

Deteksi Bencana Longsor berbasis LoRa Technology dengan Real Time Data Logging

LoRa Technology-based Landslide Detection with Real Time Data Logging

Ahmad Hafidz Fajrian ^{1*}, Roprop Latiefatul Millah², Rangga Julfian Hakim ³, RizkyMahesa Ramadhan⁴, Lia Kamelia⁵

^{1,2,3,4,5} Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung
Jl. A.H. Nasution No. 105A, Cibiru, Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia
1207070007@student.uinsgd.ac.id^{1*}, 1192070062@student.uinsgd.ac.id²,
1207070099@student.uinsgd.ac.id³, 1207070112@student.uinsgd.ac.id⁴,
l.kamelia@uinsgd.ac.id⁵

Abstrak – Longsor di Indonesia menjadi bencana yang sering terjadi dikarenakan Indonesia memiliki 2 musim yaitu kemarau dan penghujan. Pada musim penghujan bencana-bencana yang sering terjadi di Indonesia salah satunya adalah longsor. Terbukti dengan adanya data yang telah dikeluarkan oleh BNPB pada akumulasi bencana di tahun 2021, terdapat 1.321 kali kejadian tanahlongsor yang ada di seluruh wilayah Indonesia. Dengan sering terjadinya bencana ini di Indonesia, dalam menekan angka kerugian terhadap bencana longsor yang terjadi di Indonesia, peneliti berupaya untuk mengatasi hal tersebut dengan membuat sistem pendeteksi dini terkait bencana longsor yang terjadi di Indonesia khususnya wilayah Bandung dan sekitarnya. Sistem ini dikombinasikan dengan menggunakan teknologi yang sedang berkembang pada zaman ini. Menggunakan LoRa untuk media komunikasi dalam hal pengiriman data dan dengan data yang real-time logging data sehingga dapat dipantau oleh siapa saja dalam melihat perkembangan dalam hal mitigasi nya serta memberikan proteksi ketika dianggap suatu wilayah diduga akan terjadi bencana longsor. Sistem ini terdiri dari 3 aspek kendali yaitu input, proses, dan output. Hasil yang didapatkan ialah sistem ini dapat mewujudkan sistem mitigasi dini untuk longsor dengan menggunakan data logging sehingga dapat memudahkan dalam melakukan deteksi dini bencana longsor dengan melakukan pengujian berbagai macam sensor yang digunakan.

Kata Kunci: Deteksi dini, Longsor, Data Logging, LoRa, IoT

Abstract - Landslides in Indonesia are frequent disasters because Indonesia has 2 seasons, namely dry and rainy seasons. During the rainy season, disasters that often occur in Indonesia are landslides. It is proven by the data that has been released by BNPB on the accumulation of disasters in 2021, there are 1,321 landslides in all parts of Indonesia. With the frequent occurrence of this disaster in Indonesia, in reducing the number of losses to landslides that occur in Indonesia, researchers are trying to overcome this by creating an early detection system related to landslides that occur in Indonesia, especially the Bandung area and its surroundings. This system is combined by using technology that is developing at this time. Use LoRa for communication media in terms of data transmission and with real-time data logging data so that it can be monitored by anyone to see developments in this regard and provide protection when an area is expected to occur a landslide disaster. This system consists of 3 control aspects, namely input, process, and output. The results obtained are that this system can realize an early assistance system for landslides using data logging so that it can facilitate early detection of landslides by testing various kinds of sensors used.

Keywords: Early Warning System, Landslide, Data Logging, LoRa, IoT

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang memiliki dua musim, yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Ketika memasuki bulan-bulan dengan intensitas curah hujan yang tinggi, terdapat beberapa kasus kebencanaan yang mengakibatkan masyarakat menjadi terdampak. Seiring



berjalannya waktu, prediksi terkait cuaca menjadi semakin tidak menentu dan bersifat fluktuatif, sehingga apabila ditinjau dari segi siklus hidrologi menunjukkan pengaruh musim yang terjadi secara periodic di Indonesia.

Siklus hidrologi mempengaruhi bagaimana pergerakan air laut menuju udara sehingga jatuh ke permukaan tanah yang berbentuk hujan, ataupun dalam bentuk presipitasi yang lainnya. Beberapa bencana alam yang sering terjadi pada musim penghujan diantaranya adalah banjir dan tanah longsor. Pada umumnya untuk bencana alam banjir, air yang mengalir yang berada pada Kawasan Daerah Aliran Sungai akan menjadi daerah dengan terdampak bencana yang lebih tinggi, dimana untuk DAS biasanya dibatasi oleh pegunungan-pegunungan dan air yang mengalir di wilayah tersebut akan ditampung oleh punggung pegunungan dan akan dialirkan menuju sungai kecil atau anak dari sungai utama.

Intensitas curah hujan yang tinggi pula menjadi pemicu adanya bencana longsor, hal ini dikarenakan pergerakan tanah juga dipengaruhi oleh kadar air tanah dalam suatu daratan tertentu. Dilansir dari *website* Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), telah selesai melakukan verifikasi dan validasi data bencana sepanjang tahun 2021 dari seluruh provinsi dan kabupaten/kota. Data yang dihimpun dari seluruh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) selama tahun 2021 telah terjadi terjadi 5.402 kejadian bencana, dan 99,5% dari kejadian sepanjang tahun 2021 merupakan bencana hidrometeorologi. Terjadinya bencana alam tanah longsor cukup tinggi intensitasnya di Indonesia. Di tahun 2021 terjadi tanah longsor sebanyak 1.321 kejadian. Hal ini menjadi perhatian khusus untuk diadakannya mitigasi bencana alam khususnya mitigasi bencana alam tanah longsor. Kelongsoran juga disebut sebagai suatu peristiwa erosi. Tingkat erosivitas suatu wilayah yang berbeda-beda menunjukkan bagaimana potensi suatu wilayah untuk mengalami kemungkinan erosi.

