

Sistem Peringatan Dini Bencana Alam Tanah Longsor Berbasis *Internet Of Things*

Andika Putra
Universitas Buana Perjuangan
Karawang, Indonesia
if16.andikaputra@mhs.ubpkarawang.ac.id

Tatang Rohana
Universitas Buana Perjuangan
Karawang, Indonesia
tatang.rohana@ubpkarawang.ac.id

Santi Arum Puspita L
Universitas Buana Perjuangan
Karawang, Indonesia
santi.arum@ubpkarawang.ac.id

Abstrak —

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mencatat bencana alam tanah longsor termasuk kedalam 3 bencana alam yang paling sering terjadi di Indonesia selama tahun 2020. Tanah longsor akan terjadi secara tiba-tiba akibat adanya getaran maupun curah hujan di daerah yang memiliki lereng terjal. Tidak adanya peringatan dini dan minimnya kesiapan masyarakat dalam menghadapi bencana tanah longsor mengakibatkan banyaknya kerugian harta benda seperti kerusakan rumah akibat tertimbun longsor, merusak lahan pertanian, mengganggu jalan transportasi hingga menimbulkan korban jiwa. Salah satu solusi yang dapat dilakukan untuk meminimalisir dampak tersebut yaitu dengan membuat sistem peringatan dini untuk mendeteksi pergerakan tanah berbasis *Internet of Things* (IoT) yang di tempatkan pada lereng yang rawan terjadi longsor. Sistem tersebut berbasis *website* dan menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor MPU6050 dan sensor *soil moisture*. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap kondisi dari pergerakan tanah yang terjadi baik ke arah depan, ke belakang, ke kanan dan ke kiri serta pembacaan kelembaban pada tanah sistem dapat berjalan dengan baik. Sensor berhasil membaca pergerakan tanah dan menghasilkan status peringatan pergerakan tanah AMAN, WASPADA, SIAGA, dan AWAS. Begitupun dengan sensor kelembaban tanah, sensor dapat membaca kandungan air pada tanah dan menghasilkan tingkat kelembaban KERING, LEMBAB dan BASAH baik pada alat lapangan maupun pada *website* secara *real time*.

Kata kunci — tanah longsor, sistem peringatan dini, internet of things, real time,

I. PENDAHULUAN

Berdasarkan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) tercatat sejak tanggal 1 Januari 2020 hingga 18 Mei 2020 telah terjadi bencana alam di Indonesia sebanyak 1.296 kejadian. Bencana alam yang terjadi terdiri dari Banjir sebanyak 495 kejadian, Puting Beliung sebanyak 375 kejadian dan Tanah Longsor sebanyak 291 kejadian. Kemudian sisanya adalah kejadian bencana alam seperti Gempa Bumi, Erupsi Gunung Api, Kebakaran Hutan, Gelombang Pasang dan Kekeringan. Berdasarkan data BNPB bencana alam tersebut menimbulkan korban jiwa sebanyak 2.015.363 jiwa terdampak dan mungsungsi, 249 jiwa luka-luka dan 186 jiwa hilang dan meninggal.

Bencana alam tanah longsor di Indonesia termasuk kedalam 3 bencana alam yang paling banyak terjadi selama tahun 2020. Tanah longsor merupakan pergerakan massa tanah atau batuan yang menuruni lereng mengikuti gaya gravitasi. Pergerakan tanah tersebut diakibatkan oleh gangguan keseimbangan dan kestabilan lereng baik secara alami maupun ulah manusia [1]. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi tanah longsor adalah sifat dari fisik-fisik tanah, batuan, kemiringan lereng, faktor beban, struktur geologi, getaran, curah hujan dan akibat dari aktivitas manusia[2].

Dampak atau kerugian yang ditimbulkan dari bencana longsor yaitu kerugian harta benda seperti kerusakan rumah akibat tertimbun longsor, merusak lahan pertanian, mengganggu jalan transportasi dan mengganggu kegiatan masyarakat [3]. Bahkan terjadinya bencana longsor di beberapa wilayah di Indonesia, seringkali menimbulkan korban jiwa. Bencana alam tanah longsor di Indonesia tidak dapat dicegah, karena Indonesia merupakan negara kepulauan dan memiliki banyak pegunungan di setiap wilayah. Namun, masyarakat dapat meminimalisir kerugian akibat dari bencana tanah longsor yang terjadi, baik dari kerugian materi maupun korban jiwa.

