

Rancangan dan Implementasi Sistem Deteksi Longsor Berbasis SMS dan *Progressive Web Apps*

IRNANDA PRIYADI¹, FAISAL HADI², YOGI SURYA PRANATA³, MAKMUN REZA RAZALI⁴

^{1,2,3} Teknik Elektro Universitas Bengkulu, Indonesia

⁴ Teknik Sipil Universitas Bengkulu, Indonesia

Email : Irnanda_P@unib.ac.id

Received 6 November 2021 | Revised 19 November 2021 | Accepted 21 Desember 2021

ABSTRAK

Sebagian besar daerah di Indoensia, terutama Propinsi Bengkulu termasuk salah satu daerah yang rawan bencana longsor, karena sebagian besar wilayah ini dilalui oleh jalur patahan gempa yang cenderung menyebabkan kondisi tanah menjadi labil. Hal ini menyebabkan bencana longsor menjadi masalah yang perlu di waspadai oleh masyarakat khususnya yang berada di area topologi tanah yang labil. Pada penelitian ini sistem deteksi bencana longsor dirancang untuk dapat mengetahui kondisi pergerakan tanah secara real time sebagai bagian dari sistem peringatan dini (early warning system) terhadap bahaya terjadinya longsor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mendeteksi kondisi Bahaya dan mengirimkan SMS "Awat Longsor" pada nomor tujuan, saat tegangan sensor kelembaban tanah bernilai 3 V, sensor piezoelektrik bernilai 0,06V dan sensor accelerometer bernilai 1,574 V. Selanjutnya rancangan modul alat deteksi longsor juga menghasilkan delay waktu pengiriman SMS peringatan dini longsor pada sistem sekitar 5 detik dari hasil pengukuran sensor pada mikrokontroler.

Kata kunci: deteksi longsor, kelembaban, piezoelektrik, accelerometer, sms

ABSTRACT

Most areas in Indonesia, especially Bengkulu Province, are one of the areas prone to landslides, because most of these areas are traversed by earthquake fault lines which tend to cause soil conditions to become unstable. This causes landslides to become a problem that needs to be alerted by the community, especially those in areas of unstable soil topology. In this study, a landslide detection system is designed to be able to determine the condition of ground movement in real time as part of an early warning system against the danger of landslides. The test results show that the system detects a "Bahaya" condition and sends an SMS "Awat Longsor" on the destination number, when the soil moisture sensor voltage is 3V, the piezoelectric sensor is 0.06V and the accelerometer sensor is 1.574 V. Furthermore, the design of the landslide detection module also produces a delay in sending SMS early warning landslides to the system about 5 seconds from the measurement results of sensors on the microcontroller.

Keywords: landslide detection, humidity, piezoelectric, accelerometer, sms

1. PENDAHULUAN

Tanah longsor merupakan salah satu bencana yang kerap terjadi di Indonesia terutama di daerah perbukitan dan pegunungan. Di sisi lain, wilayah Indonesia terletak di daerah iklim tropis dengan dua musim yaitu panas dan hujan yang menyebabkan perubahan cuaca, suhu dan arah angin bisa terjadi cukup ekstrim. Kondisi iklim seperti ini ditambah dengan kondisi topografi permukaan dan batuan yang relatif beragam, baik secara fisik maupun kimiawi, menghasilkan kondisi tanah yang labil. Hal ini dapat menimbulkan beberapa akibat buruk bagi kehidupan manusia seperti terjadinya bencana hidrometeorologi seperti banjir, tanah longsor, dan kekeringan. Apalagi bila dikaitkan dengan meningkatnya aktivitas manusia, maka kerusakan lingkungan hidup cenderung semakin parah dan memicu meningkatnya jumlah kejadian dan intensitas bencana hidrometeorologi (banjir, tanah longsor dan kekeringan) yang terjadi secara silih berganti di banyak daerah di Indonesia. **(BNBP, 2020)**

Propinsi Bengkulu termasuk salah satu daerah yang pernah mengalami bencana banjir dan tanah longsor cukup parah di tahun 2019. Menurut data BNPB, hujan deras mengguyur wilayah Bengkulu dari 26 April 2019 sore hingga 27 April 2019 pagi. Hujan tersebut menyebabkan banjir dan tanah longsor di Propinsi Bengkulu. Dari bencana banjir dan tanah longsor ini menyebabkan 30 orang meninggal, 6 orang hilang dan hampir 12 ribu orang mengungsi. **(BNBP, 2019)** Bencana banjir dan longsor ini juga mengakibatkan banyak kerusakan. Kerusakan fisik meliputi 184 rumah rusak, 4 unit fasilitas pendidikan, 40 titik infrastruktur rusak (jalan, jembatan, oprit, gorong-gorong) yang tersebar di 9 kabupaten/kota, dan 9 lokasi sarana prasarana perikanan dan kelautan yang tersebar di 5 kabupaten/kota. **(BPBD, 2019)**

Karena dampak yang ditimbulkan longsor ini sangat serius, maka tim peneliti dari Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Bandung berupaya meminimalkan dampak longsor dengan memasang sistem perangkat deteksi longsor di Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Sistem deteksi pemantau gerakan tanah diberi nama *Wireless Sensor Network For Landslide Monitoring (Wiseland)*. Sistem ini berbasis jaringan sensor nirkabel. Perangkat deteksi menggunakan empat kotak anak (*node*) yang tersebar sejauh maksimal 500 meter antar titik di Kampung Sidamukti. Tiap kotak berisi dua sensor, yakni sensor TILT untuk mengukur perubahan kemiringan lereng akibat pergerakan, dan kabel baja ekstensometer sebagai pengukur besaran pergerakan laju perpindahan masa tanah. **(LIPI, 2016)**

