

Perancangan Prototipe Sistem Peringatan Dini Bencana Longsor Berbasis Mikrokontroler ATmega328

Syarifah Mutia Bazlina¹, Mohd. Syaryadhi², Zulhelmi³

*Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh 23111*

¹mtbazlina@gmail.com

²syaryadhi@unsyiah.ac.id

³zulhelmi@unsyiah.ac.id

Abstrak— Perubahan kemiringan dari sebuah bukit merupakan salah satu penyebab bencana longsor. Untuk mendeteksi perubahan kemiringan tanah ini, dibutuhkan perangkat yang relatif mahal bagi warga sekitar perbukitan. Salah satu cara untuk mengetahui perubahan kemiringan tanah adalah menggunakan teknologi *tilt meter/inclinometer* yang sebelumnya pernah digunakan pada pemantauan longsor di Jerman. Kesulitan untuk mengukur perubahan kemiringan ini, menjadi kendala tersendiri bagi warga untuk mencapai sikap siaga terhadap bencana. Dalam penelitian ini, dilakukan penelitian sistem peringatan dini untuk bencana longsor dengan kemiringan tanah sebagai indikasi kemungkinan terjadinya bencana longsor. Sistem ini dikembangkan dengan menggunakan accelerometer 3-axis ADXL335 sebagai sensor kemiringan, ATmega328P sebagai mikrokontroler, dan buzzer serta LED yang diletakkan di sekitar rumah warga sebagai peringatan dini bencana longsor. Accelerometer ADXL335 diletakkan di dalam tanah untuk dapat mengukur perubahan kemiringan bukit yang diukur. Data perubahan kemiringan yang diperoleh dari accelerometer ini selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai tingkat peringatan yang ditransfer ke PC Central yang ada di desa dengan menggunakan komunikasi serial RS485 untuk selanjutnya direkam dan mengaktifkan sistem peringatan untuk memberikan peringatan dini. Pada prototipe sistem peringatan ini terdapat 4 tingkat peringatan yang akan diberikan kepada warga, yaitu “AMAN”, “WASPADA”, “SIAGA”, dan “AWAS”. Prototipe sistem ini mampu mendeteksi perubahan kemiringan tanah dengan tingkat presisi 1°. Prototipe sistem ini memiliki tingkat kesalahan sebesar 11%. Realisasi pembuatan prototipe sistem peringatan dini bencana longsor ini dapat membantu warga sekitar perbukitan yang rawan longsor untuk dapat lebih siaga menghadapi terjadinya bencana longsor dan dapat membantu BMKG untuk menganalisa perubahan kemiringan dari perbukitan.

Kata Kunci— Sistem peringatan dini, longsor, Accelerometer ADXL335, mikrokontroler ATmega328, RS485.

I. PENDAHULUAN

Bencana tanah longsor adalah suatu ancaman bencana yang dihadapi oleh bangsa Indonesia, terutama pada wilayah perbukitan. Berdasarkan data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), bencana tanah longsor merupakan bencana dengan frekuensi tertinggi setelah

bencana banjir dalam kurun waktu 10 tahun terakhir [1]. Salah satu penyebab terjadinya bencana longsor adalah adanya perubahan kemiringan tanah yang akan membuat sejumlah massa tanah akan bergerak ke bawah. Kemiringan dari tanah yang relative sulit untuk dideteksi secara dini sehingga warga tidak mengetahui jika resiko untuk terjadinya longsor sudah meningkat. Untuk itulah dibutuhkan suatu alat untuk dapat mendeteksi perubahan kemiringan yang dialami oleh tanah dan dapat memberikan peringatan dini kepada warga disekitar perbukitan.

Perubahan kemiringan dari tanah dapat dideteksi menggunakan *tilt meter/inclinometer*. *Tilt meter/inclinometer* sendiri adalah sebuah instrumen untuk mengukur perubahan kemiringan suatu bidang. Teknologi ini sebelumnya telah digunakan pada pemantauan bencana longsor Dollendorfer Hardt, Jerman. Pada pemantauan ini menggunakan *tilt meter* dengan resolusi tinggi untuk mengetahui perubahan kemiringan tanah terhadap waktu. Pengaplikasian *tilt meter* pada pemantauan ini menggunakan *tilt meter* pada permukaan dan *tilt meter* yang ditanam pada lubang bor dengan kedalaman 3-4 m dan diameter 30cm. Pada *tilt meter* permukaan tanah, *tilt meter* mengalami banyak gangguan berupa gangguan sinyal/*noise* dan keadaan lingkungan yang tidak steril dari binatang, sehingga alat yang digunakan terganggu oleh binatang yang ada di sekitar alat tersebut. [2]

Penelitian mengenai *tilt meter/inclinometer* sebelumnya sudah dilakukan pada tahun 2012 [3]. Pada penelitian ini, dihasilkan sebuah instrumen untuk mengukur perubahan kemiringan tanah. Instrumen yang dihasilkan memiliki resolusi 1°. Pada penelitian tidak memiliki sistem untuk memberikan peringatan kepada warga sekitar apabila kemiringan telah mencapai ambang batas kritis terjadinya bencana longsor, sehingga dibutuhkan pengembangan untuk dapat membuat suatu sistem peringatan dini memanfaatkan instrument yang telah dihasilkan pada penelitian [3].

