

SISTEM MONITORING DEFORMASI TANAH MENGGUNAKAN SENSOR GETARAN TANAH DAN SENSOR KELEMBAPAN TANAH

SOIL DEFORMATION MONITORING SYSTEM USING SOIL VIBRATION SENSORS AND SOIL MOISTURE SENSORS

Yakobus Yulianto Kevin¹, Erwin Susanto², Husneni Mukhtar³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

juliantokevin23@gmail.com¹, Erwinelektro@telkomuniversity.ac.id²,
husnenimukhtar@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Bencana tanah longsor merupakan bencana alam yang sering terjadi di Indonesia. Pada tahun 2018 terdapat 474 kejadian tanah longsor di Indonesia yang mengakibatkan banyak memakan korban jiwa dan banyak bangunan yang mengalami kerusakan. Untuk meminimalisir terjadinya kerugian yang diakibatkan oleh tanah longsor, maka diperlukan suatu sistem yang dapat memonitoring kondisi pergeseran tanah. Sistem ini mampu mendeteksi kondisi getaran dan kelembapan tanah secara kontinyu dan realtime.

Pada tugas akhir ini, peneliti merancang sebuah sistem yang bertujuan untuk memonitoring getaran dan kelembapan tanah dalam bentuk prototype, yang kondisi tanahnya dibuat sesuai dengan keadaan sebenarnya. Sistem ini menggunakan sensor geophone dan capacitive soil moisture sensor v1.2. Hasil bacaan dari kedua sensor tersebut, akan dikirim menggunakan modul zigbee dan ditampilkan di cloud antares menggunakan nodeMCU ESP8266. Data yang ditampilkan di cloud antares dalam bentuk grafik dan dapat diakses dimana saja. Hasil dari tugas akhir ini adalah sensor geophone memiliki keakuratan data sebesar 99,97% sedangkan nilai capacitive soil moisture sensor v1.2 menghasilkan keakuratan rata-rata sebesar 99,71%. Sistem komunikasi pengiriman data ke antares menghasilkan delay rata-rata sebesar 2,3 detik.

Kata Kunci: Sistem Monitoring, Tanah Longsor, Modul Zigbee, Sensor Geophone, NodeMCU ESP8266, *Capacitive Soil Moisture v1.2*

Abstract

Landslides are natural disasters that often occur in Indonesia. In 2018 there were 474 landslides in Indonesia that resulted in many casualties and many buildings that were damaged. To minimize losses caused by landslides, we need a system that can monitor the condition of land shifts. This system is able to detect the condition of vibration and soil moisture continuously and in real time.

In this thesis, the researchers designed a system that aims to monitor the vibration and moisture of the soil in the form of a prototype, the condition of the soil is made in accordance with actual conditions. This system uses a geophone sensor and capacitive soil moisture sensor v1.2. The reading results from the two sensors, will be sent using the zigbee module and displayed in the cloud between using node MCU ESP8266. The data is displayed in cloud antares in graphical form and can be accessed anywhere. The results of this thesis is the geophone sensor has a data accuracy of 99.97% while the value of capacitive soil moisture sensor v1.2 produces an average accuracy of 99.71%. The communication system sending data to antares produces an average delay of 2.3 seconds.

Keywords: *Landslide, Zigbee Module, Geophone Sensor, Microcontroller, capacitive soil moisture v1.2, Monitoring System*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara yang rawan bencana alam di dunia. Karena Indonesia memiliki kondisi geografis yang sebagian besar terdiri dari pegunungan, bukit lembah dan laut yang luas. Salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia adalah tanah longsor. Tanah longsor merupakan suatu peristiwa geologi yang terjadi karena pergerakan masa batuan atau tanah dengan berbagai tipe dan jenis seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah. Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNBP) di Indonesia[1], pada tahun 2018 terdapat 474 kejadian tanah longsor di Indonesia yang mengakibatkan banyak kerugian yang memakan korban jiwa serta banyak bangunan rusak. Tanah longsor biasanya sering terjadi di daerah pegunungan, bukit, lereng yang curam, maupun tebing. Penyebab terjadinya tanah longsor adalah tingginya curah hujan, hutan gundul, tanah tidak padat serta getaran kecil yang disebabkan oleh lalu lintas kendaraan di sekitar lereng perbukitan.