Penelitian-penelitian terkait tentang perancangan alat pendeteksi bencana telah dilakukan baik oleh tim pengusul maupun peneliti yang lain. Penggunaan teknologi sensor terbukti menjadi sebuah metode yang ideal untuk mendeteksi erosi tanah di area yang luas **(Lukyanchuk, 2020) (Magliulo, 2020)**. Penelitian awal terkait sistem pendeteksi bencana yang pernah dilakukan anggota tim pengusul adalah perancangan alat deteksi banjir yang memanfaatkan gelombang radio menggunakan sensor ultrasonik dapat mengirim data ketinggian air dengan pemancar FM berdaya 5 watt, dengan ketepatan data pengiriman dan penerima mencapai 99% **(Hadi, 2014)**. Selanjutnya, penelitian tentang penggunaan sensor untuk mendeteksi getaran juga pernah digunakan dalam rancangan sistem pemanfaatan levitasi magnet sebagai sensor gerak vertikal (gerakan naik turun kumparan) untuk deteksi getaran pada bencana gempa. Penelitian ini menjelaskan tentang pendeteksian getaran gempa menggunakan gaya gerak listrik (ggl) yang dihasilkan oleh kumparan. Hasil penelitian menunjukkan output tegangan sensor untuk gempa bumi yang berpotensi tsunami ($> 6,3$ SR) berada pada level tegangan di atas 1,28 volt. **(Priyadi, 2013)**

Penelitian terbaru yang telah dilakukan terkait dengan pemodelan longsor akibat perubahan iklim menggunakan digital elevation models dan geoslope dilakukan oleh Razali tahun 2017

(Razali, 2017). Penelitian terkait berikutnya tentang perancangan alat deteksi bencana (gempa dan banjir) bagi masyarakat Propinsi Bengkulu berbasis teknologi sms dan web. Hasil pengujian alat yang dirancang menunjukkan pembacaan sensor menggunakan modul NodeMCU sebagai modul wifi dan web server Ubidots menghasilkan hasil pengiriman update data sensor dalam millisecond. Sedangkan hasil pembacaan deteksi sensor gempa pada pukul 9:22:25 dengan gerakan pada sumbu Y menghasilkan 4MMI, -5MMI dan 3 skala richter, 0 skala richter. **(Priyadi, 2021).**

Selanjutnya penelitian terkait deteksi longsor yang pernah dilakukan oleh peneliti lain diantaranya oleh Artha dkk. Dalam penelitiannya, rancangan alat deteksi longsor menggunakan dua sensor yaitu sensor MPU6050 untuk mendeteksi pergerakan tanah dan sensor soil moisture untuk mendeteksi kelembaban tanah. Hasil rancangan menunjukkan sensor MPU6050 dapat membaca data pergerakan tanah dengan persentase error sebesar 0,42% dan sensor soil moisture dapat membaca kelembaban tanah dengan persentase error sebesar 1,49%. Secara keseluruhan, sistem deteksi yang dirancang memberikan notifikasi berisi informasi kondisi tebing dengan persentase keberhasilan sebesar 100%. **(Artha, 2018)**

Pada penelitian lain, Setyawan dkk merancang sistem peringatan dini tanah longsor menggunakan sensor FC-28 dan Node MCU untuk mendeteksi kelembaban tanah jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa hasil deteksi sensor kategori kondisi siaga terjadi pada kelembaban antara 27% - 54% dengan kemiringan lereng antara 25° -35° dan kondisi bahaya terjadi saat kelembaban lebih dari 54%. **(Setyawan, 2020).** Berikutnya juga dirancang prototipe modul deteksi bencana longsor dan kekeringan pertanian menggunakan Radio Frequency (RF) berbasis Wireless Sensor Network (WSN). Prototype modul yang dirancang mampu mendeteksi bencana longsor dengan pengukuran kemiringan tanah yang memiliki tingkat kesalahan 10,7% serta mampu mendeteksi bencana kekeringan pertanian dengan mengukur kelembaban tanah yang memiliki tingkat kesalahan 3,4%. **(Fitriani, 2019)**

Selanjutnya, penelitian lain tentang alat deteksi longsor juga dilakukan oleh Bilah dkk, yang merancang alat deteksi bencana longsor menggunakan sensor berbasis SMS Gateway dengan pendekatan *water fall*. Cara kerja rancangan alat dengan mendeteksi setiap keretakan tanah pada daerah-daerah yang rawan longsor. Berikutnya jika terjadi keretakan tanah yang melebihi batas toleransi dan terindikasi dapat menyebabkan longsor maka sensor akan mengirimkan peringatan melalui sirine dan juga sms untuk warga sekitar agar korban jiwa dapat diminimalisir. Hasil ujicoba alat menunjukkan semua komponen penyusun berjalan dengan baik. Kecepatan respon lampu indikator terhadap sensor rata-rata sebesar 0,73 detik. Sedangkan kecepatan alarm pemberitahuan berupa sirine atau buzzer rata-rata 0,79 detik, dan kecepatan pemberitahuan berupa *broadcast sms* dari sms *gateway* terdapat jeda waktu rata-rata sebesar 143 detik. **(Bilah, 2018)**

Penelitian berikutnya dilakukan oleh Dandun Widhiantoro menggunakan sensor ultrasonik dan infrared dengan notifikasi SMS. Sistem yang dirancang memberikan informasi berupa SMS kepada beberapa pihak terkait mengenai pergerakan tanah hingga pada kondisi bahaya yaitu ketika pada saat sensor ultrasonik membaca pergerakan menjauh menjadi sebesar 28 cm dan sensor infrared membaca logic 0 maupun 1. Sedangkan informasi berupa panggilan hanya ditujukan pada BNPB dan alarm peringatan yang terpasang pada pemukiman warga akan berbunyi pada saat sensor ultrasonik membaca pergerakan menjauh menjadi sebesar 33 cm dan sensor infrared baik membaca baik logic 0 maupun logic 1. Selain itu, pada saat sensor ultrasonik membaca pergerakan mendekat dari posisi awal dan sensor infrared membaca dengan keadaan logic 1 maka akan memberikan informasi berupa SMS ke Kepala Desa. **(Widhiantoro, 2015)**