Erosi merupakan peristiwa berpindahnya tanah dari bagian bagian tertentu dari suatu tempat ke tempat lainnya yang disebabkan oleh media secara alami. Iklim tropis yang dimiliki oleh Indonesia menyebabkan ebagian besar peristiwa erosi disebabkan oleh air, dan untuk bagian wilayah lainnya yang beriklim kering maka erosi disebabkan oleh angin. Proses limpasan yang menyebabkan erosi melalui pelepasan permukaan tanah yaitu oleh air, angin, es serta disebabkan oleh faktor geologis yang lainnya seperti faktor gaya gravitasi, serta berbagai aktivitas manusia yang dapat menyebabkan terjadinya erosi yang mengindikasikan perusakan lingkungan. Tindakan mitigasi kebencanaan yang tepat untuk wilayah dengan potensi longsor akan mampu meminimalisir kerusakan yang terjadi akibat bencana.

Menurut UU 24 Tahun 2007, mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi resiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Mitigasi bencana alam merupakan suatu bentuk upaya dalam mengurangi resiko terjadinya bencana alam seperti banjir, tsunami, gempa bumi, tanah longsor, dan lain-lain. Sehingga dapat dikatakan mitigasi ini merupakan kegiatan yang direalisasikan saat sebelum terjadinya bencana sehingga menjadi tahap awal penanggulangan bencana dalam rangka mengurangi dampak dari bencana yang terjadi [1].

Mitigasi bencana yang didukung dengan optimalisasi teknologi salah satunya diwujudkan dalam penggunaan data logger dan internet of things. *Data Logger* adalah suatu alat elektronik yang berfungsi untuk *data record* atau mencatat data dengan waktu tertentu. *Data logging* merupakan proses perekaman data secara otomatis dari waktu ke waktu tertentu dengan bantuan sensor sebagai alat pengukur besaran yang kemudian data tersebut dapat dianalisis. *Internet of Things* (IoT) adalah berbagai objek yang dihubungkan dengan suatu jaringan dengan alamat IP, sehingga dapat saling bertukar informasi dan berkomunikasi. Objek-objek tersebut menghasilkan maupun menggunakan fitur dan saling bekerja sama dalam mencapai tujuan yang sama. Dengan kelebihan ini, IoT telah mengganti definisi internet untuk komputasi dimana saja, kapan saja dan bagaimana saja menjadi apa saja, siapa saja, dan layanan apa saja [2]. Salah satu pemanfaatan IoT yang sangat dibutuhkan saat ini adalah sebagai alat untuk mitigasi bencana alam seperti longsor dan likuifaksi. Saat terjadinya bencana, IoT tidak dapat digunakan untuk mencegahnya. Namun dalam hal kesiapsiagaan bencana, IoT akan sangat bermanfaat dalam arti lain untuk hal

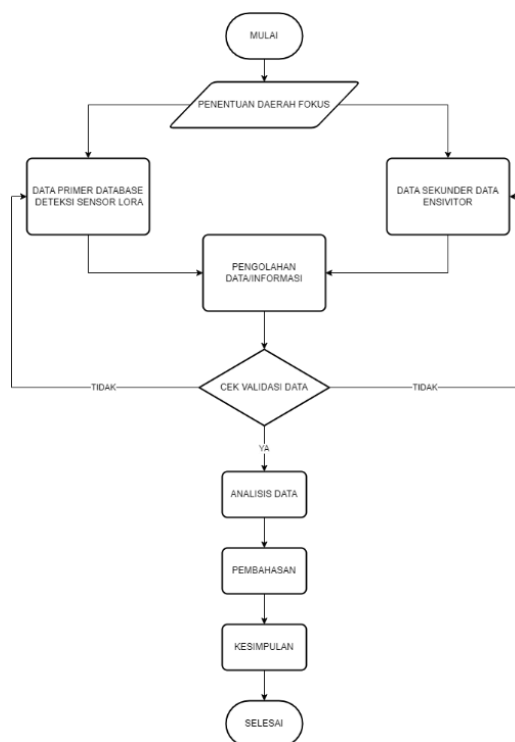
mitigasi, seperti analisis data, *monitoring* keadaan lingkungan berpotensi bencana alam, peringatan dini, dan lain sebagainya [3].

Data logging yang akurat melalui aksesibilitas *Internet of Things* juga mengalami beberapa kekurangan jika teknologi yang digunakan belum menunjang untuk kondisi khusus tertentu, misalnya untuk daerah dengan lalu lintas data yang rendah dikarenakan jaringan internet yang tidak memadai, maka teknologi LoRa dapat menjadi salah satu alternatif untuk komunikasi secara *wireless*. LoRa atau *Long Range Access* merupakan salah satu teknologi komunikasi nirkabel yang sering digunakan *Wireless Sensor Network* (WSN).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana deteksi bencana longsor berbasis LoRa technology dengan *real time data logging* berbantu GIS yang menunjukkan skema tingkat erosivitas dengan melakukan studi berbasis sistem informasi geografis untuk melakukan pendeteksian secara akurat untuk potensi bencana longsor.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian Kuantitatif bersumber dari data primer berupa data di lapangan terkait uji coba teknologi LoRa untuk deteksi bencana longsor, serta data sekunder yang dijadikan sebagai data penunjang untuk validasi data yaitu data melalui *Google Earth Engine* dengan *Variabel Climate* dan *Hidrology* untuk variabel presipitasi dengan dataset yang didapatkan untuk siklus bulanan selama periode tertentu yang dijadikan data prediksi berdasarkan pendekatan empiris dengan pengambilan resolusi data spasial yang dihasilkan pada rate 4800 m.