Dengan sering terjadinya tanah longsor ini maka diperlukan suatu sistem monitoring pergerakan tanah di suatu area. Keunggulan dari sistem ini adalah dapat memonitoring kondisi pergerakan tanah secara kontinyu dan realtime.

Penelitian yang sudah dilakukan, seperti menggunakan Sistem Peringatan Tanah Longsor pada Jalur Kereta Api [2]. Penelitian ini menggunakan sensor akselerometer, kelebihanannya adalah sensor akselerometer ADXL345 dapat mendeteksi kemiringan dan mengubahnya ke dalam bentuk derajat sudut dengan tingkat keakurasian sensor sebesar 96,45%. Kekurangan dari sensor ini yaitu bisa mengikuti pergerakan yang cepat dikarenakan responnya yang cukup lambat.

Penelitian yang kedua yaitu Pendeteksi Tanah Longsor Menggunakan Sensor Cahaya [3]. Penelitian ini menggunakan sensor LDR (Light Dependent Resistor),

kelebihan dari sensor ini yaitu dapat membaca pergerakan tanah dengan memanfaatkan cahaya. Kekurangannya adalah nilai error yang di dapat dari hasil pengukuran ini sebesar 5%.

Penelitian yang ketiga yaitu Purwarupa Sistem Pendeteksi Tanah Longsor Menggunakan Ultrasonik dan Infrared dengan Notifikasi Sms [4]. Penelitian ini menggunakan sensor ultrasonik dan sensor infrared. Kelebihan dari sensor ini yaitu dapat mendeteksi objek bergerak yang mempengaruhi pergerakan tanah, seperti manusia dan hewan sedangkan sensor ultrasonik berfungsi untuk mendeteksi objek diam yang diamati yaitu tanah. Kekurangannya yaitu jika pergerakan tanah kurang dari 2 cm maka pembacaan nilai dan jaraknya tidak akurat.

Pada tugas akhir ini, penulis menggunakan sensor getaran dan sensor kelembapan untuk memonitoring pergerakan tanah, kemudian datanya diolah dan ditampilkan sebagai informasi kondisi pergerakan tanah.

2. Dasar Teori

2.1 Sensor Geophone

Geophone adalah perangkat yang mengkonversi gerakan tanah (*displacement*) menjadi tegangan. Geophone memiliki dua komponen utama yaitu magnet permanen dan lilitan kawat. dapat ditunjukkan pada gambar 2.1



Gambar 2. 1 Komponen Utama Geophone

Geophone bekerja berdasarkan hukum Faraday, di mana “pada sebuah kumparan akan terjadi arus listrik apabila pada kumparan tersebut terjadi perubahan fluks magnet terhadap waktu. Besarnya tegangan yang terjadi berbanding lurus dengan besarnya perubahan fluks terhadap waktu tersebut”. Hukum Faraday tersebut dapat dinyatakan dengan rumus dibawah ini :

$$\varepsilon = -N (\Delta\Phi/\Delta t)$$

Keterangan :

- | | |
|--|--|
| a. ε = GGL induksi (volt) | d. Δt = selang waktu (s) |
| b. N = Jumlah lilitan kumparan | e. Tanda negatif menandakan arah gaya gerak listrik (ggl) induksi. |
| c. $\Delta\Phi$ = Perubahan fluks magnetik (weber) | |

2.2 High Pass Filter

High Pass Filter (HPF) adalah Filter atau penyaring frekuensi yang dapat melewatkan sinyal frekuensi tinggi dan menghambat atau memblokir sinyal frekuensi rendah atau frekuensi yang dibawah frekuensi cut-off. Untuk menentukan nilai dari frekuensi cut-off dapat dihitung menggunakan rumus:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