Penelitian-penelitian tentang modul deteksi bencana longsor sudah cukup banyak dilakukan. Penggunaan teknologi internet berbasis *website* akan memudahkan dalam melakukan *update* informasi terkait dengan kondisi tanah di daerah-daerah zona merah yang rawan longsor. Meskipun disatu sisi penggunaan teknologi *Progressive Web Apps* (PWA) merupakan salah satu solusi untuk membuat akses *website* menjadi lebih cepat, namun dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan memiliki kelemahan terutama untuk menempatkan modul yang dirancang pada titik-titik lokasi rawan longsor yang sulit untuk meng-akses internet. Untuk mengatasi permasalahan ini, paper ini mengusulkan sebuah metode untuk mem-*back up* teknologi PWA menggunakan teknologi SMS yang penggunaanya masih cukup banyak terutama untuk daerah-daerah yang jauh dari akses internet.

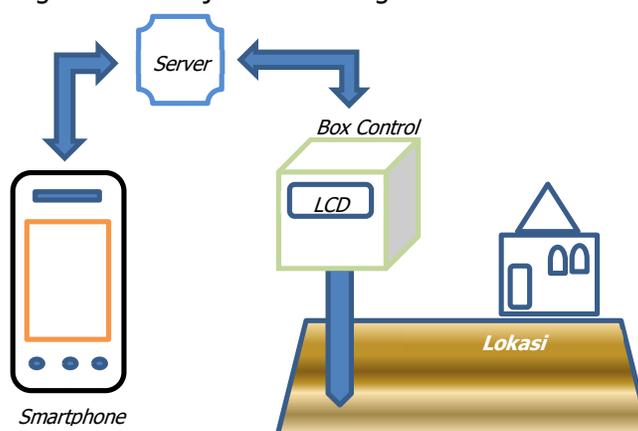
2. RANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

2.1. Gambaran *Rancangan Modul*

Komponen yang digunakan dalam perancangan modul terdiri atas komponen alat dan bahan. Yang termasuk dalam komponen alat antara lain komputer sebagai server, multimeter analog/digital, *smartphone* android, regulator LM2596, NodeMCU dan modul GSM SI800L. Sedangkan yang termasuk dalam komponen bahan antara lain papan PCB dan *ferichlorite*, IC mikrokontroler arduino UNO, sensor *accelerometer* ADXL335, sensor kelembaban tanah YL-69, sensor *piezoelectric* dan LCD 20x4.

Performance modul deteksi longsor yang dirancang sangat tergantung pada kinerja tiga buah sensor yang digunakan. Sensor termasuk piranti yang umum digunakan dalam suatu sistem instrumentasi. Penggunaan sensor sebagai alat deteksi terutama bencana longsor memiliki prosedur dan rangkaian proses yang saling berkaitan. Diawali dari proses pemantauan gerakan tanah, hasil deteksi sensor diolah oleh unit pengendali (*mikrokontroler*), dan ditampilkan dalam bentuk koordinat pergeseran tanah. (Sharon, 1982)

Rancangan sistem yang dibuat ditunjukkan dalam gambar berikut :

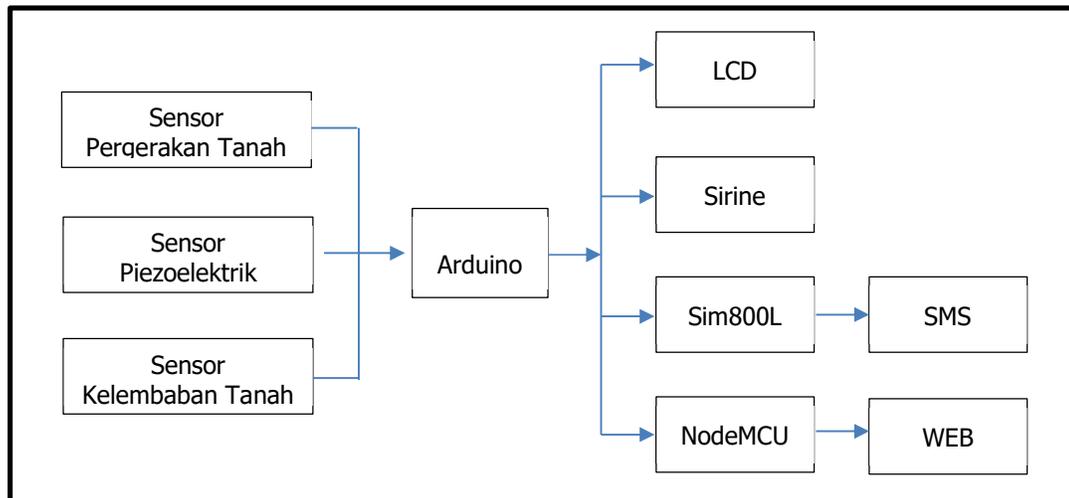


Gambar 1. Rancangan *Hardware*

Alat ini bekerja dengan memanfaatkan sensor accelerometer, sensor piezoelektrik dan sensor kelembaban tanah untuk mendeteksi kondisi tanah dan mengirimkan data hasil deteksi pada titik pengukuran. Penggunaan sensor piezoelektrik sebagai salah satu komponen elektronika untuk mendeteksi bencana longsor didasarkan karena performa yang tinggi dari sensor piezoelektrik dalam memantau dan meramalkan bencana longsor, yaitu memiliki karakteristik