Gambar 1. Kerangka berpikir penelitian.

Pengolahan data presipitasi dengan menggunakan metode interpolasi. Interpolasi adalah metode untuk mendapatkan data berdasarkan beberapa data yang telah diketahui. Dalam pemetaan, interpolasi adalah proses estimasi nilai pada wilayah yang tidak disampel atau diukur, sehingga terbentuk peta atau sebaran nilai pada seluruh wilayah. Metode interpolasi yang digunakan yaitu *Spatial Interpolation Inverse Distance Weighted (IDW)* pada Arcmap[4]. Metode ini dipakai karena tidak terdapat satu metode tunggal yang baik untuk semua waktu dan tempat.

Variasi data yang dihasilkan melalui spasial temporal curah hujan sangat dipengaruhi oleh kondisi topografi dari suatu wilayah. Data ini akan menjadi data penguat untuk memprediksi kemungkinan terjadinya longsor di suatu wilayah berdasarkan tingkat erositivitasnya. Teknik pengolahan data yaitu melalui aplikasi Arcmap dengan *scattering plot* variabel tingkat curah hujan dan erositivitas. Pemrograman ArcGIS digunakan untuk mempersiapkan representasi informasi peta [5], serta dijadikan data penguat untuk data mitigasi berbasis teknologi IoT dan LoRa.

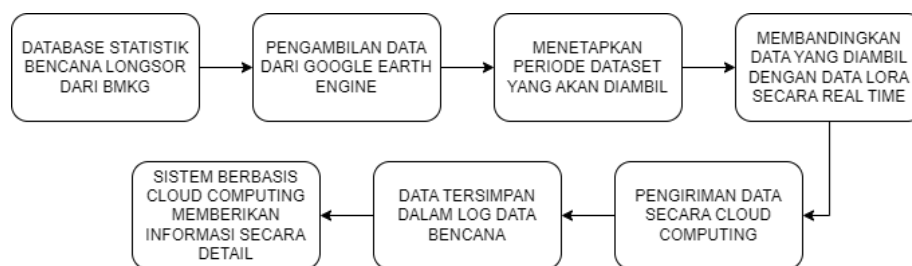
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Implementasi Teknologi untuk Mitigasi Bencana

Bencana alam yang terjadi selain menimbulkan kerusakan secara material juga memungkinkan menyebabkan korban jiwa. Kerusakan yang signifikan pada saat pasca bencana alam akan memiliki efek berantai terhadap aspek kehidupan masyarakat yang lainnya. Teknologi yang ada untuk memprediksi adanya kemungkinan terjadinya bencana alam yang diterapkan yaitu salah satunya menggunakan LoRa. Teknologi LoRa dipilih dikarenakan pada teknologi ini terintegrasi secara komprehensif untuk penggunaan sensor jaringan area, algoritma serta *wireless technology*. Daerah-daerah di Indonesia untuk wilayah pedalaman yang belum terjangkau akses jaringan yang memadai memiliki akses informasi yang terbatas, sehingga teknologi LoRa dapat diimplementasikan dengan mengembangkan perangkat pendeteksi bencana berbasis IoT untuk mengurangi dampak bencana alam yang akan terjadi di suatu wilayah tertentu, dengan tanpa ketergantungan terhadap jaringan komunikasi internet, akan tetapi tetap mampu mengidentifikasi prediksi bencana dengan cepat dan akurat atau secara *real time*.

3.2. Integrasi Teknologi IoT, LoRa dengan Data GIS untuk Pendeteksian Bencana Longsor

Analisis data secara historis untuk data kebencanaan didapatkan melalui penggunaan data sekunder melalui data spasial dengan proses pencitraan digital, dengan tujuan untuk membantu prediksi kebencanaan berdasarkan kecenderungan potensi bencana setiap periodenya melalui analisis pola-pola khusus yang dihasilkan. Implementasi teknologi IoT, LoRa dan optimalisasi data GIS mampu menciptakan sistem mitigasi bencana terpadu yang melibatkan proses data mining Teknik yang dapat menganalisis pola bencana untuk memprediksi dalam periode di masa mendatang yang diklasifikasikan sesuai sistem-sistem tertentu secara khusus. Berikut ini merupakan arsitektur data dalam penelitian.



Gambar 2. Arsitektur data pada alat

Arsitektur data dalam alat pendeteksi ini yaitu sebagai berikut:

1. Database kebencanaan longsor yang didapatkan dari BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) berupa data statistic akan diproses dan dikumpulkan.
2. Pengambilan data dari Google Earth Engine sesuai dengan Area of Interest (AOI) dalam focus monitoring dan mitigasi bencana
3. Penetapan dataset secara periodic untuk melihat kecenderungan data kebencanaan yang terbentuk.
4. Membandingkan data hasil deteksi dengan pengambilan data berdasarkan alat dengan penerapan IoT dan LoRa yang diperoleh melalui transmitter dan receiver data,

5. Data akan dikirim secara cloud computing.
6. Data akan disimpan berupa log data, dan data logger yang ditampilkan merupakan data yang telah tervalidasi sehingga Ketika user mendapatkan data terkait kebencanaan akurat.
7. Sistem berbasis cloud computing memberikan data secara detail dan ditampilkan melalui output data yang dapat diakses dengan mudah.