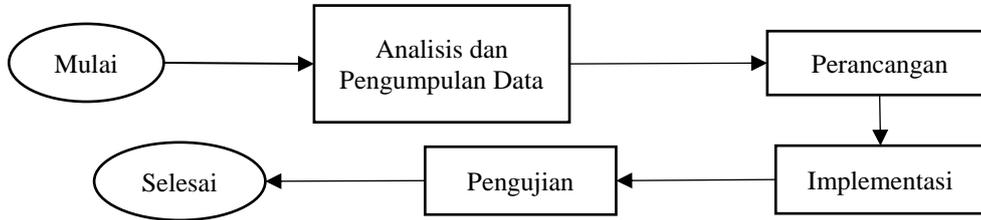
Sebagai upaya untuk mengatasi permasalahan di atas, maka dibutuhkan sebuah alat yang mampu memonitoring pergerakan tanah dan peringatan dini terjadinya bencana alam tanah longsor kepada masyarakat sekitar. Penelitian sebelumnya pernah dibuat mengenai perancangan alat peringatan dini longsor dengan sensor ultrasonik dan sensor kelembaban tanah, menghasilkan pergeseran tanah dapat dipantau melalui *website* dengan menghitung jarak pancaran sensor [3]. Adapun *output* atau peringatan yang dihasilkan kepada masyarakat berupa bunyi *buzzer*. Penelitian lainnya menyatakan perubahan kemiringan tanah atau bukit dapat di deteksi menggunakan sensor *accelerometer* ADXL335 dan serial komunikasi RS485 untuk mengirimkan data pada *PC Central*. *Output* atau peringatan yang dihasilkan berupa *LED* dan suara *buzzer* dengan 4 tingkat peringatan yaitu aman, waspada, siaga dan awas sebagai media informasi kepada masyarakat [4].

Berdasarkan penjelasan di atas, untuk memberikan informasi secara akurat dan untuk meningkatkan kewaspadaan masyarakat terhadap kemungkinan datangnya bencana alam tanah longsor, maka dibutuhkan alat yang mampu memonitoring pergerakan tanah secara *realtime*. Alat tersebut dapat mengetahui pergerakan tanah dan kelembaban tanah melalui layar *LCD* atau melalui *website* secara *realtime* serta dapat memberikan peringatan dini pada masyarakat dengan menggunakan *buzzer* dan *LED*. Diharapkan dengan adanya alat ini dapat meminimalisir dampak kerusakan dan kerugian hingga kematian yang diakibatkan oleh bencana alam tanah longsor.

II. DATA DAN METODE

A. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Prototype* yang mengacu pada model pengembangan sistem *Waterfall*. Adapun tahapan – tahapan dari model tersebut yaitu diawali dengan menganalisis dan mengumpulkan data, kemudian tahapan perancangan, tahapan implementasi dan yang terakhir tahapan pengujian. Gambar 1 merupakan metode penelitian yang akan dilakukan.



Gambar 1 Metode Penelitian

B. Pengumpulan Data

Kebutuhan data yang didapatkan yaitu berupa data kemiringan tanah menggunakan sensor *accelerometer* yang merujuk pada penelitian sebelumnya dengan beberapa tingkat peringatan [4].

- Tingkatan Aman = nilai sudut kemiringan sensor kurang dari sama dengan 5° (sudut kemiringan ≤ 5°).
- Tingkatan Waspada = nilai sudut kemiringan sensor lebih dari 5° dan kurang dari sama dengan 10° (5° < sudut kemiringan ≤ 10°).
- Tingkatan Siaga = nilai sudut kemiringan sensor lebih dari 10° dan kurang dari sama dengan 15° (10° < sudut kemiringan ≤ 15°).
- Tingkatan Awas = nilai sudut kemiringan sensor lebih dari 15° (sudut kemiringan > 15°).