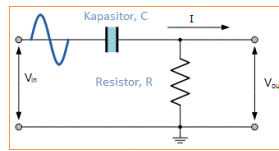
Dimana :

- a. f_c = Frekuensi dalam satuan Hz

b. π = 3.14

c. R = Nilai Resistor dalam satuan Ohm (Ω)

d. C = Nilai Kapasitor dalam satuan Farad (F)



Gambar 2. 1 Rangkaian High Pass Filter

2.3 Analog Digital Converter

Analog To Digital Converter (ADC) adalah pengubah input analog menjadi kode – kode digital. ADC banyak digunakan sebagai pengatur proses industri, komunikasi digital dan rangkaian pengukuran atau pengujian.

2.4 Sensor Kelembapan Tanah

Sensor kelembapan tanah adalah sensor yang dapat mendeteksi kelembapan dalam tanah. Sensor ini terdiri dua bagian yaitu bagian probe dan komparator. Pada bagian komparator, terdapat IC TLC555I yang berfungsi sebagai pembanding tegangan sedangkan pada bagian probe berfungsi untuk melewatkan arus melalui tanah, kemudian membaca resistansinya untuk mendapatkan nilai tingkat kelembapan. Pengukuran kelembapan tanah dapat dilakukan dengan perhitungan manual yaitu misalkan MA = massa air, MTB = massa tanah basah, MTK = massa tanah kering dan KT = Kelembapan tanah, maka persamaan yang dapat digunakan untuk mengetahui kelembapan tanah ditunjukkan oleh Persamaan (1) dan Persamaan (2)[5]:

$$MA = MTB - MTK \quad (1)$$

$$KT = (MA/MTB) \times 100\% \quad (2)$$



Gambar 2. 2 Sensor Kelembapan Tanah

2.5 Zigbee

ZigBee merupakan sebuah alat yang sering digunakan untuk menghubungkan ke perangkat lain dengan sebuah sistem wireless atau teknologi Machine to Machine (M2M).

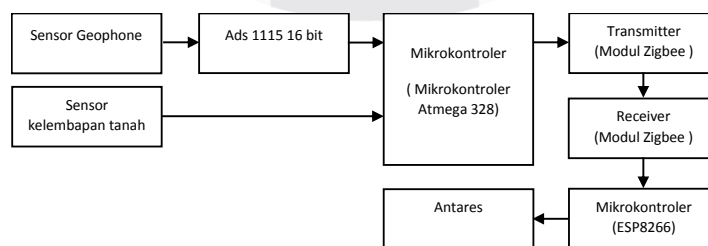


Gambar 2. 3 Zigbee

3. Perancangan Sistem

3.1 Perancangan Perangkat Keras

Diagram blok sistem monitoring deformasi pergerakan tanah menggunakan sensor geophone dan sensor kelembapan tanah ditunjukkan pada Gambar 3.2



Gambar 3. 1 Diagram Blok

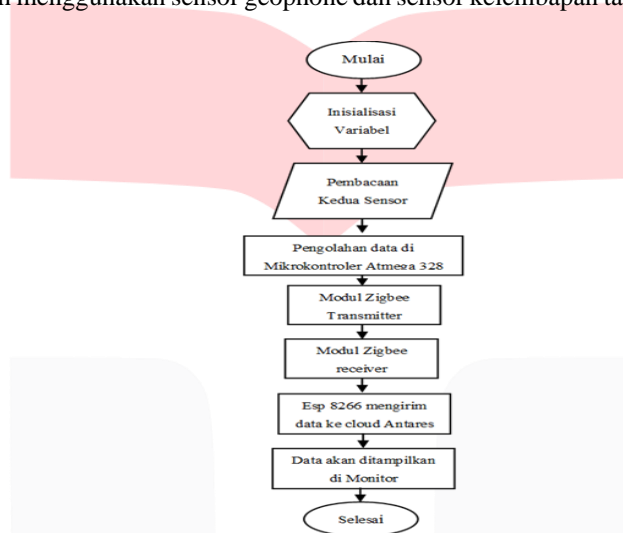
Prinsip kerja sistem monitoring deformasi pergerakan tanah menggunakan sensor geophone dan sensor kelembapan tanah yaitu dengan melakukan percobaan dua musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Saat musim kemarau nilai yang dihasilkan dari sensor kelembapan tanah tidak mengalami banyak perubahan yang signifikan karena keadaan kelembapan dalam tanah cenderung lebih stabil. Namun, saat musim hujan keadaan dalam tanah cenderung mengalami perubahan ke kondisi basah sehingga menyebabkan nilai yang dihasilkan oleh