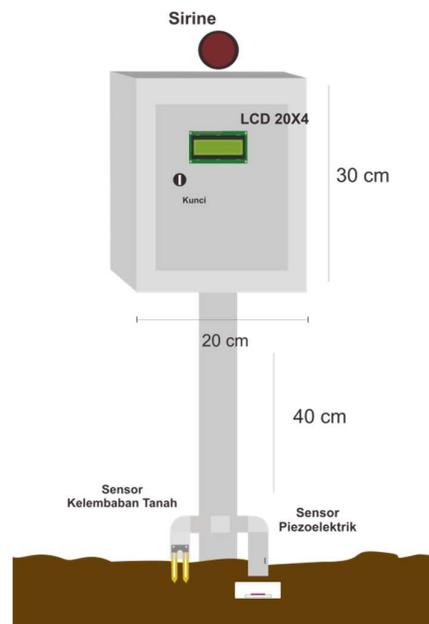
kapasitas tekan yang tinggi, sensitivitas yang stabil di bawah tingkat prabeban statis yang berbeda dan linieritas pengukuran dinamis yang *range*-nya luas. (Li, 2017)

Selanjutnya, setelah data pengukuran tanah diperoleh maka data tersebut diolah oleh pusat kontrol (*mikrokontroler*) untuk mengetahui klasifikasi status dengan membandingkan nilai pengukurannya dengan nilai set point setiap sensor. Hasil pembacaan kondisi tanah ini kemudian akan ditampilkan pada LCD dan selanjutnya data klasifikasi status akan ditampilkan pada web yang sudah dirancang. Perancangan rangkaian sistem terlihat pada Gambar 1.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Gambar 2. merupakan diagram blok yang menunjukkan sistem kerja perangkat keras yang terdiri dari sensor sebagai input, arduino sebagai pusat pengolahan program, modul NodeMCU sebagai media pengiriman data, LCD sebagai output informasi dan sirene sebagai pengindikasian status.



Gambar 3. Bentuk Rancangan Fisik Sistem

modul SIM800L menjadi mode SMS *text*. Selanjutnya perintah AT+CMGS="+6281274627547" digunakan untuk menuliskan SMS pada nomer *handphone* tujuan.

3.2. Pengujian Sensor Kelembaban Tanah YL-69

Karakterisasi sensor diperoleh hubungan ketinggian sensor YL-69 yang ditancapkan ke tanah atau air dengan nilai tegangan yang terbaca pada serial monitor Arduino IDE. Gambar 7 menunjukkan proses pengukuran keluaran sensor pada media (a) tanah kering (b) tanah basah dan air. Data hasil pengukuran keluaran tegangan dengan serial monitor pada Arduino IDE dapat dilihat pada tabel 5.1

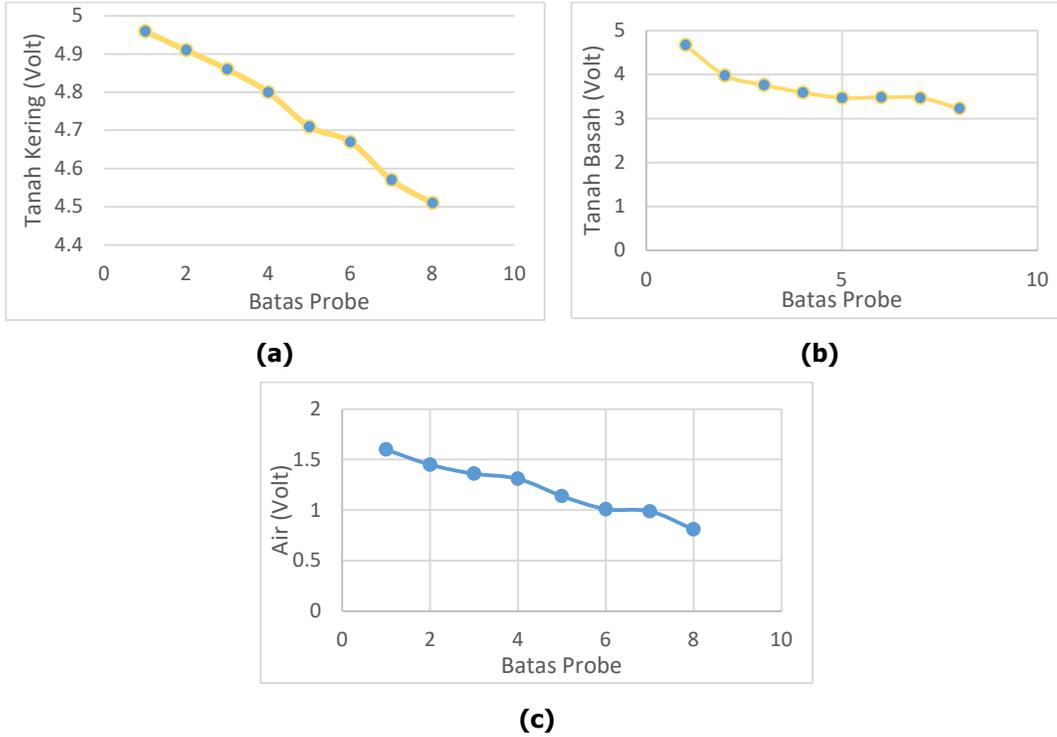


Gambar 7. Pengujian sensor YL-69 pada media (a) Tanah kering (b) Tanah basah

Tabel 1. Data hasil pengukuran tegangan keluaran sensor kelembaban tanah

Batas Probe	Tanah Kering (Volt)	Tanah Basah (Volt)	Air (Volt)
1	4.96	4.67	1.60
2	4,91	3.98	1.45
3	4.86	3.76	1.36
4	4.80	3.59	1.31
5	4.83	3.47	1.14
6	4.57	3.48	1.01
7	4.67	3.47	0.99
8	4.61	3.23	0.81

Berdasarkan Tabel 1 dibuat grafik nilai tegangan terhadap batas probe dengan sumbu x sebagai nilai batas probe dan sumbu y sebagai media pengukuran sensor kelembaban tanah. Grafik nilai tegangan terhadap batas probe dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik hubungan keluaran tegangan dengan Panjang probe (a). Tanah kering, (b) Tanah basah, dan (c) Air.