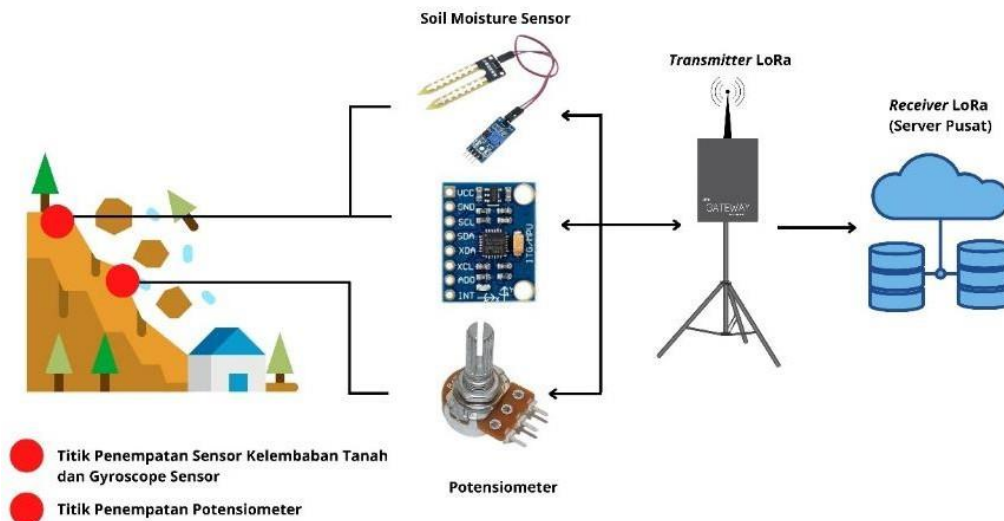
3.3. LoRa Technology untuk Menunjang Early Warning System

LoRa masih termasuk dari LoRaWAN adalah bagian dari teknologi LPWAN (*Low-Power Wide-Area Network*) pengiriman data yang menggunakan frekuensi radio sebagai media untuk pengiriman data. Sebagian besar *unlicensed frequency* (ISM) beroperasi pada frekuensi 169 MHz, 433 MHz, 868 Mhz, 915 MHz, 923 Mhz, dan 2.4 Ghz. Untuk regional Indonesia, diizinkan menggunakan frekuensi 923 MHz [6]. LoRa memiliki topologi jaringan *star of star*. Secara garis besar berikut komponen utama dari LoRa yaitu: a) LoRa *end devices* sebagai sensor/aktuator yang terhubung melalui antarmuka radio LoRa ke satu atau beberapa LoRa *Gateways*, b) LoRa *Gateways* sebagai penghubung *end devices* ke LoRa *NetServer* yang merupakan elemen pusat dari arsitektur jaringan LoRa dan c) LoRa *NetServer* yang berfungsi sebagai server jaringan yang melakukan kontrol semua jaringan (*radio resource management, admission control, security*, dan lain-lain). Penerapan teknologi LoRa dalam penelitian ini yaitu sebagai penerapan sistem Early Warning System dalam mitigasi bencana.

Early Warning System merupakan suatu sistem yang dibuat dengan rancangan konsep deteksi dini sehingga dapat mencari manfaat dan risiko dengan lebih cepat atau dalam kata lain sistem peringatan dini [7]. Sistem peringatan dini ini sangat penting peranannya terutama dalam hal mitigasi bencana alam. Dengan adanya sistem peringatan dini, kita dapat mengantisipasi dan siap siaga terhadap potensi terjadinya bencana alam dan mengurangi resiko dampak bencana alam tersebut.

3.4. Skema Sistem Alat Pendeteksi Longsor

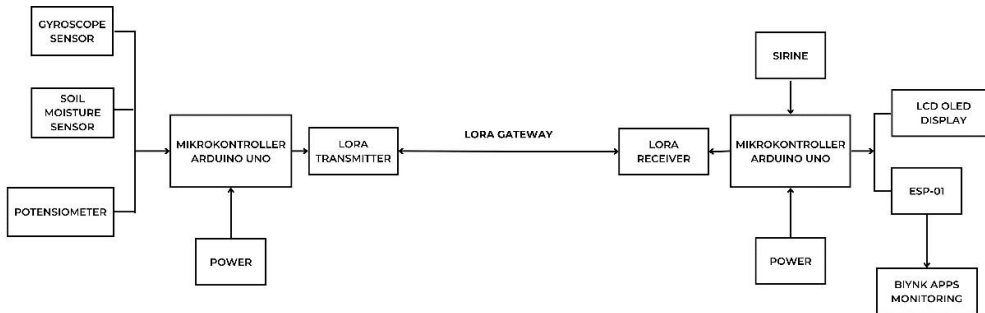
Berikut ini merupakan gambaran umum dari teknologi pendeteksi longsor berbasis LoRa, yang menggambarkan bagaimana ilustrasi penempatan LoRa pada area fokus deteksi bencana.



Gambar 3. Gambaran umum cara kerja alat.

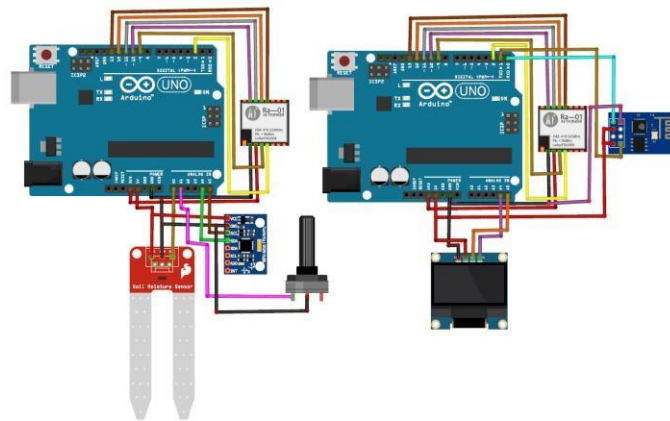
Penerapan teknologi LoRa dalam penelitian ini berfokus pada *Realtime data logging*, yang berarti prosesnya bertujuan untuk mencatat data dengan *respond* atau tanggapan secara langsung saat itu juga. *Data logger* ini dapat terintegrasi dengan sensor dan komponen lainnya. Dalam hal ini, *real time data logging* bertujuan untuk mencatat data sensitifitas pergeseran tanah, pergerakan

tanah, dan kelembaban tanah secara *real time* dari sensor MPU6050. Sehingga dapat mendeteksi adanya potensi terjadinya peristiwa tanah longsor. Berikut ini merupakan diagram blok dari alat pendeteksi longsor berbasis LoRa dengan diintegrasikan dengan database berupa data GIS.



