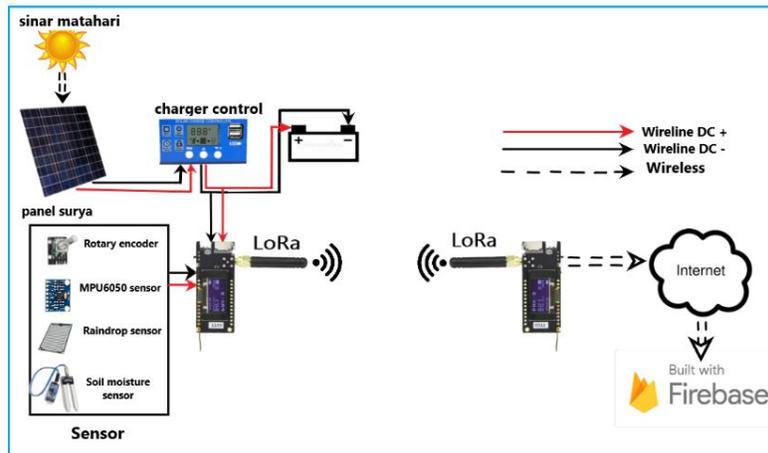
Firebase adalah BaaS (*Backend as a Service*), sebuah platform yang dimiliki oleh Google untuk memudahkan pelanggan dalam melakukan pengembangan aplikasi. Firebase *Realtime Database* adalah database yang terdapat pada *host* dan juga *cloud*. Data disimpan sebagai JSON dan disinkronkan secara *real-time* ke setiap pelanggan

yang terhubung. Data disinkronkan pada semua pelanggan secara *real-time* dan responsif meskipun aplikasi dalam keadaan *offline* karena SDK Firebase *Realtime Database* menyimpan data ke disk. Setelah konektivitas pulih, perangkat pelanggan akan menerima setiap perubahan yang terjadi dan melakukan sinkronisasi dengan status *server update* [13].

### 3. PERANCANGAN SISTEM

#### 3.1 Blok Diagram Sistem

Pada Proyek Akhir ini dibuat sebuah alat yang digunakan untuk melakukan monitoring bencana tanah longsor secara *real-time* yang menggunakan sensor serta mikrokontroler. Blok diagram dari sistem dapat dilihat dari Gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Blok Sistem Detektor Tanah Longsor

Pada gambar 3.1 di atas menjelaskan bagaimana alat berfungsi secara keseluruhan. Panel surya yang digunakan berfungsi sebagai sumber tegangan pada alat yang diperoleh dari sinar matahari. Tegangan *output* dari panel surya akan di control oleh *solar charger control*, hal ini bertujuan agar tidak terjadi *over charging* ataupun *low charging* terhadap panel surya dan memperoleh tegangan yang sesuai untuk alat yang digunakan. Daya dari baterai akan menghidupkan TTGO LoRa esp32 yang akan menginisialisasi sensor- sensor yang terhubung. Sensor yang digunakan pada alat antara lain MPU6050 sensor, YL-69, FR-04, dan *rotary encoder*. Sensor MPU6050 berfungsi sebagai sensor kemiringan tanah, YL-69 berfungsi sebagai sensor kelembapan tanah, FR-04 berfungsi sebagai sensor hujan, dan *rotary encoder* sebagai sensor pergeseran tanah. Nilai sensor yang didapatkan akan dikirimkan melalui modul komunikasi LoRa dan mengirimkan ke database.