Dari ketiga grafik pengukuran, hubungan batas probe dengan nilai ADC maupun nilai resistivitas adalah semakin dalam probe sensor YL-69 menancap ke tanah maka nilai resistansi akan semakin menurun, artinya bahwa semakin banyak kontak antara tanah atau air dengan kedua elektroda sensor, maka semakin sensitif sensor tersebut digunakan. Untuk itu, pengukuran yang paling baik digunakan untuk sensor YL-69 adalah tertancap semuanya ke tanah.

3.3. Pengujian Sensor Piezoelektrik



(a)

(b)

Gambar 9. Pengujian sensor piezoelektrik

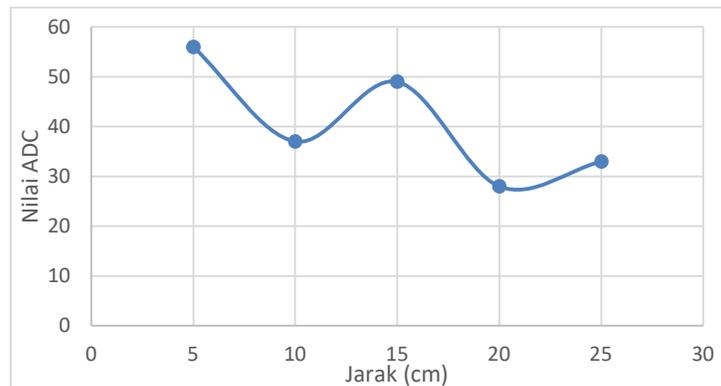
Gambar 9 memperlihatkan saat pengujian sensor Piezoelektrik dilakukan. Sensor piezoelektrik dikarakterisasi dengan getaran yang divariasikan dari jarak 5 hingga 25 cm dengan interval masing-masing 5 cm.

Tabel 2. Pengujian sensor piezoelektrik terhadap variasi jarak

No	Jarak (cm)	Nilai ADC	Tegangan Keluaran (Volt)
1	5	56	0,17
2	10	37	0,18
3	15	49	0.24
4	20	28	0,14
5	25	33	0,16

Hasil pengujian karakterisasi sensor piezoelektrik dapat dilihat pada Tabel 2. Pada Tabel 2 terlihat bahwa saat ketinggian jatuh bertambah maka tegangan keluaran sensor semakin besar dan saat jarak jatuh ke sensor semakin dekat maka tegangan keluaran sensor bertambah besar. Tegangan dan jarak ke sensor memiliki hubungan yang cukup linier untuk ketinggian dengan koefisien korelasi mendekati 1.

Berdasarkan Tabel 2 dibuat grafik nilai ADC terhadap jarak. Grafik nilai keluaran ADC terhadap jarak dapat dilihat pada Gambar 10.

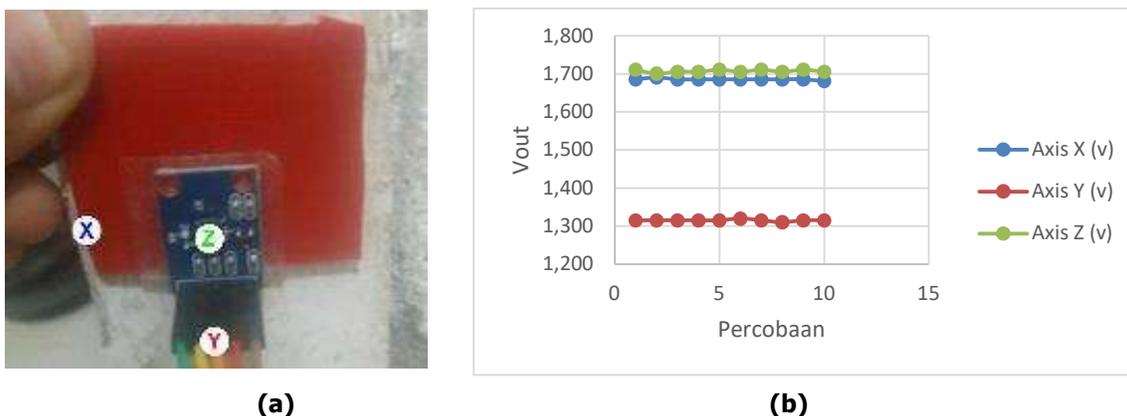


Gambar 10. Grafik tegangan sensor piezoelektrik terhadap jarak

Gambar 10 dapat dilihat bahwa saat simulasi jarak guncangan ke sensor semakin dekat maka tegangan keluaran sensor bertambah besar. Pada saat jarak 5 cm nilai ADC yang dihasilkan sensor sebesar 56 dan pada saat jarak 25 cm nilai ADC yang dihasilkan sensor sebesar 33. Dari hasil ini terlihat kedua parameter memiliki hubungan yang mendekati linier.

3.4. Pengujian Sensor Accelerometer ADXL335

Untuk mengetahui kinerja sensor accelerometer dilakukan pengukuran tegangan keluaran pada kombinasi 3 sumbu X, Y, Z. yaitu pada Y-, Z-, Z+, X- dan X+. Dalam pengujian ini, dikumpulkan sebanyak 10 data pada masing-masing kondisi. Pada grafik, sumbu X diwakili dengan warna biru, sumbu Y dengan warna merah, dan sumbu Z dengan warna hijau. Pengujian pertama adalah pengujian sumbu Y+ yang ditunjukkan pada Gambar 11 dan hasil pengukuran terdapat pada Tabel 3.