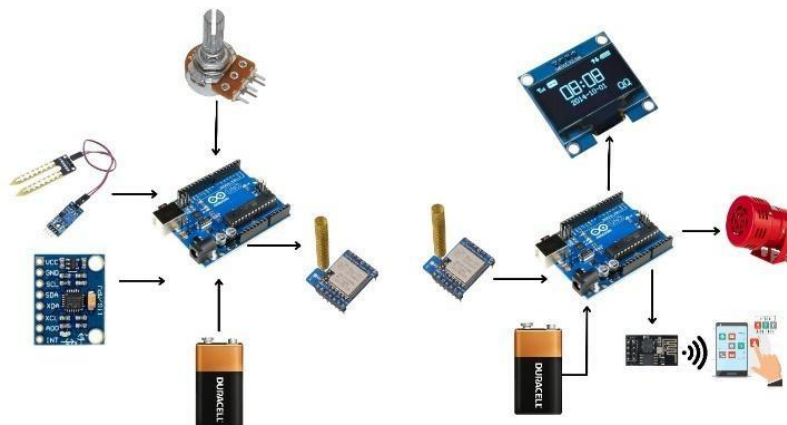
Gambar 4. Diagram blok sistem alat.

Desain skematik pembuatan alat dibuat dengan menggunakan software fritzing, dan wiring untuk rangkaian komponen alat yang digunakan untuk transmitter dan receiver data yaitu sebagai berikut:



Gambar 5. Rangkaian skematik alat untuk transmitter dan receiver data.

Alur dari proses transmisi data dan cara kerja pada setiap komponen dalam alat pendeteksi bencana yaitu pada transmitter data dan receiver data LoRa yaitu sebagai berikut:



Gambar 6. Alur transmisi data pada alat pendeteksi LoRa untuk part transmitter dan receiver data

3.5. Ujicoba Sistem

3.5.1. Pengambilan Data Melalui Pengujian Sensor dan LoRa

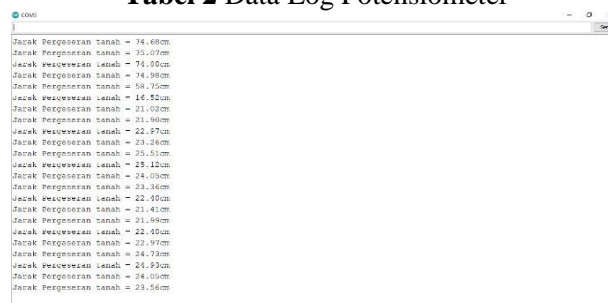
Pengambilan data melalui pengujian sensor melibatkan fungsi kerja setiap sensor yaitu Potensio Meter untuk mengukur pergeseran tanah dengan cara menanam tali pada tengah tengah tebing kemudian di hubungkan dan di lilitkan ke potensio melalui pulley. Prinsip kerjanya yaitu jika terjadi pergeseran maka tali akan menarik lilitan pada pulley yang terhubung dengan potensio meter, nilai yang di hasilkan potensio akan di konversi dengan jarak pergeseran tanah, fungsi pulley untuk menjadikan putaran yang pelan menjadi putaran yang cepat, hal ini berfungsi untuk menaikan keakuratan pada nilai potensio meter. Sensor gyro MPU6050 berfungsi untuk mengukur tingkat kemiringan yang terjadi pada tanah. Cara kerjanya jika tanah mengalami pergeseran dan terjadi beda kemiringan maka sensor akan mendeteksi adanya kemiringan. Sensor kelembapan tanah digunakan untuk mengukur tingkat kelembapan tanah dengan cara sensor di tancapkan ke tanah maka sensor akan mendeteksi tingkat kelembapan tanah, prinsip kerjanya semakin tanahnya basah maka sensor akan membaca semakin besar resiko tanahnya untuk longsor.

Bahasa Pemrograman yang di pakai adalah Bahasa C yang telah di sederhanakan dan Bahasa JAVA, Bahasa C digunakan untuk memprogram Arduino pada aplikasi Arduino ide sedangkan untuk Bahasa JAVA untuk membuat tampilan gambar 3D atau 2D secara *realtime* menggunakan aplikasi GUI processing, port com berfungsi untuk menghubungkan dari *hardware* Arduino ke aplikasi GUI processing. Berikut ini merupakan data hasil percobaan dan data yang terukur melalui potensiometer, dimana tempat pengambilan data yaitu di wilayah kota bandung.

Tabel 1 Data percobaan potensiometer.

NO	Jarak Pergeseran Tanah (cm)	100 - ((hasilPembacaan/1023.00)*100 = hasil pembacaan jarak pergeseran tanah (cm)
1	2 cm	2.00
2	5 cm	5.01
3	7 cm	7.21
4	10 cm	10.20
5	27 cm	27.06
6	49 cm	50.01
7	54 cm	54.00
8	73 cm	74.19
9	82 cm	82.21
10	93 cm	95.32

Tabel 2 Data Log Potensiometer



Pada percobaan potensiometer, nilai maksimum analog pada Arduino yaitu 1023, untuk mengkonversi nilai tersebut ke cm maka harus di perhitungkan terlebih dahulu jarak maksimum sensor mendeteksi pergerakan tanah, pada percobaan kali ini maksimum sensor mendeteksi jarak pergerakan tanah yaitu 100 cm atau 1 meter jadi untuk mengkonversi dari nilai analog ke cm yaitu dengan cara $100 - ((\text{hasil Pembacaan}/1023.00)*100)$ maka akan di dapatkan nilai sensor per sentimeter. Selanjutnya melakukan kalibrasi menggunakan pulley dengan menyesuaikan besaran ukuran pulley pelilit tali dan pulley potensiometer. Pada table di atas menunjukkan selisih nilai sensor dengan perhitungan manual sangat sedikit, maka dari itu tingkat keakuratan potensiometer sangat baik untuk di gunakan pada sensor pendeteksi longsor.