sensor kelembapan meningkat. Berbeda dengan sensor kelembapan tanah, nilai yang dihasilkan oleh sensor getaran tanah cenderung tidak dipengaruhi oleh perubahan musim. Sensor geophone akan menampilkan perubahan nilai yang signifikan bila mendapatkan getaran.

3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Diagram alir (flowchart) menggambarkan proses kerja perangkat lunak dari sistem monitoring deformasi tanah menggunakan sensor geophone dan sensor kelembapan tanah.

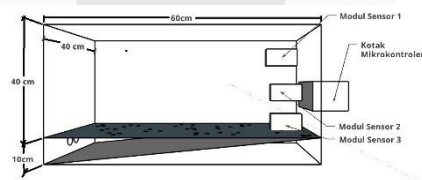
Langkah pertama yang harus dilakukan adalah menginisialisasi input sensor geophone dan sensor kelembapan tanah. Input yang dihasilkan oleh sensor geophone dan sensor kelembapan tanah berupa sinyal analog yang kemudian akan diolah oleh port adc pada mikrokontroler untuk mengubah tegangan analog tersebut ke tegangan digital. Setelah itu Mikrokontroler Atmega 328 akan membaca inputan yang diberikan oleh sensor. Sinyal keluaran dari Mikrokontroler Atmega 328 akan diteruskan ke modul zigbee bagian *transmitter* untuk di kirimkan ke modul zigbee bagian *receiver*. Data yang sudah di terima oleh modul zigbee bagian *receiver* akan di teruskan ke antares menggunakan nodeMCU ESP8266 untuk ditampilkan dalam bentuk grafik. *Flowchart* sistem monitoring deformasi tanah menggunakan sensor geophone dan sensor kelembapan tanah ditunjukkan pada Gambar 3.2



Gambar 3. 2 Flow Chart Perancangan Perangkat Lunak

3.3 Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik adalah desain simulasi dari alat yang akan diujikan. Pada Gambar 3.4 dapat dilihat perancangan mekanik bertujuan untuk memberikan gambaran secara umum mengenai alat yang akan diujikan.



Gambar 3. 3 Desain Perancangan Mekanik

Bahan yang digunakan untuk membuat kotak simulasi adalah acrylic transparan. Ukuran kotak simulasi yaitu panjang 60 cm, lebar 40 cm dan tinggi 40 cm. Di dalam kotak tersebut akan diisi tanah yang dirancang mendekati keadaan sebenarnya. Sensor kelembapan tanah dipasang di 3 tempat modul sensor sedangkan sensor geophone dipasang di dua tempat yaitu pada modul sensor 1 dan modul sensor 3. Tiap modul sensor dipasang dengan jarak 5 cm.