Gambar 11. Tegangan keluaran ADXL335 pada kondisi sumbu Y- (a) Posisi ADXL335 sumbu Y- (b) Grafik hasil pengukuran sumbu Y-

Tabel 3. Tegangan keluaran pada kondisi sumbu Y+ (10 data)

No	Axis X (V)	Axis Y (V)	Axis Z (V)
1	1.686	1.315	1.711
2	1.691	1.315	1.701
3	1.686	1.315	1.706
4	1.686	1.315	1.706
5	1.686	1.315	1.711
6	1.686	1.320	1.706
7	1.686	1.315	1.711
8	1.686	1.310	1.706
9	1.686	1.315	1.711
10	1.681	1.315	1.706

Selanjutnya dari hasil pengujian karakterisasi sensor accelerometer ADXL335 dengan berbagai variasi perubahan sumbu maka dapat disimpulkan bahwa hasil keluaran sensor stabil. Pada penelitian ini sensor accelerometer diposisikan seperti pada sumbu Y-. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai rata-rata pada setiap sudut untuk menentukan hasil pengukuran yang akan digunakan sebagai nilai paramater pada mikrokontroler. Hasil nilai rata-rata sebagai berikut :

$$X = \frac{1}{10}(1,686 + 1,691 + 1,686 + 1,686 + 1,686 + 1,686 + 1,686 + 1,686 + 1,686 + 1,681 = 1,686$$

$$Y = \frac{1}{10}(1,315 + 1,315 + 1,315 + 1,315 + 1,315 + 1,320 + 1,315 + 1,310 + 1,315 + 1,315 = 1,315$$

$$Z = \frac{1}{10}(1,711 + 1,701 + 1,706 + 1,706 + 1,711 + 1,706 + 1,711 + 1,706 + 1,711 + 1,706 = 1,708$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai rata-rata diatas maka hasil perhitungan dapat diberikan nilai rentan sebagai toleransi pengukuran tegangan pada mikrontroller sebesar +50 sehingga sistem dapat menghindari terjadinya pengukuran yang tidak stabil. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Range parameter pada sensor ADXL335

Sumbu X (V)	Sumbu Y (V)	Sumbu Z (V)
1,736	1,365	1,758

Berdasarkan Tabel 4 Nilai parameter tegangan keluaran yang akan digunakan dalam penelitian adalah sebesar 1,736 untuk sudut X, 1,365 untuk sudut Y dan 1,758 untuk sudut Z. Pada penelitian ini digunakan nilai sudut Y sebagai representasi nilai pengukuran dari sensor accelerometer karena sensor akan berada pada posisi sumbu Y-.

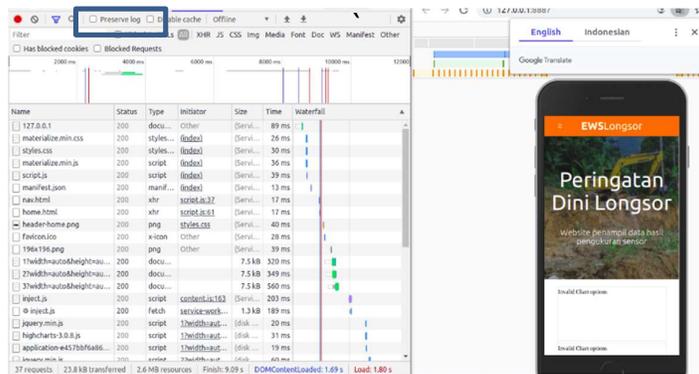
3.5. Pengujian Web

Pengujian web dilakukan untuk mengetahui hasil pembacaan sensor yang terukur. Data yang dikirim disimpan pada layanan web Thingspeak yang berbentuk grafik garis dengan menampilkan 10 data hasil pengukuran terakhir. Web di hosting dengan layanan Firebase dengan halaman web <http://ews-longsor-public.web.app/> dan Gambar 12 merupakan hasil tampilan web yang dirancang. Berdasarkan Gambar 12 dapat dilihat bahwa web menampilkan data dan memiliki tampilan yang responsif pada berbagai perangkat aplikasi web. Web mampu menampilkan data hasil pengukuran dan dapat digunakan pada berbagai perangkat. Kemudian dilakukan percobaan pemasangan web pada perangkat *smartphone* sehingga web dapat diakses tanpa perlu membuka *browser* dan menuliskan *link website*.



Gambar 12. Pengujian web pada (a) Tampilan mobile, (b) Tampilan Tablet,

Pengujian offline mode pada *web app* untuk mengetahui apakah *web app* dapat dijalankan walaupun keadaan tanpa koneksi internet. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Pengujian Offline Mode



Gambar 14. Hasil Perancangan Sistem

3.6. Pengujian Sistem secara Keseluruhan

Berikutnya untuk mengetahui kinerja dari modul yang dirancang dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan. Pengujian ini bertujuan untuk melihat respon sistem dalam menanggapi kondisi perubahan dari jarak yang terdeteksi oleh sensor, pengiriman dan penerimaan SMS dari modul SMS SIM800L, dan pengirim data ke *web* oleh modul *Wi-Fi* NodeMCU. Hasil perancangan dari sistem dapat dilihat pada Gambar 14. Setelah pengujian per blok sistem selesai dilakukan maka akan dilakukan penyatuan semua blok komponen agar sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Dalam rancangan modul, sensor Accelerometer ADXL335, Sensor Kelembaban tanah YL-69 dan Sensor Piezoelektrik diletakkan pada bagian pipa depan. Modul SMS SIM800L akan bekerja mengikuti aturan yang dibuat oleh sistem. Modul *Wi-Fi* NodeMCU akan selalu mengirimkan data pembacaan sensor ke *web server* sebagai monitoring kelembaban tanah dan getaran yang diukur oleh sistem.