Tabel 3 Data percobaan sensor kelembapan tanah

NO	Jam	persentase kelembapan	Status Tanah
1	5:00	65.77%	Lembab
2	7:00	60.43%	lembab
3	9:00	49.76%	lembab
4	11:00	71.59%	Basah
5	12:00	76.78%	basah
6	13:00	87.96%	basah
7	15:00	70.13%	basah
8	16:00	50.44%	lembab
9	17:00	51.83%	lembab
10	20:00	58.79%	lembab

Tabel 4 Data log sensor kelembapan tanah

```

Persentase Kelembaban Tanah = 61.394
Persentase Kelembaban Tanah = 60.123
Persentase Kelembaban Tanah = 61.655
Persentase Kelembaban Tanah = 61.399
Persentase Kelembaban Tanah = 61.494
Persentase Kelembaban Tanah = 59.538
Persentase Kelembaban Tanah = 56.014
Persentase Kelembaban Tanah = 54.328
Persentase Kelembaban Tanah = 58.674
Persentase Kelembaban Tanah = 53.378
Persentase Kelembaban Tanah = 53.573
Persentase Kelembaban Tanah = 53.573
Persentase Kelembaban Tanah = 53.474
Persentase Kelembaban Tanah = 53.474
Persentase Kelembaban Tanah = 53.478
Persentase Kelembaban Tanah = 53.374
Persentase Kelembaban Tanah = 53.475
Persentase Kelembaban Tanah = 53.378
Persentase Kelembaban Tanah = 53.378
Persentase Kelembaban Tanah = 53.274
Persentase Kelembaban Tanah = 53.375
Persentase Kelembaban Tanah = 53.375
Persentase Kelembaban Tanah = 53.274
    
```

Pada Percobaan di atas di dapatkan bahwa jika persentase kurang dari 30% maka nilai kelembapan kering kemudian jika di atas 40% maka tanah dalam keadaan lembab dan jika di atas 70% maka tanah dalam keadaan basah, dikarenakan pada saat siang hari terjadi hujan maka sensor mendeteksi kelembapan tanah di atas 70% yang berarti tanah dalam keadaan basah. Sensor ini berfungsi untuk salah satu indicator terjadinya longsor dikarenakan salah satu terjadinya longsor yaitu pada tebing tidak adanya pepohonan dan tanah dalam keadaan basah maka dari itu rentan sekali terjadinya longsor karena tidak ada akar pepohonan yang mengikat tanah pada saat tanah dalam keadaan basah.

Tabel 5 Data Percobaan Sensor Gyro MPU6050

NO	aplikasi sudut kemiringan pada smartphone		sumbu x sensor	sumbu y sensor
	Sumbu x	Sumbu y		
1	10°	0°	11°	0°

NO	aplikasi sudut kemiringan pada smartphone		sumbu x sensor	sumbu y sensor
	Sumbu x	Sumbu y		
2	18°	0°	18°	1°
3	30°	3°	30°	4°
4	20°	1°	20°	1°
5	45°	0°	47°	2°
6	60°	5°	59°	5°
7	25°	2°	25°	2°
8	5°	0°	5°	0°
9	90°	10°	85°	11°
10	75°	8°	71°	5°

Pada percobaan di atas sensor akselerometer MPU6050 di bandingkan dengan sensor akselerometer pada smartphone, fungsi dari sensor ini yaitu mendeteksi pergerakan tanah baik dari pergeseran tanah kesamping maupun kedalam. Pada saat sensor mendeteksi pergerakan tanah yang tidak wajar maka sensor akan mendeteksi siaga longsor terus menerus akan tetapi jika pergerakannya hanya sebatas tertiuap angin atau pergerakan yang wajar maka sensor akan mengirimkan alarm siaga longsor yang berbunyi 2 kali selama 1 detik.

3.5.2. Pengambilan Data Tingkat Erosivitas

Area of Interest yang digunakan adalah untuk wilayah kota Bandung, yaitu dengan cakupan wilayah satu kota yang lebih luas. Berdasarkan data yang didapatkan dari website pemerintah daerah Provinsi Jawa Barat (Kota Bandung - Website Resmi Pemerintah Daerah Provinsi Jawa Barat, n.d.)Kondisi geografis wilayah Kota Bandung berada antara 107°36’ BT dan 6°55’ LS dengan luas wilayah 167,45 km² Secara topografi Kota Bandung terletak pada ketinggian 791 meter di atas permukaan laut (dpl), titik tertinggi di daerah Utara dengan ketinggian 1.050 meter dan terendah di sebelah Selatan 675 meter di atas permukaan laut. Di wilayah Kota Bandung bagian selatan sampai lajur lintasan kereta api, permukaan tanah relatif datar sedangkan di wilayah kota bagian Utara berbukit-bukit yang menjadikan panorama indah.