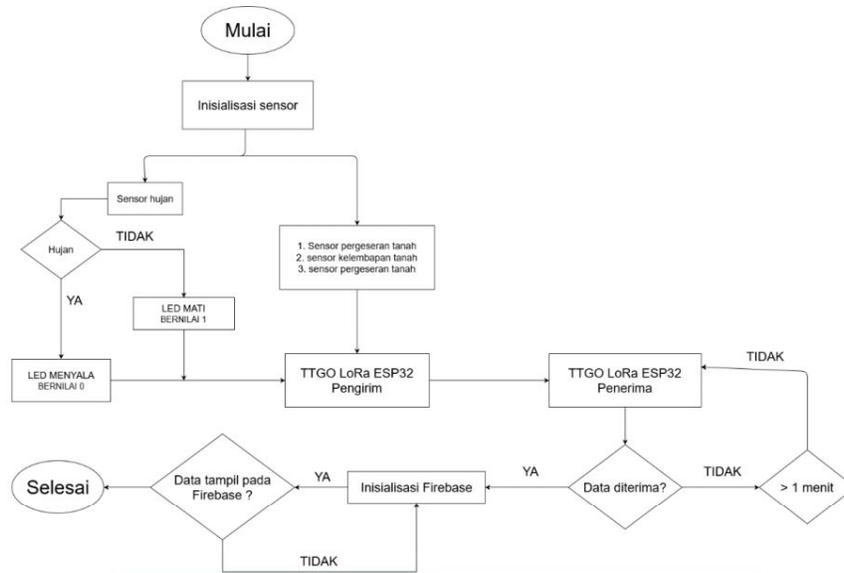
#### 3.2 Tahap Perancangan

##### 3.2.1. Penentuan spesifikasi

Langkah awal dalam merancang detektor adalah menentukan alat dan bahan yang akan digunakan. Alat dan bahan yang digunakan yaitu modul LoRa, esp32, sensor MPU6050, sensor YL-69, sensor FR-04, dan *rotary encoder*.

##### 3.2.2. Perancangan sistem

Sistem yang akan dirancang untuk merealisasikan prototipe detektor pergeseran tanah memiliki beberapa tahapan, adapun tahapan-tahapan tersebut jika dibuat *flowchart* adalah sebagai berikut:

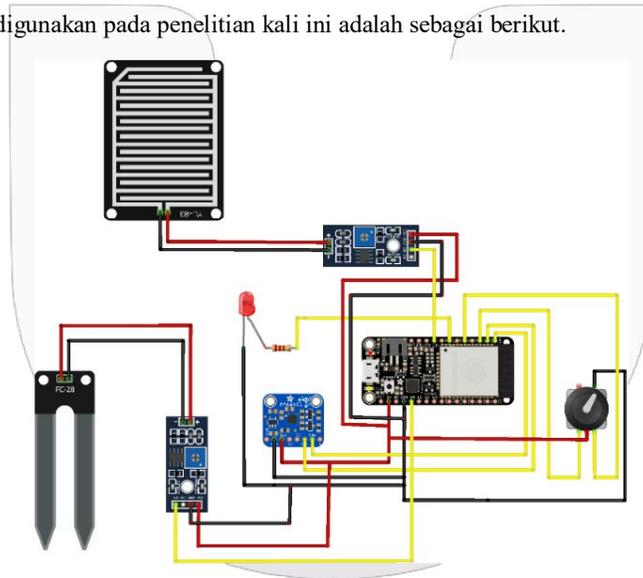


Gambar 3. 2 Flowchart sistem yang akan dibuat

### 3.3 Rangkaian Perangkat Keras

#### 3.3.1 Pengkabelan

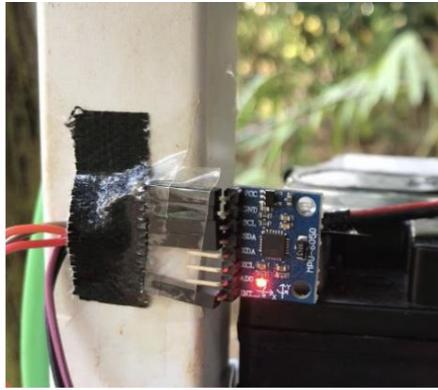
Rangkaian kabel yang digunakan pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut.



### 3.4 Perancangan Perangkat Keras

#### 3.4.1 Pembuatan Sensor Kemiringan Tanah

Sensor kemiringan tanah dibuat menggunakan sensor MPU6050. Nilai sudut kemiringan tanah akan di ubah ke dalam satuan derajat. Berdasarkan hasil pengujian, nilai kemiringan tanah akan diukur terhadap sumbu y. Dimana nilai perubahan sudut didapatkan dari perubahan arah alat ke atas dan bawah. Sensor akan diset di sudut 90° terhadap sumbu  $y/\theta$ . Sensor MPU6050 memiliki sensitivitas yang tinggi, sehingga memiliki akuratan data yang tinggi. Berikut merupakan gambar pemasangan sensor MPU6050 sebagai sensor kemiringan tanah:



Gambar 3.3 Hasil pemasangan sensor MPU6050

### 3.4.2 Pemasangan Sensor Hujan

Sensor hujan dirancang untuk mendeteksi adanya air pada sensor. Sensor ini bertujuan membaca nilai sensor ketika terkena tetesan air maupun dalam kondisi kering. Pada sensor hujan ini ic komparator dimana output dari sensor dapat berupa logika *high* dan *low* (on atau off). Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, *output* nilai yang di dapatkan dari sensor FR-04 yaitu berupa nilai digital 0 dan 1. Apabila panel sensor dalam keadaan kering maka bernilai 1 dengan kondisi led mati. Sedangkan jika panel sensor terkena tetesan air maka bernilai 0 dengan kondisi led menyala. Hasil pemasangan sensor hujan sebagai berikut:



Gambar 3.4 Hasil pemasangan sensor hujan

### 3.4.3 Pemasangan Sensor Kelembapan Tanah

Sensor kelembapan tanah dilakukan kalibrasi yang bertujuan mencari nilai yang terbaca sensor ketika tanah dalam keadaan kering atau basah. Nilai yang didapat adalah hasil dari *output* sensor YL-69 berupa tegangan. Sensor kelembapan tanah memanfaatkan resistansi yang terkandung dalam tanah guna menghantarkan tegangan yang kemudian dibaca sebagai kelembapan. Kemudian nilai tegangan tersebut diubah ke dalam bentuk persentase. Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa ketika tanah kering nilai yang terbaca pada TTGO LoRa32 adalah 4095, sedangkan ketika sangat basah adalah 1200. Hanya dengan memanfaatkan kode program yang ada pada Arduino IDE, nilai yang terbaca dapat diubah rentangnya. Sehingga data yang awalnya memiliki rentang 4095 sampai 1200 dapat diubah menjadi 0% sampai 100%. Nilai persentase ini yang kemudian dijadikan informasi dari kelembapan tanah pada wilayah yang ditentukan. Berikut merupakan gambar hasil pengujian sensor kelembapan tanah:



Gambar 3.5 Pemasangan sensor kelembapan tanah

### 3.4.4 Pembuatan Sensor Pergeseran Tanah

Sensor pergeseran tanah dibuat menggunakan *rotary encoder* yang digulung dengan kawat. Jika tanah bergeser dan kawat bergerak memutar *rotary encoder*, maka nilai perputarannya akan dihitung sebagai jarak pergeseran tanah. Nilai pergeseran tanah terlebih dahulu dikalibrasi agar jarak pergeseran sesuai dengan kenyataan. Sensor pergeseran tanah ini dikalibrasikan dengan cara menarik kawat, kemudian mengukurnya dengan penggaris. Nilai pengukuran dari sensor dan nilai pengukuran pada penggaris dicari nilai rata-rata yang memiliki selisih antara nilai sensor dan penggaris paling kecil. Berdasarkan hasil kalibrasi yang dilakukan, didapatkan hasil kalibrasi memiliki rata-rata panjang per-tip sebesar 1,62 mm menggunakan kawat ketebalan 0,3 mm. Berikut merupakan gambar hasil pemasangan sensor pergeseran tanah.



Gambar 3.6 Pemasangan sensor pergeseran tanah

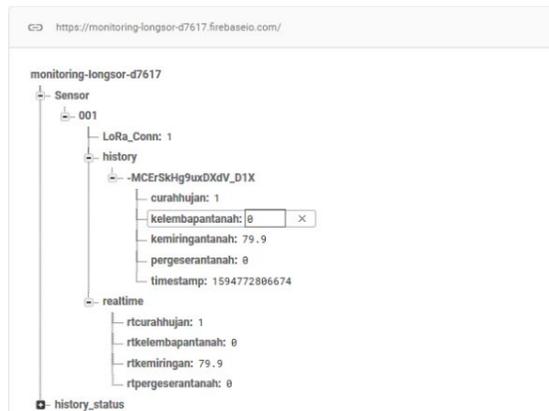
## 3.5 Pengiriman Data dengan LoRa

### 3.5.1 Pengirim

Sensor kemiringan tanah, sensor hujan, sensor kelembapan tanah, dan sensor pergeseran tanah dikendalikan oleh sebuah TTGO LoRa esp32 menggunakan program yang dibuat pada aplikasi Arduino IDE. TTGO LoRa esp32 tersebut dihubungkan ke TTGO LoRa esp32 lainnya melalui komunikasi LoRa, sesuai dengan fungsi LoRa yaitu mengirimkan data dengan jarak yang sangat jauh. Sehingga TTGO LoRa esp32 yang berada di lokasi rawan longsor dapat berkomunikasi secara terus menerus (*real-time*) dengan TTGO LoRa esp32 pada lokasi monitoring. Semua sensor dikontrol oleh TTGO LoRa32 pada bagian pengirim.