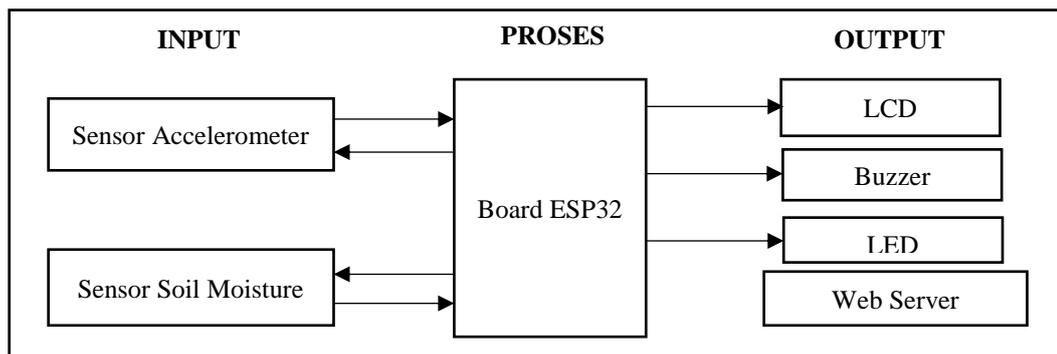
Adapun data dari kelembaban tanah menggunakan sensor *soil moisture* merupakan nilai persentase dari kandungan air pada tanah [3].

- Status tanah kering = kandungan air kurang dari 50% (kandungan air < 50%).
- Status tanah lembab = kandungan air lebih dari sama dengan 50% hingga 65% (50% ≤ kandungan air ≤ 65%).
- Status tanah basah = kandungan air lebih dari 65% (kandungan air > 65%).

C. Perancangan

Perancangan pada penelitian ini terbagi atas dua bagian yaitu perancangan alat dan perancangan sistem.

1. Perancangan Alat



Gambar 2 Perancangan Alat

Gambar 2 merupakan blok diagram perancangan alat yang terdiri dari beberapa blok diagram yang dimaksudkan untuk memisahkan alat berdasarkan fungsinya masing – masing diantaranya:

a. Blok Input

Dalam blok *input* terdapat dua buah sensor sebagai masukan dan pembacaan data yang akan diproses oleh mikrokontroler. Pertama sensor *accelerometer* yang berfungsi sebagai pendeteksi pergerakan tanah. Kedua sensor *soil moisture* yang berfungsi sebagai pembaca kelembaban tanah.

b. Blok Proses

Pada blok proses hanya terdapat sebuah komponen mikrokontroler yang berfungsi sebagai otak atau pengatur terhadap semua masukan (*input*) dan keluaran (*output*) serta pengolahan data sesuai dengan konsep

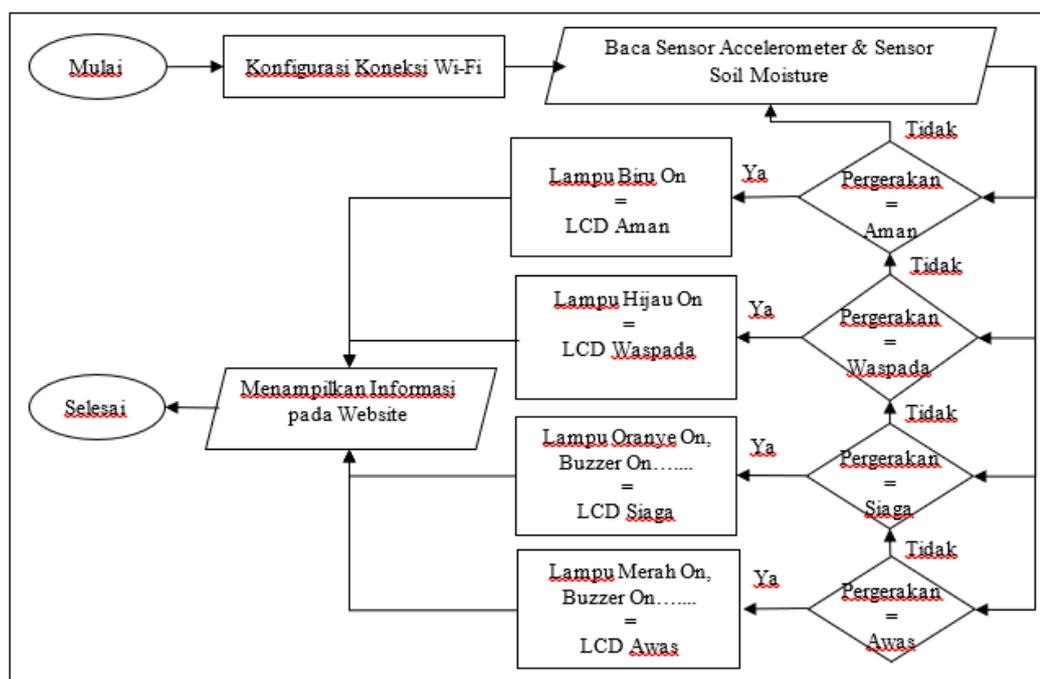
sistem yang akan dibuat. Mikrokontroler yang digunakan yaitu *board* ESP32 dan sekaligus sebagai alat yang dapat terkoneksi pada *Wi-Fi* untuk mengirimkan data pada *web server*.