4. Hasil Pengujian dan Analisis

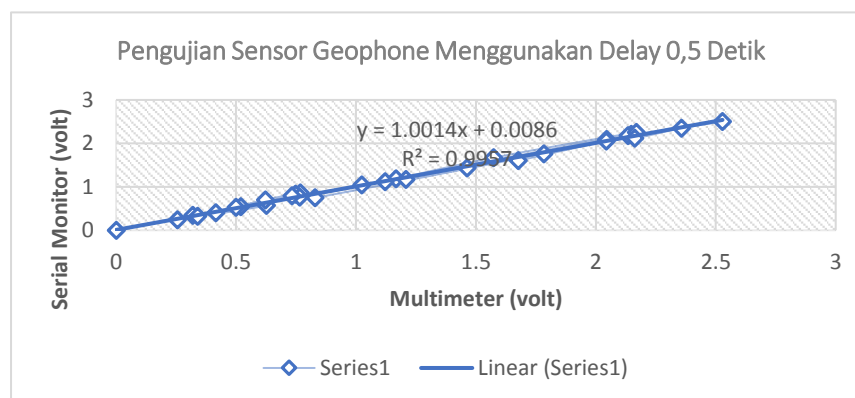
4.1 Pengujian Sensor Geophone

Tabel 4. 1 Output Tegangan Pada Serial Monitor dan Multimeter

No.	Interval 0.5 detik			Interval 1 detik		
	Multimeter (volt)	Serial monitor (volt)	Nilai Adc	Multimeter (volt)	Serial monitor (volt)	Nilai Adc
1	0	0	0	0	0	50
2	0.32	0.34	4486	0.071	0.1	1284
3	0.256	0.24	3154	0.023	0.03	444
4	0.416	0.4	5273	0.113	0.1	174
5	0.519	0.54	7013	0.152	0.14	1251
6	0.627	0.57	7485	0.082	0.03	1826
7	0.339	0.32	4142	0.058	0.07	404
8	0.623	0.7	9199	0.043	0.05	918
9	0.768	0.86	11315	0.237	0.26	655
10	0.748	0.83	10942	0.219	0.22	3433
11	0.765	0.76	9907	0.19	0.2	2821
12	1.167	1.18	15468	0.849	0.81	2673
13	2.147	2.21	28988	1.766	1.83	24023
14	1.783	1.76	23085	1.356	0.68	10645
15	1.676	1.6	21002	1.93	1.93	8925
16	2.134	2.18	28586	1.487	0.73	25335
17	2.044	2.09	27439	1.478	1.05	9625
18	2.043	2.05	26833	1.647	1.6	13730
19	0.829	0.75	9866	1.312	0.64	20999
20	0.733	0.79	10302	1.637	1.37	8348
21	0.5	0.53	6897	1.864	2.19	17898
22	1.024	1.04	13608	2.142	1.84	28766
23	1.463	1.43	18723	2.091	1.53	24070
24	1.208	1.17	15347	2.463	2.24	20060
25	1.122	1.12	14627	2.345	1.84	29301
26	1.573	1.67	21839	1.832	1.6	24096
27	2.169	2.25	29453	2.064	1.39	20926
28	2.162	2.12	27752	1.782	1.82	18182
29	2.357	2.35	30755	2.27	2.24	23854
30	2.528	2.5	32767	2.293	2.23	29341

Berdasarkan pengujian sensor geophone pada Tabel 4.1 data yang diambil sebanyak 30 data dengan menggunakan dua kali pengujian yaitu pada interval 0,5 detik dan 1 detik. Dalam keadaan diam, output tegangan minimum yang dihasilkan pada kedua interval tersebut sebesar 0 volt sedangkan dalam keadaan bergetar, tegangan maksimum yang dihasilkan pada interval 0,5 detik sebesar 2,528 volt pada multimeter dan 2,5 volt pada serial monitor sedangkan pada interval 1 detik tegangan maksimum pada multimeter sebesar 2,463 volt dan 2,24 volt pada serial monitor.

Dari hasil pengujian tersebut, data yang menggunakan interval 0,5 detik terlihat lebih ideal karena selisih output tegangan yang keluar pada multimeter dan serial monitor lebih kecil bila dibandingkan dengan menggunakan interval 1 detik.

**Gambar 4. 1** Grafik Regresi Linear dengan Menggunakan Delay 0,5 Detik

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat diperoleh rumus dari regresi linear dengan menggunakan interval 0,5 yaitu:

$$y = 1,0014x + 00,086$$

Rumus tersebut menunjukkan sumbu x adalah multimeter (volt) sedangkan sumbu y adalah serial monitor (volt).