### 3.5.2 Penerima

Pada bagian penerima berfungsi untuk menerima dan mengolah data hasil pengukuran. Sehingga ketika terjadi perubahan data pada sensor, maka data hasil pengukuran sensor dikirimkan ke database melalui internet. Data yang diterima pada TTGO LoRa eps32 yang berada di bagian penerima, dikirimkan ke Firebase menggunakan koneksi internet yang terhubung melalui Wi-Fi. TTGO LoRa esp32 yang telah terhubung ke internet memasukkan data hasil pengukuran oleh sensor pada database setiap adanya perubahan nilai sensor.



Gambar 3.7 Data masuk ke dalam Firebase

### 3.6 Hasil Perancangan

Hasil perancangan sebagai berikut:



Gambar 3.22 Hasil akhir

Dari gambar diatas terdapat tiang besi yang telah terpasang panel surya, TTGO LoRa esp32, sensor MPU6050, sensor hujan, sensor kelembapan tanah, sensor pergeseran tanah, aki, *charger control*, serta led dalam satu rangkaian. Masing-masing sensor telah di tempatkan sesuai fungsinya.

## 4. PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISA HASIL

### 4.1 Validasi Sensor

Sensor yang telah terpasang kemudian dilakukan validasi sebelum pengujian. Validasi sensor dilakukan untuk memastikan bahwa hasil pengukuran telah sesuai dengan ukuran pada perencanaan. Dilakukan pemasangan detektor pada tanah di lereng, kemudian akan dilakukan pengukuran sebagai hasil analisis kerja detektor.



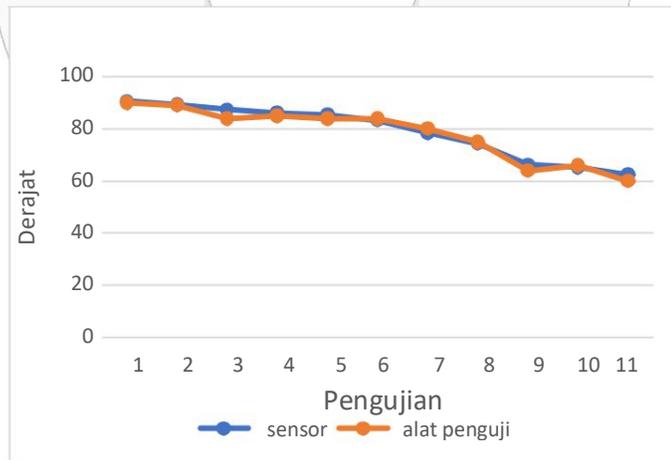
Gambar 4.1 Validasi sensor

#### 4.2 Pengujian Alat

Pengujian dilakukan untuk mengetahui fungsionalitas alat untuk mendeteksi potensi bencana tanah longsor.

##### 4.2.1 Pengujian Ketepatan Kemiringan Tanah

Pengujian ketepatan kemiringan tanah dilakukan dengan melakukan pengujian pada sensor dibandingkan dengan alat pengukur level kemiringan. Setelah melakukan pengujian maka didapatkan perbandingan selisih dan rata-rata selisih dari pengujian. Grafik dari pengujian ketepatan pergeseran tanah terdapat pada gambar di bawah ini.

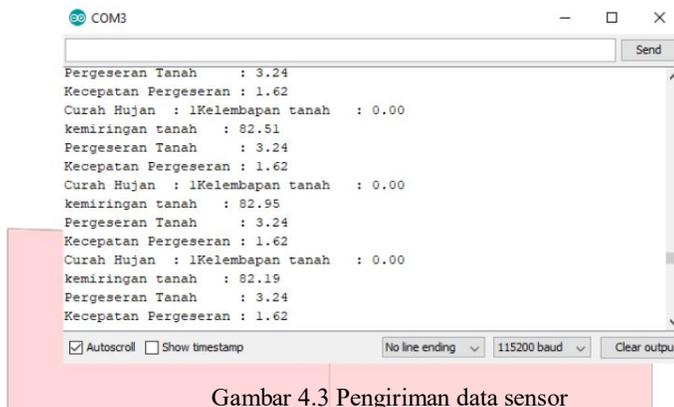


Gambar 4.2 Grafik pengujian kemiringan tanah

Satuan pengukuran yang digunakan adalah derajat. Hasil pengukuran ketepatan kemiringan tanah didapatkan nilai rata-rata selisih sebesar 0.0178°.