c. Blok Output

Blok *output* merupakan blok yang didalamnya terdapat beberapa komponen yang berfungsi sebagai keluaran (*output*) dari sistem baik berupa teks maupun suara. *LCD* berfungsi sebagai alat untuk menampilkan hasil kondisi pada sistem yang sedang terjadi baik berupa informasi status sistem maupun berupa hasil dari pembacaan sensor. *Buzzer* berfungsi sebagai alarm peringatan dini terjadinya pergerakan pada tanah. Begitupun sama halnya dengan *LED* yang berfungsi sebagai penunjuk peringatan dini pergerakan tanah. Keadaan warna *LED* hijau untuk keadaan normal, warna *LED* kuning untuk keadaan waspada dan warna *LED* merah untuk keadaan bahaya. *Web Server* berfungsi sebagai alat atau sistem yang menerima data yang dikirimkan mikrokontroler berupa data pembacaan pada sensor. Data tersebut kemudian disimpan dan dapat ditampilkan kembali pada sistem monitoring yang dibuat untuk memonitoring pergerakan tanah secara *realtime*.

2. Perancangan Sistem

Tahap perancangan sistem yaitu menggambarkan tahapan dari proses kerja sistem peringatan dini bencana tanah longsor. Berikut diagram perancangan sistem yang dibuat pada Gambar 3.



Gambar 3 Perancangan Sistem

Gambar 3 merupakan tahapan dari sistem peringatan dini yang akan berjalan.

a. Konfigurasi Koneksi *Wi-Fi*

Keadaan awal sistem atau *board* ESP32 akan mengkoneksikan diri pada *Wi-Fi* yang telah ditentukan sebelumnya.

b. Baca Sensor *Accelerometer* & Sensor *Soil Moisture*

Kemudian *Board* ESP32 memerintahkan sensor untuk bekerja membaca pergerakan tanah melalui sensor *accelerometer* dan kelembaban tanah melalui sensor *soil moisture*. Kemudian data hasil dari pembacaan sensor dikirimkan pada *web server*.

- Jika Pergerakan = Aman, maka *LED* notifikasi biru menyala dan informasi pada *LCD* menunjukkan status Aman.
- Jika Pergerakan = Waspada, maka *LED* notifikasi hijau menyala dan informasi pada *LCD* menunjukkan status Waspada.
- Jika Pergerakan = Siaga, maka *LED* notifikasi oranye menyala diiringi dengan bunyi alarm (*buzzer*) yang berkedip dan informasi pada *LCD* menunjukkan status Siaga.

- Jika Pergerakan = Awas, maka LED notifikasi merah menyala diiringi dengan bunyi alarm (buzzer) berkepanjangan dan informasi pada LCD menunjukkan status Awas.

c. Menampilkan Informasi pada Website

Pada tahap ini data yang diterima dari alat kemudian disimpan pada *web server*. Data yang sudah ada kemudian dikelola sesuai dengan kebutuhan pada sistem monitoring pergerakan tanah. Data yang sudah dikelola kemudian ditampilkan pada sistem peringatan dini bencana tanah longsor berbasis *Internet of Things (IoT)* secara *realtime*.

D. Implementasi

Tahapan implementasi yaitu tahapan mengimplementasikan alat dan sistem yang telah dirancang sebelumnya dengan merangkai komponen – komponen yang dibutuhkan oleh sistem. Setelah mikrokontroler dan komponen – komponen dirangkai kemudian memprogramnya menggunakan *software* Arduino IDE menggunakan Bahasa pemrograman C. Adapun untuk memprogram sistem monitoring yaitu menggunakan *software* Sublime Text dengan menggunakan Bahasa pemrograman PHP dan menggunakan *database* MySQL. Sistem yang dibuat diharapkan dapat dioperasikan dan digunakan secara optimal sesuai dengan kebutuhan.