Nilai presipitasi harian yang didapatkan pada awalnya menggunakan data per Kecamatan di wilayah kota Bandung dengan melakukan rata-rata untuk setiap bulan dari Januari hingga Desember, dengan menggunakan persamaan:

$$(rata - rata\ 1\ tahun\ x\ 24)/31 \tag{1}$$

Nilai presipitasi harian untuk satu wilayah kota melakukan rata-rata untuk setiap bulan dari Januari hingga Desember, dengan menggunakan persamaan dalam Microsoft Excel:

$$= AVERAGE (1\ Bulan\ dalam\ seluruh\ kecamatan)$$

Kemudian memasukkan persamaan:

$$(rata - rata\ 1\ bulan\ se - kota\ x\ 24)/31 \tag{2}$$

Untuk nilai erosivitas menggunakan persamaan:

Perhitungan EI30 ditentukan untuk tiap kesempatan hujan menggunakan kondisi yang dibuat oleh Bols [9].

$$EI30 = 6,119 \times (RAIN)^{1,21} \times (DAYS)^{-0,47} \times (MAXP)^{0,53} \tag{3}$$

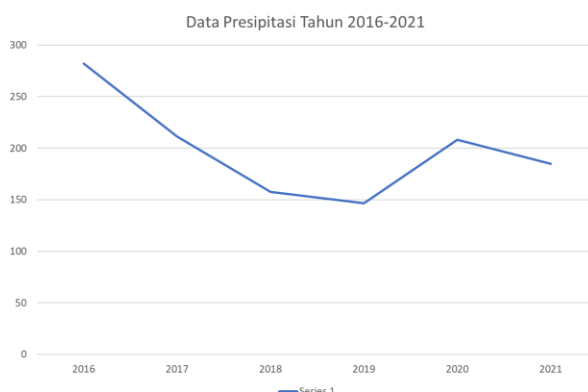
Keterangan:

EI30 = Indeks erosi hujan bulanan
 RAIN = Curah hujan rata-rata bulanan (cm)
 DAYS = Jumlah hari hujan rata-rata per bulan
 MAXP = Curah hujan maksimum dalam satu bulan (cm)

Tabel 6 Rata-rata presipitasi dan faktor erosivitas kota Bandung tahun 2016-2021.

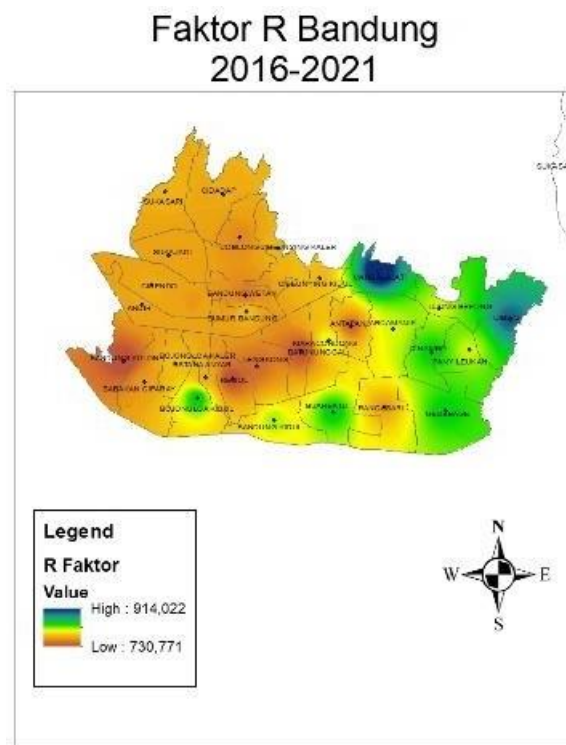
Tahun	Nilai Presipitasi (mm)	Faktor R
2016	281.9892	93.2862
2017	211.2464	69.0964
2018	157.6624	50.7949
2019	146.4868	46.9823
2020	208.0601	68.0075
2021	184.8638	60.0823

Curah hujan tertinggi berada pada bulan Oktober dengan nilai curah hujan 223,59 mm dan terendah pada bulan Juli sebesar 30,18 mm dengan rata-rata nilai presipitasi 184.8638 mm serta erosivitas sebesar 60.0823.



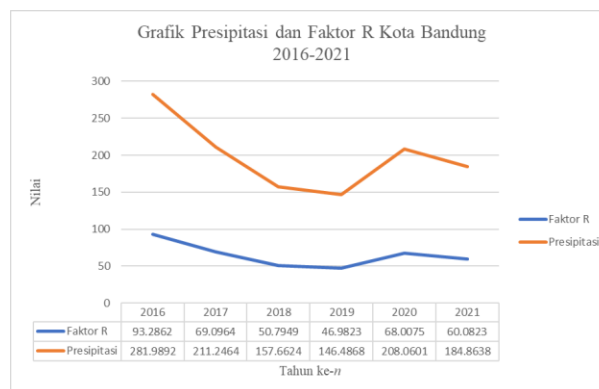
Gambar 7 Grafik Tingkat Presipitasi tahun 2016-2021

Grafik 7 menunjukkan tingkat presipitasi dengan rentang tahun 2016 hingga tahun 2021. Presipitasi paling tinggi terjadi pada tahun 2016 dengan curah hujan sebesar 281.9892 mm dan terendah pada 2019 dengan curah hujan sebesar 146.4868 mm. Intensitas curah hujan yang berbeda-beda untuk setiap wilayah kecamatan apabila ditinjau dari rata-rata curah hujan maka termasuk kedalam intensitas hujan lebat dan sangat lebat dengan interval ketentuan dalam 1 jam lebih dari 20 mm. Untuk intensitas hujan dengan keadaan yang lebih ringan hanya pada daerah tertentu saja yang mengalaminya.