### 4.2.2 Pengujian Kesesuaian Data yang Di kirim

Kesesuaian data yang dikirim melalui komunikasi LoRa sangat penting untuk menentukan kualitas data yang dihasilkan. Data yang terkirim dilakukan pengujian dengan kondisi data pada pengirim dirubah dan dengan jarak yang berbeda-beda ditunjukkan dengan RSSI yang berbeda pula sesuai dengan pengujian sebelumnya. Berikut adalah tampilan serial monitor Arduino IDE bagian TTGO yang melakukan pengiriman data sensor.



Gambar 4.3 Pengiriman data sensor

Hasil dari pengujian ketepatan pengukuran yang dikirim dapat dilihat pada tabel berikut dengan keterangan CH adalah curah hujan, KT adalah kelembapan tanah dalam persen, KMT adalah kemiringan tanah dalam derajat, dan PT adalah pergeseran tanah dalam satuan millimeter.

Tabel 4. 1 Pengujian ketepatan pengukuran

PENGIRIM				RSSI	PENGIRIM				Ket
CH	KT	KMT	PT		CH	KT	KMT	PT	
`1	0%	90.46°	0	-70	`1	0%	90.46°	0	Sesuai
1	0%	90.15°	0	-97	1	0%	90.15°	0	Sesuai
0	46%	89.80°	0	-99	0	46%	89.80°	0	Sesuai
0	46%	89.57°	0	-105	0	46%	89.57°	0	Sesuai
0	45%	89.05°	1.62	-113	0	45%	89.05°	1.62	Sesuai
0	32%	88.76°	1.62	-115	0	32%	88.76°	1.62	Sesuai
0	27%	88.32°	1.62	-116	0	27%	88.32°	1.62	Sesuai
0	24%	87.88°	3.24	-120	0	24%	87.88°	3.24	Sesuai
0	20%	87.10°	3.24	-121	0	20%	87.10°	3.24	Sesuai
0	20%	86.55°	3.24	-120	0	20%	86.55°	3.24	Sesuai
0	20%	86.22°	4.86	-122	0	0	86.22°	4.86	Tidak Sesuai
0	17%	86.13°	4.86	-122	1	1	0	0	Tidak sesuai
0	17%	86.03°	4.86	-123	0	0	0	0	Tidak sesuai

Berdasarkan data pada tabel diatas dapat diketahui bahwa ketika RSSI telah mencapai -122 dBm, data tetap diterima namun hasilnya menjadi tidak sesuai. Hal ini menunjukkan bahwa dalam pemasangan alat tidak dianjurkan untuk memasang terlalu jauh atau terhalang oleh benda sehingga nilai RSSI mendekati -122 dBm. Kemudian dilakukan pula pengujian dengan data yang sama namun dengan RSSI yang berbeda-beda. Pengujian ini dilakukan untuk membuktikan bahwa yang mempengaruhi kualitas pengiriman data bukan dari isi datanya melainkan berdasarkan parameter RSSI.

Tabel 4.2 Pengujian ketepatan kesesuaian data

PENGIRIM				RSSI	PENGIRIM				Ket
CH	KT	KMT	PT		CH	KT	KMT	PT	
\1	0%	91.12°	1.62	-66	\1	0%	91.12°	1.62	Sesuai
1	0%	90.86°	1.62	-70	1	0%	90.86°	1.62	Sesuai
1	0%	90.34°	1.62	-100	0	0%	90.34°	1.62	Sesuai
1	0%	89.79°	1.62	-103	0	0%	89.79°	1.62	Sesuai
1	0%	89.53°	1.62	-115	0	0%	89.53°	1.62	Sesuai
1	0%	89.22°	1.62	-117	0	0%	89.22°	1.62	Sesuai
1	0%	89.11°	1.62	-119	0	0%	89.11°	1.62	Sesuai
1	0%	88.23°	1.62	-120	0	0%	88.23°	1.62	Sesuai
1	0%	88.47°	1.62	-121	0	0%	88.47°	1.62	Sesuai
1	0%	88.32°	1.62	-120	0	0%	88.32°	1.62	Sesuai
1	0%	89.67°	1.62	-122	0	0	89.67°	1.62	Tidak Sesuai
1	0%	89.04°	1.62	-122	1	1	0	0	Tidak sesuai
1	0%	88.96°	1.62	-123	0	0	0	0	Tidak sesuai