E. Pengujian

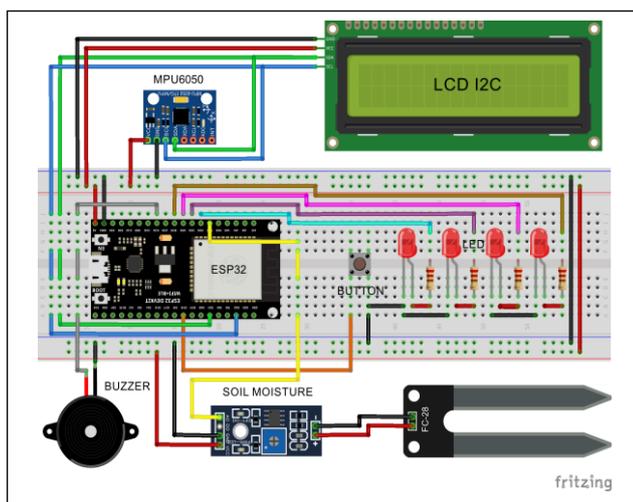
Pengujian dilakukan melalui skema simulasi yang dibuat untuk mendapatkan nilai dari pergerakan tanah menggunakan *box* yang diisi tanah kemudian dibuat skenario hujan dan seolah – olah terjadi pergerakan tanah. Terdapat beberapa pengujian yang akan dilakukan yaitu pengujian terhadap *prototype* atau alat yang dibuat dan pengujian terhadap sistem peringatan dini berbasis web. Pengujian dilakukan dengan menguji alat dan sistem apakah terkoneksi dan tersinkronisasi dengan baik. Baik dari pembacaan sensor pada skema simulasi tanah saat terjadi longsor maupun data visualisasi serta peringatan dini pada sistem. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kesalahan – kesalahan atau kekurangan dari sistem yang dibangun dan untuk mengetahui apakah sistem yang dibuat sesuai dengan kebutuhan dan sesuai dengan tujuan yang diharapkan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perancangan

1. Perancangan Alat

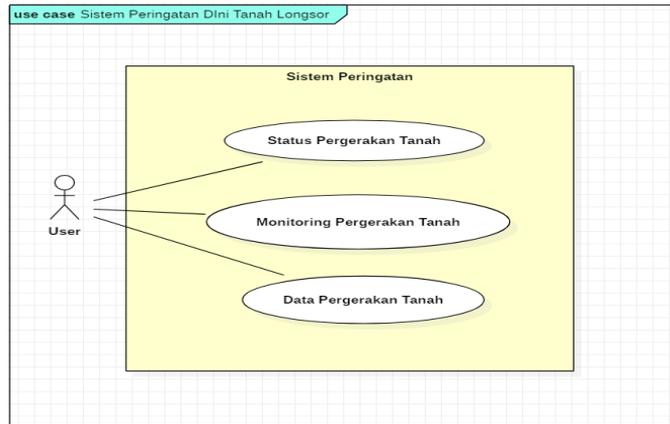
Skema rangkaian alat sistem peringatan dini bencana alam tanah longsor pada penelitian ini terdiri dari gabungan skema *input*, skema proses dan skema *output*. Seluruh komponen yang ada pada setiap blok dihubungkan berdasarkan pada setiap pin yang akan digunakan. Berikut skema rangkaian alat dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Rancangan Alat

2. Perancangan Sistem

Usecase Diagram pada penelitian ini menjelaskan fitur yang ada pada *website* yang dapat di gunakan oleh user atau masyarakat. Berikut *Usecase* Diagram dapat dilihat pada Gambar 5.