Pengujian dilakukan dengan menanamkan sensor piezoelektrik ke dalam tanah untuk mengukur suatu getaran dan sensor YL-69 sebagai pengukur kelembaban tanah. Apabila terjadi getaran dan kelembaban tanah dengan nilai tertentu sesuai dengan program pada mikrokontroler. Maka LCD akan menampilkan "WASPADA" dan apabila terjadi pergerakan tanah pada sistem maka modul SIM800L akan mengirimkan SMS ke nomer handphone yang telah di daftarkan pada mikrokontroler Arduino dan akan menyalakan sirine. Klasifikasi dari status siaga dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Klasifikasi status siaga

Kondisi ke-	Sensor			Status Siaga
	Kelembaban Tanah (V)	Piezoelektrik (v)	Accelerometer (v)	
1	> 3,9	< 0,18	< 1,365	Aman
2	< 3,9	< 0,18	< 1,365	Waspada
3	> 3,9	> 0,18	< 1,365	Waspada
4	< 3,9	> 0,18	< 1,365	Waspada
5	< 3,9	< 0,18	> 1,365	Bahaya
6	> 3,9	> 0,18	> 1,365	Bahaya
7	> 3,9	< 0,18	> 1,365	Bahaya
8	< 3,9	> 0,18	> 1,365	Bahaya

Status siaga berisi tiga klasifikasi kondisi yang ditetapkan sistem antara lain "AMAN", "WASPADA", dan "BAHAYA". "AMAN" yaitu apabila nilai tegangan keluaran pada sensor piezoelektrik < 0,18 V, kelembaban tanah < 3,9 V dan tidak terjadi perubahan nilai pada sensor accelerometer. "WASPADA" yaitu apabila terjadi getaran yang terukur pada sensor piezoelektrik dan kelembaban tanah > 3,9 V. "BAHAYA" yaitu apabila terjadi perubahan nilai

yang terukur pada sensor accelerometer yang mengakibatkan sistem berubah posisi maka SMS akan dikirimkan ke nomer *handphone by system* dan menyalakan sirine selama 5 detik.

Pada penelitian sebelumnya hasil pengamatan rancangan *early warning system* bahaya longsor dengan menggunakan Hygrometer dan Piezoelectric mengklasifikasikan keadaan menjadi tiga kondisi status yakni "AMAN", "WASPADA" dan "AWAS". Status aman dinyatakan dengan nilai getar < 5% dan nilai kelembaban < 3.5%. Berikutnya status waspada dinyatakan dengan nilai getar < 5% dan nilai kelembaban > 3.5%, dan status awas dinyatakan dengan nilai getar > 5% dan nilai kelembaban > 3.5%. (Parwati, 2018)



Gambar 15. Pengujian kondisi ke 1

Selanjutnya dilakukan pengujian sistem sesuai dengan Tabel 5 untuk melihat keluaran dan status yang ditampilkan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 15. Berdasarkan Gambar 15 dapat dilihat hasil pengujian sistem pada kondisi ke 1, tegangan keluaran sensor peizoelektrik bernilai 0,02 V, kelembaban tanah 4,77 V dan sensor acceleroemeter 1,320 V, hasil keluaran menunjukkan sistem dalam keadaan **Aman** dan sesuai dengan tabel klasifikasi status siaga. Selanjutnya dilakukan percobaan dengan kondisi 2 seperti ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 16. Pengujian kondisi ke 2

Selanjutnya Gambar 16 dapat dilihat hasil pengujian sistem pada kondisi ke 2, tegangan keluaran sensor peizoelektrik bernilai 0,01 V, kelembaban tanah 3,89 V dan sensor acceleroemeter 1,320 V, hasil keluaran menunjukkan sistem dalam keadaan **Waspada** dan sesuai dengan tabel klasifikasi status siaga. Selanjutnya dilakukan percobaan dengan kondisi 3 seperti ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 17. Pengujian kondisi ke 3

Berdasarkan Gambar 17 dapat dilihat hasil pengujian sistem pada kondisi ke-3, tegangan keluaran sensor peizoelektrik bernilai 0,06 V, kelembaban tanah 2,99 V dan sensor acceleroemeter 1,574 V, hasil keluaran menunjukkan sistem dalam keadaan **Bahaya**, meingirimkan SMS dan menyalakan sirine sesuai dengan tabel klasifikasi status siaga. Setelah

dilakukan pengujian sistem dengan berbagai kondisi maka hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengujian sistem secara keseluruhan

Percobaan	Sensor			Indikator		
	Kelembaban Tanah (V)	Piezoelektrik (v)	Accelerometer (v)	SMS	Sirine	Serial Monitor
1	4,77	0,02	1,32	Tidak	Mati	Aman
2	3,89	0,01	1,325	Tidak	Mati	Waspada
3	3	0,06	1,574	Terkirim	Menyala	Bahaya

Dari Tabel 6 dapat diketahui bahwa percobaan pertama dilakukan pengukuran dengan kondisi sensor kelembaban tanah 4,77 V, sensor piezoelektrik 0,02 V dan accelerometer 1,32 V. Hasil menunjukkan tidak ada pengiriman SMS dan sirine tidak menyala karena sistem berada pada kondisi Aman sesuai dengan Tabel 6. Pada percobaan kedua, sensor kelembaban tanah dikondisikan bernilai 3,89 V, sensor piezoelektrik 0,01 V dan accelerometer 1,325 V. Selanjutnya hasil keluaran menunjukkan tidak ada pengiriman SMS dan sirine tidak menyala. Pada percobaan 3 nilai sensor accelerometer dikondisikan melebihi nilai set point. Hasil menunjukkan sistem berada pada kondisi Bahaya dan sistem mengirimkan SMS "Awas Longsor" pada nomor tujuan dan sirine menyala. Hasil ini menginformasikan bahwa sistem berjalan sesuai dengan diagram alir yang telah dirancang dan sesuai dengan kondisi klasifikasi pada Tabel 6.