Berdasarkan data diatas dapat diketahui bahwa ketika RSSI mencapai -122 dBm, beberapa data tetap diterima namun hasilnya menjadi tidak sesuai. Hal ini menunjukkan bahwa dalam pemasangan alat tidak dianjurkan untuk memasang terlalu jauh atau terhalang oleh benda sehingga nilai RSSI mendekati -122 dBm. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa isi data tidak berpengaruh jika RSSI lebih dari -121 dBm. Data akan menjadi sangat rentan untuk tidak sesuai jika RSSI bernilai -122 dBm. Bahkan data bisa hilang jika RSSI bernilai -123 dBm. Pada gambar 4.5 dapat dilihat hilangnya data sensor saat RSSI mencapai -122 dBm.

**4.2.3 Pengujian Jarak Komunikasi LoRa**

Pengujian jarak komunikasi LoRa merupakan salah satu hal penting yang harus dilakukan. Jarak dan RSSI (Receive Signal Strength Indicator) adalah dua parameter yang digunakan dalam melakukan pengujian jarak komunikasi LoRa, di mana didapatkan hasil pengujian jarak dalam satuan meter dan RSSI yang merupakan indikator kekuatan sinyal terima dalam satuan dBm (desibelmilliwatt). Pengujian dilakukan pada area lereng di desa Bategede Kabupaten Jepara dengan kondisi *Line Of Sight* (LOS) atau tanpa adanya halangan. Hasil pengukuran jarak komunikasi LoRa terdapat pada grafik di bawah ini :

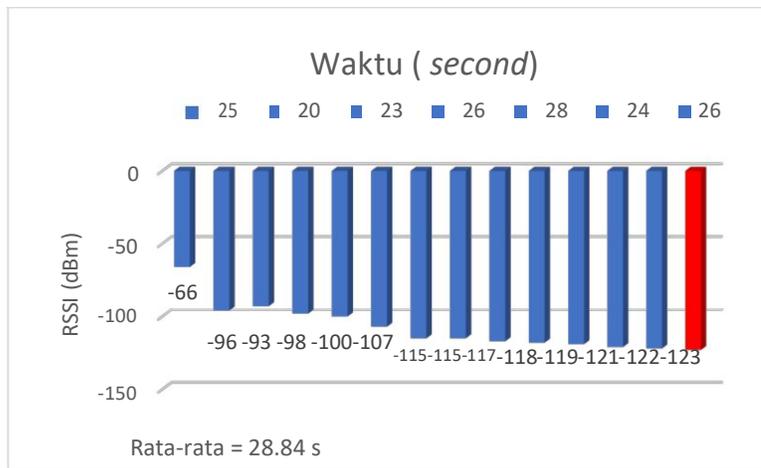


Gambar 4.6 Grafik pengujian jarak komunikasi LoRa

Hasil pengujian yang terdapat pada grafik di atas menunjukkan bahwa jarak mempengaruhi RSSI atau daya yang diterima oleh penerima. Semakin jauh jarak maka semakin kecil nilai RSSI. Pengukuran dengan jarak komunikasi LoRa mencapai 370 meter menghasilkan nilai RSSI yang sangat kecil, sehingga menyebabkan data tidak dapat diterima oleh penerima. Oleh karena itu pada pengukuran kali ini dibatasi hingga jarak 350 m.

#### 4.2.4 Pengujian Delay

Pengujian *delay* merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan suatu data dari pengirim ke penerima. Pengujian *delay* kali ini menggunakan perbandingan antara RRSI dan jarak. Satuan selisih pengujian *delay* adalah detik/second. Hasil pengujian *delay* terdapat pada grafik di bawah ini.