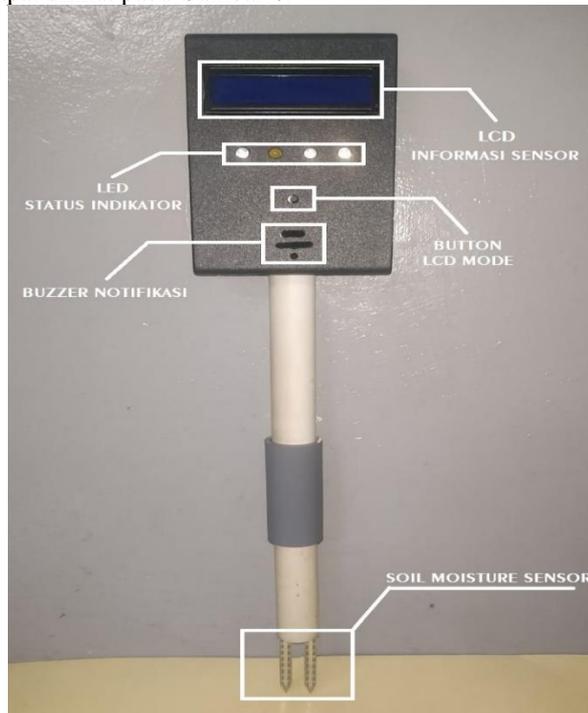


Gambar 5 Usecase Diagram

B. Implementasi

1. Tampilan Alat

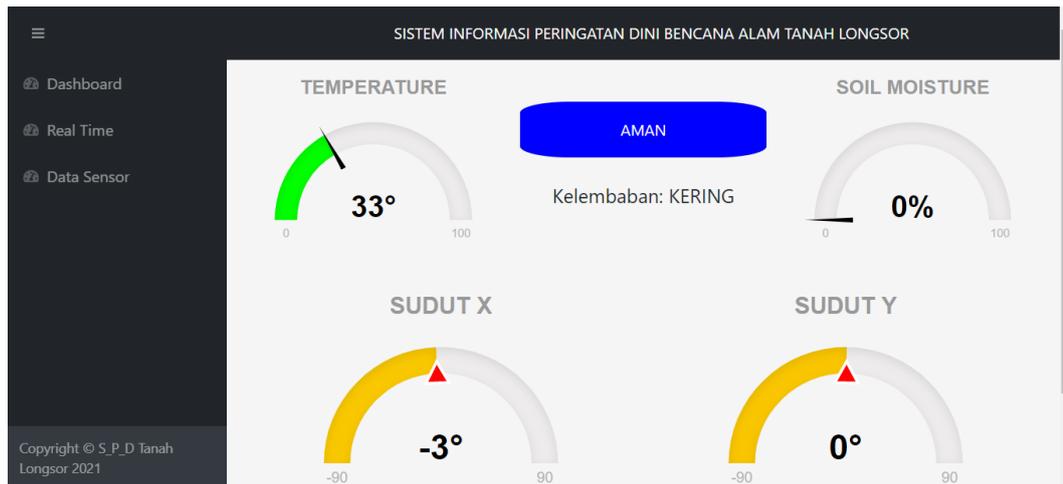
Hasil dari implementasi alat peringatan dini bencana alam tanah longsor setelah melakukan tahap perancangan alat dan tahap implementasi koding dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Tampilan Alat

2. Tampilan Website

Tampilan *website* merupakan hasil dari implementasi perancangan sistem dan tahap koding sehingga menghasilkan *website* sistem informasi peringatan dini bencana alam tanah longsor. Adapun fungsi dari *website* ini berfungsi sebagai media informasi mengenai status dan data pergerakan tanah dilapangan secara *real time* dan akurat.



Gambar 7 Tampilan Status Pergerakan Tanah

C. Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui *output* nilai dari pembacaan sensor dilapangan setelah melewati perancangan dan implementasi dengan menggunakan aturan kode program yang ditetapkan agar terkoneksi dengan *website* serta dapat mengirim data secara *realtime* dan menentukan keadaan pergerakan tanah. Pengujian dilakukan dengan menggunakan skema simulasi yang dibuat menggunakan *box* kaca yang diisi tanah yang menyerupai seperti lereng sehingga menghasilkan simulasi longsor untuk mendapatkan nilai dari pembacaan sensor pada setiap pergerakan tanah. Berikut skema simulasi pengujian dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Simulasi Pengujian Alat

1. Pengujian Pergerakan Tanah

a. Pengujian Kondisi Alat Bergerak atau Miring ke Depan

Kondisi ini merupakan kondisi alat bergerak kearah depan. Perubahan atau pembacaan data signifikan akan terjadi pada sudut Y negatif. Berikut hasil pengujian kondisi alat bergerak atau miring ke depan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian Alat Bergerak atau Miring ke Depan

No.	Sudut		Status	Led	Buzzer	Keterangan
	X	Y				
1	-1.8	-0.77	AMAN	Biru	OFF	berhasil
2	-1.83	-0.95	AMAN	Biru	OFF	berhasil
3	-1.92	-5.2	WASPADA	Hijau	OFF	berhasil

No.	Sudut		Status	Led	Buzzer	Keterangan
	X	Y				
4	-1.89	-6.3	WASPADA	Hijau	OFF	berhasil
5	-2.63	-10.24	SIAGA	Oranye	ON jeda (250 milliseconds)	berhasil
6	-2.69	-11.47	SIAGA	Oranye	ON jeda (250 milliseconds)	berhasil
7	-3.12	-15.05	AWAS	Merah	ON tanpa jeda	berhasil
8	-2.76	-15.69	AWAS	Merah	ON tanpa jeda	berhasil

b. Pengujian Kondisi Alat Bergerak atau Miring ke Belakang

Kondisi ini merupakan kondisi alat bergerak kearah belakang. Perubahan atau pembacaan data signifikan akan terjadi pada sudut Y positif. Berikut hasil pengujian kondisi alat bergerak atau miring ke belakang seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengujian Alat Bergerak atau Miring ke Belakang