Gambar 8 Pemetaan Faktor R tahun 2016-2021

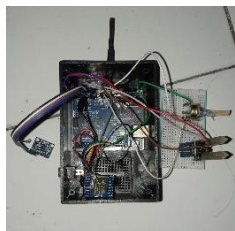
Tingkat erosivitas dipengaruhi oleh adanya aliran permukaan yang menjadi penyebab adanya erosi air[10]. Erosivitas hujan akan menyebabkan partikel-partikel tanah tersangkut ke wilayah dengan dataran yang lebih rendah. Erosi tanah dengan kapasitas yang berbeda-beda menunjukkan tingkat kemampuan erosivitas curah hujan[11].



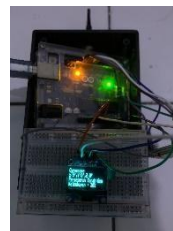
Gambar 2 Grafik hubungan Nilai Presipitasi dengan Faktor Erosivitas tahun 2016-2021

Berdasarkan gambar 9 yaitu Grafik hubungan Nilai Presipitasi dengan Faktor Erosivitas tahun 2016-2021 menunjukkan bahwa besarnya curah hujan dengan nilai erosivitas akan saling berbanding lurus. Tingkat erosivitas yang digunakan dalam memvalidasi data untuk menunjang data potensi deteksi bencana dikarenakan adanya perbedaan penyebab dari longsor terjadi secara alamiah maupun dikarenakan faktor manusia. Akibat interaksi tersebut melibatkan faktor iklim, topografi, wilayah serta vegetasi. Analisis penggunaan sensor terutama untuk mendeteksi pola kemiringan tanah tepat dilakukan karena perlu diperhatikan aspek luas kemiringan lereng, luas

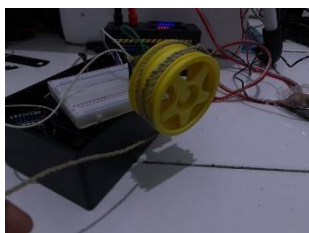
lahan kritis, luas tanah berkedalaman rendah sangat berpengaruh terhadap terjadinya erosi dan sedimentasi.



(a) Prototype LoRa Transmitter



(b) Prototype Lora Receiver



(c) Testing Potensiometer



(d) Testing Soil moisture sensor



(e) Testing Sensor Gyro MPU6050

Gambar 21 Dokumentasi Penelitian

Pada penggunaan alat deteksi bencana longsor ini terdapat beberapa *protocol* yang harus dilalui, yaitu mengimplementasikan IoT, infrastruktur, penemuan, data, komunikasi, semantik, *Framework multi-layer*, dan Keamanan. Setiap bencana memiliki *protocol* kerja yang berbeda beda namun secara sistem memiliki sistem analogus dengan skema secara umum. Implementasi alat berpotensi untuk mewujudkan sistem *early warning system* dengan data *logging* yang dapat memudahkan proses mitigasi kebencanaan, khususnya untuk bencana longsor.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, Sistem mitigasi untuk mendeteksi bencana longsor berhasil dilakukan dengan menggunakan metode atau konsep yang diterapkan pada penelitian ini. Basis komunikasi LoRa dalam pengiriman data dengan menggunakan *real time data logging* bisa diterapkan dalam melakukan pendeteksian bencana longsor. Dengan menggunakan konsep teknologi yang disesuaikan dengan perkembangan zaman. Dari hasil penelitian ini telah dilakukan uji coba terhadap beberapa aspek primer yang menjadi persyaratan tercapainya sistem pendeteksi yang akurat dalam melakukan mitigasi. Untuk kedepannya sistem ini dapat dikombinasikan bisa ditambahkan dengan sensor lainnya sehingga data yang didapatkan bisa lebih akurat dan lebih banyak faktor pendukung untuk mendeteksi bencana khususnya longsor ini.

Referensi

- [1] Dennis F. Niode., "11646-23234-1-Sm," vol. 5, no. 2, 2016.
- [2] F. Adani and S. Salsabil, "Internet of Things: Sejarah Teknologi Dan Penerapannya," *Isu Teknologi Stt Mandala*, vol. 14, no. 2, pp. 92–99, 2019.
- [3] C. Ryan *et al.*, "Sistem Peringatan Dini Rawan Bencana Longsor Di Kota Ambon menggunakanIoT," vol. 02, pp. 220–227, 2020.
- [4] R. ALBETA, N. Kurniawati, and M. Irfan, "STUDI SEBARAN CURAH HUJAN MENGGUNAKAN METODE INTERPOLASI INVERS DISTANCE WEIGHTING (IDW) DI SUMATERA SELATAN," Sep. 2021.

- [5] R. Harahap, I. Parinduri, S. Hutagalung, and K. Saleh, “Pembelajaran Sistem Informasi Geografis(SIG) Menggunakan ARCVIEW 3.3,” 2020.
- [6] “Kabupaten Bandung - Website Resmi Pemerintah Daerah Provinsi Jawa Barat.” <https://jabarprov.go.id/index.php/pages/id/1044> (accessed Dec. 19, 2021).
- [7] L. D. Palupi, “UPAYA KONSERVASI TANAH BERDASARKAN PENETAPAN INDEKS BAHAYA EROSI (IBE) DI KELURAHAN KEJAJAR, KECAMATAN KEJAJAR, KABUPATEN WONOSOBO,” 2019.
- [8] M. E. Wahyudien, L. Vianita, D. O. Subagyo, and N. Nurjanah, “Analisis Dampak Penggunaan Lahan Terhadap Tingkat Erosi di Daerah Aliran Sungai Bodri,” *Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS IX*, pp. 276–283, 2018.
- [9] W. Agustiningtiasih, M. Ruslan, D. Badaruddin, and J. Kehutanan, “KAJIAN TINGKAT BAHAYA EROSI DI DAS SATUI, KABUPATEN TANAH BUMBU,” *Jurnal Sylva Scientiae*, vol. 3, no. 4, pp. 771–782, Nov. 2020, doi: 10.20527/JSS.V3I4.2361.