Gambar 4.7 Pengujian *delay*

Berdasarkan hasil pengujian *delay* di atas, dapat diketahui bahwa rata-rata *delay* pengiriman data adalah 28,84 *second*. *Delay* pengujian dipengaruhi oleh jarak antara pengirim dan penerima. Semakin jauh jarak antara pengirim dan penerima, maka waktu koneksi TTGO LoRa akan lebih lama. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai jarak berbanding lurus dengan nilai RRSI.

#### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian dan analisa yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengujian nilai sensor, didapatkan rata-rata kesalahan sensor kelembapan tanah sebesar 0.017 %, rata-rata kesalahan sensor kemiringan tanah sebesar 0.56 %, sensor pergeseran tanah memiliki kesalahan rata-rata sebesar 0.90 mm.
2. Berdasarkan hasil pengujian cakupan LoRa, jarak mempengaruhi RRSI atau daya yang diterima oleh penerima. Semakin jauh jarak maka semakin kecil nilai RRSI. Jarak komunikasi LoRa dicapai sejauh 370 meter menghasilkan nilai RRSI -123 dBm.
3. Delay rata-rata yang dibutuhkan untuk mengirim data sensor dari pengirim ke penerima sebesar 28,84 *second*.
4. Alat akan aktif selama 24 jam apabila penyinaran matahari berlangsung efektif selama 3 hari.

#### DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Sahib, S.R.A. Monaf, A. M. Din, dan J. Tafila., "Rotor Position Detection And Control For Spindel Brushless Dc Motors Using Dummy Windings," IEEEEXplore,2013.

[2] A. Lavric, "LoRa ( Long-Range ) High-Density Sensors for Internet of Things," 2019.

[3] A. Kadir, Pemrograman Arduino dan Processing. Jakarta: Elex Media Komputindo, 2017.

[4] Aini. Nur, "Tanah Longsor Dominasi Bencana di Banjarnegara," 2019.

[5] Apriyono,Arwan. "Analisis Penyebab Tanah Longsor di Kalitlaga Banjarnegara". Teknik Sipil Unsoed. Purwokerto. 2009.

- [6] Arduino. "What is Arduino?" [Daring]. Tersedia pada: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>.
- [7] Asriya, Putri. Yusfi, Meqorry. "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kelembaban Tanah Menggunakan Wireless Sensor Berbasis Arduino Uno". Universitas Andalas. Jurnal Fisika Unand Vol. 5, No. 4, Oktober 2016
- [8] Astra, I Made, Satwiko, dan Sidopekso, 2011. "Studi Rancang Bangun Solar Charge Controller dengan Indikator Arus, Tegangan dan Suhu Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535". Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya, Vol, XI, 21.
- [9] Dyah Susanti.Pranatasari, Arina.Miardini,"Identifikasi Karakteristik dan Faktor Pengaruh pada Berbagai Tipe Longsor". Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Surakarta. 2019
- [10] E. Systems, "ESP32 Series Datasheet," 2019.
- [11] F. Muchsin, "Estimasi Kelembaban Tanah Skala Regional," 2010.
- [12] Faisal Fathani.Teuku," Landslide Early Warning System (LEWS)",Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.2015.
- [13] Google. "Firebase Realtime Database." [Daring]. Tersedia pada: <https://firebase.google.com/docs/database>.
- [14] Hasnawir. "Intensitas Curah Hujan Memicu Tanah Longsor Dangkal Di Sulawesi Selatan. Balai Penelitian Kehutanan Makassar". Makassar. 2012
- [15] Handson Technology, "Rotary Encoder for Arduino/Raspberry," hal. 1–8.
- [16] Haris.Erdyanto, Meisya.Bahreza Bilah, Taufik.Anwar Sholikin,"THOR (Pendeteksi Tanah Longsor): Deteksi Bencana Tanah Longsor Menggunakan Sensor "TASBIH" Berbasis SMS Gateway",Teknik Elektro.Universitas Negeri Yogyakarta.2018
- [17] Huang. Jian, "Design of Angle Detection System Based on MPU6050". XiJing University. China
- [18] Iswanto,Nia.Maharani Raharja, Alif.Subardono,"Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor Berbasis ATMEGA8535", Diploma Teknik Elektro.Universitas Gajah Mada.Yogyakarta.2009.
- [19] Iqbal. Muhammad," Prototipe Detektor Pergeseran Tanah Menggunakan *Draw-wire Displacement* Sensor Dengan Konsep Internet of Things",Teknik Telekomunikasi. Universitas Telkom. 2019.
- [20] Kurniawan. Asep, "Rotary Encoder", 10 Oktober 2018 [Daring].
- [21] L. Risdiyanto, "Identifikasi Daerah Rawan Longsor," 2016 [Daring].
- [22] Lister.Eugene," Mesin dan Rangkaian Listrik", Erlangga, Jakarta. 1988.
- [23] LoRa, "Why LoRa®?," 2018. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.semtech.com/lora/why-lora>.
- [24] Lutfiyana, Hudallah.Noor, Suryanto.Agus."Rancang Bangun Alat Ukur Suhu Tanah, Kelembaban Tanah,dan Resistansi". Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang. Semarang. 2017
- [25] Mustar, Muhamad Yusvin. Wiyagi, Rama Okta."Implementasi Sistem Monitoring Deteksi Hujan dan Suhu Berbasis Sensor Secara Real Time". Jurnal Ilmiah Semesta Teknika. Vol. 20, No. 1, 20-28, Mei 2017
- [26] Natobisnis,"Solar Home System (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)", 2014[Daring].
- [27] Priyono."Hubungan Klasifikasi Longsor,Klasifikasi Tanah Rawan Longsor Dan Klasifikasi Tanah Pertanian Rawan Longsor". Fakultas Pertanian UNISRI Surakarta. Surakarta. 2015
- [28] Pinout, "MPU-6050 Datasheet PDF," 2019 [Daring].