No.	Sudut		Status	Led	Buzzer	Keterangan
	X	Y				
1	-0.32	0.57	AMAN	Biru	OFF	berhasil
2	-1.57	1.38	AMAN	Biru	OFF	berhasil
3	-1.12	5.52	WASPADA	Hijau	OFF	berhasil
4	-1.29	6.37	WASPADA	Hijau	OFF	berhasil
5	-1.16	10.46	SIAGA	Oranye	ON jeda (250 milliseconds)	berhasil
6	-1.41	11.02	SIAGA	Oranye	ON jeda (250 milliseconds)	berhasil
7	-1.91	15.14	AWAS	Merah	ON tanpa jeda	berhasil
8	-2.1	15.46	AWAS	Merah	ON tanpa jeda	berhasil

c. Pengujian Kondisi Alat Bergerak atau Miring ke Kanan

Kondisi ini merupakan kondisi alat bergerak kearah kanan. Perubahan atau pembacaan data signifikan akan terjadi pada sudut X negatif. Berikut hasil pengujian kondisi alat bergerak atau miring ke kanan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengujian Alat Bergerak atau Miring ke Kanan

No.	Sudut		Status	Led	Buzzer	Keterangan
	X	Y				
1	-0.92	0.63	AMAN	Biru	OFF	berhasil
2	-1.91	-0.38	AMAN	Biru	OFF	berhasil
3	-5.05	0.51	WASPADA	Hijau	OFF	berhasil
4	-6.13	1.04	WASPADA	Hijau	OFF	berhasil
5	-10.03	1.71	SIAGA	Oranye	ON jeda (250 milliseconds)	berhasil
6	-11.24	1.22	SIAGA	Oranye	ON jeda (250 milliseconds)	berhasil
7	-15.05	2.81	AWAS	Merah	ON tanpa jeda	berhasil
8	-15.99	3.37	AWAS	Merah	ON tanpa jeda	berhasil

d. Pengujian Kondisi Alat Bergerak atau Miring ke Kiri

Kondisi ini merupakan kondisi alat bergerak kearah kiri. Perubahan atau pembacaan data signifikan akan terjadi pada sudut X positif. Berikut hasil pengujian kondisi alat bergerak atau miring ke kanan seperti pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Pengujian Alat Bergerak atau Miring ke Kiri

No.	Sudut		Status	Led	Buzzer	Keterangan
	X	Y				
1	0.08	-0.12	AMAN	Biru	OFF	berhasil
2	1.37	0.72	AMAN	Biru	OFF	berhasil
3	5.31	0.12	WASPADA	Hijau	OFF	berhasil
4	6.12	-0.12	WASPADA	Hijau	OFF	berhasil
5	11.17	-1.83	SIAGA	Oranye	ON jeda (250 milliseconds)	berhasil
6	12.31	-0.86	SIAGA	Oranye	ON jeda (250 milliseconds)	berhasil
7	15.7	-0.73	AWAS	Merah	ON tanpa jeda	berhasil
8	15.89	-0.7	AWAS	Merah	ON tanpa jeda	berhasil

Berdasarkan hasil dari pengujian pergerakan tanah di atas terhadap pendeteksian gerakan ke depan, belakang, kanan dan ke kiri secara signifikan atau melebihi nilai dari setiap parameter yang telah ditentukan, Hasil yang didapatkan adalah alat dapat berfungsi dengan baik, hal tersebut ditandai dengan berfungsinya setiap aturan pada setiap parameter pergerakan tanah dan keberhasilan mengirim data pada *database* dan di tampilkan secara *real time* pada *website*.