4. KESIMPULAN

Hasil pembacaan sensor accelerometer ADXL335 memiliki nilai pengukuran yang cukup stabil serta akurasi sensor pada accelerometer Smartphone memiliki perbedaan nilai sebesar sumbu X sebesar 3,29% , pada sumbu Y sebesar 15% dan pada sumbu Z sebesar 22,11%. Perbedaan nilai pengukuran dapat disebabkan karena posisi sensor accelerometer yang tidak sama persis. Nilai hasil pengukuran *accelerometer* ADXL335 juga memiliki nilai yang stabil sehingga cocok untuk digunakan pada penelitian ini. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa sistem mendeteksi kondisi Bahaya dan mengirimkan SMS "Awas Longsor" pada nomor tujuan, saat tegangan sensor kelembaban tanah bernilai 3 V, sensor piezoelektrik bernilai 0,06V dan sensor accelerometer bernilai 1,574 V. Selanjutnya rancangan modul alat deteksi longsor juga menghasilkan delay waktu pengiriman SMS peringatan dini longsor pada sistem sekitar 5 detik dari hasil pengukuran sensor pada mikrokontroler.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Bengkulu selaku pemberi dana pada skema PNPB FT UNIB Tahun 2020 Nomor Kontrak : 2103/UN30.13/HK/2020. Semoga dapat bermanfaat untuk semua pembaca.

DAFTAR RUJUKAN

- Artha, O. O. (2018). Sistem Peringatan Dini Bencana Longsor Menggunakan Sensor Accelerometer dan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Android. *JITCE*, 2(2), 14-20.
- Bilah, M. B. (2018). THOR (Pendeteksi Tanah Longsor) : Deteksi Bencana Tanah Longsor Menggunakan Sensor "Tasbih" Berbasis Sms Gateway. *Edukasi Elektro*, 2(2), 87-91.
- BNBP. (2019). infografis. Retrieved from <https://bnpb.go.id/infografis>
- BNBP. (2020). potensi-ancaman-bencana. Retrieved from <https://bnpb.go.id/potensi-ancaman-bencana>
- BPBD. (2019). Bencana Banjir dan Tanah Longsor. Retrieved from bpbd.bengkuluprov.go.id
- Fitriani, R. (2019). Prototipe Pendeteksi Bencana Longsor Dan Kekeringan Pertanian Berbasis Wireless Sensor Network (WSN) Menggunakan Radio Frequency (Rf) Dengan Topologi Star. *Alami*, 3(1), 71-79.
- Hadi, F. (2014). Perancangan Alat Pendeteksi Banjir Jarak Jauh Untuk Deteksi Dini Banjir Bagi Masyarakat Dengan Memanfaatkan Gelombang Radio. *Amplifier*, 10(1), 33-40.
- Li, M. (2017). A High Performance Piezoelectric Sensor for Dynamic Force Monitoring of Landslide. *Sensors*, 17(2), 1-23 ; doi:10.3390/s17020394
- LIPI. (2016). Tim LIPI Pasang Alat Deteksi Longsor Model Baru di Bandung. Retrieved from <http://lipi.go.id/lipimedia/single/Tim-LIPI-Pasang-Alat-Deteksi-Longsor-Model-Baru-di-Bandung/15714>
- Lukyanchuk, K.A., (2020). Application of A Remote Sensing in Monitoring of Erosion Processes. Conference Geo Informatics : Theoretical and Applied Aspects.
- Magliulo, P. (2020). Detection of permanently eroded landsurfaces through multitemporal analysis of Landsat data: a case study from an agricultural area in southern Italy. *Environmental Earth Sciences*, 79(3), 73-79.
- Parwati, N. K. D. (2018). Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Bahaya Tanah Longsor Dengan Sensor Hygrometer Dan Piezoelectric. *SPEKTRUM*, 5(2), 183-190.
- Priyadi, I. (2013). Perancangan Alat Pendeteksi dan Peringatan Gempa Berpotensi Tsunami dengan Transmisi Sinyal Audio Melalui Media Jala-Jala Listrik. *Ilmiah Bidang Sains – Teknologi Murni Disiplin dan Antar Disiplin*, II(12), 1-13.
- Priyadi, I., Hadi, F., Khotimah, S., Besperi. (2021). Modul Deteksi Gempa Dan Perekaman Data Gempa Berbasis Aplikasi Visual Basic. *Elkomika*, 9(3), 648-662.
- Razali, M. R. (2017). Model Longsor Akibat Perubahan Iklim dengan Menggunakan Digital Elevation Models dan Geoslope. *Inersia*, 9(2), 2017.

- Setyawan, A. (2020). Peringatan Dini Tanah Longsor Berdasarkan Kelembaban Tanah Secara Jarak Jauh Menggunakan Sensor FC-28 dan Node MCU. *Ilmu Lingkungan*, 18(2), 242-246.
- Sharon, D. (1982). *Principles of Analysis Chemistry*. New York : Harcourt Brace College Publisher.
- Widhiantoro. (2015). Purwarupa Sistem Pendeteksi Tanah Longsor Menggunakan Ultrasonik dan Infrared Dengan Notifikasi SMS. *Kajian Teknik Elektro*, 1(2), 132-137.