- [29] Rahman.Aulia, Dwi Sulo.Bambang , Minto.Bambang,"Prototype Pembangkit Listrik Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Air Sistem Smart Off Grid Menggunakan ATMega 2560", Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang. Malang. 2017
- [30] Santos.Rui, Santos.Sara,"ESP32 with LoRa using Arduino IDE". Portugal.2018
- [31] Rif'an, M.Sholeh HP. Mahfudz Shidiq."Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya". Universitas Brawijaya. Malang. Jurnal EECCIS Vol. 6, No. 1, Juni 2012
- [32] Semtech, "Sx1276/77/78/79 - 137 MHz to 1020 MHz Low Power Long Range Transceiver," Januari, 2019.
- [33] Suprayogi.Aries, Fitriyah.Hurriyatul, Tibyani. "Sistem Pendeteksi Kecelakaan Pada Sepeda Motor Berdasarkan Kemiringan Menggunakan Sensor Gyroscope Berbasis Arduino." Program Studi Teknik Komputer. Fakultas Ilmu Komputer. Universitas Brawijaya. Surabaya. 2019
- [34] Susanti.Pranatasari Dyah, Miardini.Arina,"Identifikasi Karakteristik dan Faktor Pengaruh pada Berbagai Tipe Longsor". Badan Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Surakarta. 5 April 2019.
- [35] Sri Naryanto.Heru, Hasmana.Soewandita, Ganesha.Deliyant, "Analisis Penyebab Kejadian dan Evaluasi Bencana Tanah Longsor di Desa Banaran, Kecamatan Pulung, Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur". Ilmu Lingkungan. Universitas Diponegoro. 2017
- [36] Tohari.Adrin,"WISELAND (*Wireless Sensor Network for Landslide Monitoring*)", Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 2014
- [37] Utida, Akira (2007). Rain Drop Sensor For Detecting Rain on a Vehicle Windshield Including an Image Sensor and Processor for Performing a Frequency Analysis of an Image and Wiper Controller Having the Same. Kariya, Nishio JP: DENZO CORPORATION, NipponSoken, Inc.
- [38] V. V. Verdi, "Desain dan Implementasi Sistem Pengukuran Kelembapan Tanah Menggunakan SMS Gateway Berbasis Arduino Design and Implementation of Soil Moisture Measurement," vol. 2, no. 3, hal. 7004–7010, 2015.
- [39] Wahyudi, Arif Eko."Perancangan Dan Pembuatan Alat Ukur Jarak Digital Berbasis Arduino Menggunakan Sensor Rotary Encoder". Teknik Elektro .Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta. 2015
- [40] W. Alam,"Measure Tilt Angle with MPU6050 & STM32 Microcontroller", 19 Februari 2019 [Daring].