2. Pengujian Kelembaban Tanah

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kondisi pada kelembaban tanah yang bertujuan untuk mengetahui pergerakan tanah lebih rentan terjadi terhadap kondisi kelembaban tanah pada saat terjadinya pergerakan tanah. Pengujian dilakukan terhadap beberapa kondisi tanah. Kondisi saat tanah kering, lembab dan basah. Berikut hasil pengujian kelembaban tanah seperti pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Pengujian Kelembaban Tanah

No.	Nilai Kelembaban	Status Kelembaban	Keterangan
1	0	KERING	Berhasil
2	13	KERING	Berhasil
3	39	KERING	Berhasil
4	51	LEMBAB	Berhasil
5	54	LEMBAB	Berhasil
6	58	LEMBAB	Berhasil
7	66	BASAH	Berhasil
8	74	BASAH	Berhasil
9	71	BASAH	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian terhadap kelembaban tanah yang telah dilakukan, alat dapat mendeteksi setiap kelembaban tanah dengan aturan parameter yang telah ditentukan. Hal tersebut menunjukkan bahwa sensor kelembaban tanah pada alat telah berfungsi dengan baik untuk menentukan tingkatan dari kelembaban tanah. Status dari hasil kelembaban tanah menjadi salah satu faktor yang dapat mengakibatkan tingginya kemungkinan terjadi pergerakan tanah atau longsor dikarenakan penyerapan air saat terjadinya hujan. Ketika status pergerakan tanah pada kondisi SIAGA dan AWAS diikuti dengan kondisi status kelembaban tanah pada kondisi BASAH hal tersebut dapat mengakibatkan cepat terjadinya tanah longsor.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem peringatan dini bencana alam tanah longsor berbasis *internet of things* dengan menggunakan sensor MPU6050, sensor *soil moisture*, LCD, LED dan *buzzer* yang terkoneksi secara *real time* pada *website* telah berhasil dibuat dan dapat bekerja dengan baik. Sistem dapat mendeteksi apabila terjadi pergerakan tanah dan dapat mengirimkan data pergerakannya pada *web server* secara *real time*. Hasil pengujian pergerakan tanah yang telah dilakukan sensor mampu mendeteksi pergerakan tanah baik kearah depan, ke belakang, ke kanan maupun ke kiri dengan 5 sampel data dari setiap status pergerakan tanah. Sensor dapat membaca pergerakan tanah AMAN, WASPADA, SIAGA dan AWAS, hasil dari pembacaan sensor tersebut berhasil dikirim ke *web server* dan *website* dapat memberikan informasi data dan status pergerakan tanah. Begitupun dengan hasil pembacaan sensor *soil moisture*, sensor dapat membaca kandungan air dalam tanah dan menentukan status kelembaban tanah KERING, LEMBAB dan BASAH.

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu, beberapa sensor dapat ditambahkan seperti sensor ultrasonik dan sensor hujan untuk menambah akurasi pergerakan tanah serta mengetahui keadaan cuaca dan curah hujan pada lokasi alat diletakan, karena curah hujan sangat berpengaruh pada kecepatan terjadinya. Saran lainnya yaitu, sistem peringatan hanya dapat dilihat pada *website*, adapun untuk lebih baik dan informatif lagi sistem dapat dikembangkan pada media aplikasi android agar setiap warga sekitar lebih mudah mendapatkan notifikasi pergerakan tanah.

PENGAKUAN

Naskah ilmiah ini adalah sebagian dari penelitian Tugas Akhir milik Andika Putra dengan judul Sistem Peringatan Dini Bencana Alam Tanah Longsor Berbasis *Internet of Things*, yang dibimbing oleh Tatang Rohana dan Santi Arum Puspita L.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akhirianto, N. A., & Naryanto, H. S, "Kajian kapasitas dan persepsi masyarakat Pangalengan terhadap bencana tanah longsor", *Jurnal Riset Kebencanaan Indonesia*, 2(2), 117-126, 2016
- [2] H. S. Naryanto, H. Soewandita, D. Ganesha, F. Prawiradisastra, and A. Kristijono, "Analisis Penyebab Kejadian dan Evaluasi Bencana Tanah Longsor di Desa Banaran, Kecamatan Pulung, Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur Tanggal 1 April 2017," *J. Ilmu Lingkung.*, vol. 17, no. 2, p. 272, 2019.
- [3] Kalisa, A. Nurdin, and M. Fadhli, "Perancangan Alat Peringatan Dini Longsor dengan Sensor Ultrasonik dan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Internet of Things," *Semin. Nas. Inov. dan Apl. Teknol. di Ind. 2019*, vol. 5, no. 2, pp. 188-192, 2019.
- [4] S. M. Bazlina, M. Syaryadhi, and Zulhelmi, "Perancangan Prototipe Sistem Peringatan Dini Bencana Longsor Berbasis Mikrokontroler Atmega328," *J. Karya Ilm. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 23-28, 2017.