4.2 Pengujian Sensor Kelembapan

Tabel 4. 2 Pengujian Sensor Kelembapan Tanah

Percobaan ke-	Nilai Kelembapan Tanah (%)			Nilai Acuan	Nilai Selisih Kelembapan Tanah (%)		
	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3		Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3
1	100	99.71	99.69	100	0	0.29	0.31
2	100	99.42	99.38	100	0	0.58	0.62
3	100	99.71	99.38	100	0	0.29	0.62
4	100	99.71	99.07	100	0	0.29	0.93
5	100	100	99.38	100	0	0	0.62
6	100	99.71	99.38	100	0	0.29	0.62
7	100	100	99.38	100	0	0	0.62
8	100	100	99.38	100	0	0	0.62
9	100	99.71	99.38	100	0	0.29	0.62
10	100	100	99.07	100	0	0	0.93
Rata - Rata	100	99.797	99.349	100	0	0.203	0.651

Dari hasil pengujian pada Tabel 4.2, nilai rata – rata yang dihasilkan pada sensor 1 sebesar 100%, pada sensor 2 sebesar 99,80% dan pada sensor 3 sebesar 99,35 %.

4.3 Pengujian Zigbee

4.3.1 Pengujian Delay

Berikut ini merupakan hasil pengujian delay dari zigbee dalam bentuk tabel

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Zigbee

Interval Pengiriman data (detik)	Rata-rata Delay (s)			
	Pengujian Secara Horizontal		Pengujian Secara Vertikal	
	Dalam Ruangan	Ruang Terbuka	Ketinggian 4 m	Ketinggian 8 m
1	1,258	3,175	3,985	2,868
2	1,120	1,677	2,839	3,281
3	0,993	1,861	2,014	3,682
4	1,102	1,423	1,577	2,721
5	1,531	1,816	1,918	2,290
10	0,992	1,692	0,517	0,693
15	1,029	1,944	0,514	0,947
20	0,992	2,252	0,503	0,761
25	1	2,268	0,544	1,008
30	0,994	1,754	0,508	1,029

Dari hasil pengujian data yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa nilai pada interval 1,2,3,4 dan 5 detik delaynya lebih besar dari pada nilai interval 10,15,20,25 dan 30 detik dan pada nilai interval 10 detik, data yang dihasilkan lebih baik bila dibandingkan dengan nilai interval lainnya.

4.3.2 Pengujian Data Loss

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Data Loss dari Zigbee

Interval Pengiriman data (detik)	Rata-rata Data Loss (%)			
	Dalam Ruangan	Ruang Terbuka	Ketinggian 3,5m	Ketinggian 7 m
1	0	7,196	38,557	0
2	0	1,685	16,176	5,747
3	0	1,667	5,217	38,970

Interval Pengiriman data (detik)	Rata-rata <i>Data Loss</i> (%)			
	Dalam Ruangan	Ruang Terbuka	Ketinggian 3,5m	Ketinggian 7 m
4	0	0	0	10,416
5	0	18,072	40,740	0
10	0	0	0	0
15	0	21,67	0	6,67
20	0	10	0	0
25	0	11,67	0	5
30	0	5	0	15

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa interval 10 sekon merupakan interval yang cocok untuk pengiriman data karena tidak ada *data loss* pada tiap parameter pengiriman data.

4.4 Pengujian Pengiriman Data ke Cloud

4.4.1 Pengujian Delay

Tabel 4. 5 Pengujian Delay dari NodeMCU ESP8266 ke Antares

Interval (detik)	Rata - rata delay (ms)
1	598
2	329
3	513
4	317
5	407
6	405
7	473
8	475
9	458
10	465

Berdasarkan pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa interval 4s merupakan interval yang cocok karena memiliki delay yang paling kecil dibandingkan interval yang lainnya.

4.4.2 Pengujian *Data Loss*

Tabel 4. 6 Pengujian *dataLoss* dari NodeMCU ESP8266 ke Antares

Interval (detik)	<i>Data Loss</i> (%)
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa dalam melakukan percobaan pengiriman data tidak ditemukan adanya *data loss* dalam pengiriman data.

5. Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan yaitu:

1. Sitem mitigasi tanah longsor harus diterapkan disetiap daerah yang rawan tanah longsor. Tujuannya yaitu agar tidak memakan korban jiwa yang disebabkan oleh bencana alam seperti tanah longsor
2. Sensor geophone digunakan untuk mendeteksi adanya getaran tanah dengan menampilkan nilai tegangan. Pengujian dilakukan dengan membandingkan tegangan multimeter digital dengan

keluaran tegangan di serial monitor menggunakan interval 0,5 detik dan 1 detik. Pada pengujian yang telah dilakukan, interval 0,5 detik merupakan delay yang paling baik karena memiliki nilai keakuratan sebesar 99,97% sedangkan interval 1 detik menghasilkan nilai keakuratan sebesar 99,83%.

3. Capacitive soil moisture sensor V1.2 sangat baik digunakan dalam membaca nilai kelembapan tanah, karena nilai keakuratan yang dihasilkan pada sensor 1 sebesar 100%, sensor 2 sebesar 99,8% dan sensor 3 sebesar 99,35%.
4. Pada pengujian zigbee yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa interval pengiriman data 10 detik merupakan interval yang paling baik digunakan karena memiliki delay yang lebih cepat bila dibandingkan dengan interval pengiriman data lainnya. Pengujian zigbee dilakukan di 2 tempat berbeda yaitu di Gedung N dan Tanah Lapang Sukapura. Untuk di Gedung N dilakukan pengujian di dalam ruangan yang menghasilkan delay sebesar 0,99 detik, untuk ketinggian 3,5 m menghasilkan delay sebesar 0,52 detik dan untuk ketinggian 7 m menghasilkan delay sebesar 0,69 detik. Sedangkan di Tanah Lapang Sukapura dilakukan pengujian ruang terbuka yang menghasilkan delay sebesar 1,39 detik. Dari 4 pengujian yang telah dilakukan pada interval pengiriman data 10 detik, menghasilkan data loss sebesar 0% dan nilai realibility yang dihasilkan sebesar 100%.
5. Pengujian pengiriman data ke antares menggunakan nodeMCU ESP8266 dilakukan di dalam ruangan, yang di dalamnya terdapat beberapa meja dan kursi. Pada pengujian tersebut interval pengiriman data selama 4 detik merupakan interval yang paling baik digunakan karena pada interval pengiriman data 4 detik, delay yang didapat sebesar 317 ms dengan data loss sebesar 0% dan menghasilkan nilai realibility sebesar 100%.
6. Sistem monitoring pergeseran tanah dibuat berbasis internet of things yaitu dengan menampilkan pembacaan sensor ke cloud antares secara online, realtime dan data yang telah ditampilkan dapat disimpan di cloud antares.
7. Secara keseluruhan delay yang dibutuhkan dari pembacaan sensor sampai ditampilkan ke antares memakan waktu selama 2,3 detik secara online dan realtime, bila alat tersebut disimulasikan di dalam ruangan.

Daftar Pustaka:

- [1] Anonim, "Data Bencana Tanah Longsor 2018," [Online]. Available: <http://bnpb.cloud/dibi/laporan4>; [Diakses 4 Februari 2019].
- [2] A. A. Hartalita, A. Sugiana dan A. Rusdinar, Sistem Peringatan Tanah Longsor pada Jalur Kereta Api, 2018.
- [3] Sudibyo, Novi Herawadi, Pendeteksi Tanah Longsor Menggunakan Sensor Cahaya, vol.1 no.2, 2 Oktober 2015.
- [4] D. Widhiantoro, Purwarupa Sistem Pendeteksi Tanah Longsor Menggunakan Ultrasonik Dan Infrared dengan Notifikasi Sms, vol.1 no.2, 2015.
- [5] Stevanus dan Setiadi, K. D., Alat Pengukur Kelembaban Tanah Berbasis Mikrokontroler Pic 16f84, Jurnal Teknik Elektro Universitas Kristen Maranatha, Bandung, 2013.