Sebuah sistem peringatan dini bencana longsor yang telah diaplikasikan pada bendungan Three Gorges, di Kota Wushan, China dengan menggunakan beberapa parameter untuk dapat menentukan tingkat bahaya yang terjadi [3]. Salah satu parameter yang digunakan adalah perpindaan

tanah bagian permukaan dan bagian dalam dinding bendungan. Sistem peringatan dini ini dibuat dengan tujuan untuk mengetahui kerentanan dan daya tahan yang dimiliki oleh bendungan Three Gorges. Sistem Peringatan dini ini hanya akan memberikan peringatan kepada operator pengawas bendungan, namun tidak ke desa yang ada disekitar bendungan itu sendiri.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk dapat merancang dan membangun sebuah sistem peringatan dini bencana longsor berbasis mikrokontroler ATmega328 yang dapat diaplikasikan pada bukit yang ada di sekitar perumahan atau desa. Prototipe sistem peringatan dini yang dirancang akan menggunakan accelerometer sebagai pendeteksi perubahan kemiringan tanah. Accelerometer mampu mendeteksi kemiringan tanah dengan tingkat perubahan sebesar 1° dan dengan tingkat kesalahan antara 0-20%.

Prototipe ini menggunakan RS485 sebagai sistem komunikasi untuk dapat memberikan informasi perubahan kemiringan tanah ke perangkat yang ada di desa, dan buzzer sebagai peringatan yang diberikan kepada warga.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Longsor

Tanah longsor adalah kejadian saat terjadinya perpindahan massa berupa material tanah batu, atau campuran dengan arah miring dari kedudukannya semula sehingga terpisah dari massa yang mantap, karena pengaruh gravitasi [2].

Secara umum, penyebab terjadinya longsor adalah sebagai berikut:

- Curah hujan yang tinggi;
- Lereng yang terjal;
- Lapisan tanah yang kurang padat dan tebal;
- Jenis batuan (litologi) yang kurang kuat;
- Jenis tanaman dan pola tanam yang tidak mendukung penguatan lereng;
- Getaran yang kuat (perperangkatan berat, mesin pabrik, kendaraan bermotor);
- Susutnya muka air danau/bendungan;
- Beban tambahan seperti konstruksi bangunan dan kendaraan angkutan;
- Terjadinya pengikisan tanah atau erosi;
- Adanya material timbunan pada tebing;
- Bekas longsor lama yang tidak segera ditangani;
- Adanya bidang diskontinuitas;
- Penggundulan hutan; dan/atau
- Daerah pembuangan sampah.

B. Sistem Peringatan Dini

Sistem peringatan dini (SPD) adalah sebuah sistem yang memiliki kemampuan yang dibutuhkan untuk menghasilkan dan menyebarkan informasi peringatan tepat waktu dan bermakna untuk memungkinkan individu, masyarakat dan organisasi terancam oleh bahaya untuk mempersiapkan dan

bertindak secara tepat dan dalam waktu yang cukup untuk mengurangi kemungkinan kerusakan atau kerugian [4].

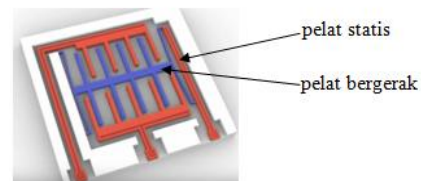
Sebuah SPD harus memiliki 4 faktor penting yang saling terkait untuk dapat bekerja dengan baik. 4 faktor tersebut adalah:

- Pengetahuan tentang resiko. Pengetahuan berupa bahaya dan kerentanan dari sebuah bencana sudah dikenal dengan baik. Data dan peta resiko sudah tersedia secara luas untuk membangun tingkat kepedulian dari masyarakat.
- Membangun pemantauan bahaya dan layanan peringatan dini. Parameter dan landasan ilmiah yang digunakan harus benar dapat digunakan untuk meramal terjadinya bencana.
- Penyebarluasan dan komunikasi. Peringatan harus dapat dijangkau oleh semua orang yang beresiko terkena bencana, harus dapat dimengerti, jelas, dan berguna.
- Kemampuan merespons. Rencana respons selalu diperbarui dan teruji. masyarakat sekitar harus siap untuk merespons peringatan yang diberikan sewaktu-waktu terjadi bencana [5].

C. Accelerometer

Accelerometer adalah sebuah sensor yang mengukur percepatan, baik itu berupa percepatan dinamis maupun statis. Percepatan statis adalah percepatan gravitasi bumi yaitu 9.8 m/s^2 atau di nyatakan dalam nilai G-force (g), sedangkan percepatan dinamis adalah percepatan yang diakibatkan dari pengaruh luar, seperti getaran atau perpindahan tempat.

Dalam sebuah accelerometer terdapat dua komponen utama, yaitu bagian elektronik berupa pengolah sinyal dan bagian mekanik. Bagian mekanik di dalam accelerometer adalah pelat yang dapat bergerak, dan pelat yang statis. Saat accelerometer mengalami perubahan gaya gravitasi, maka kapasitansi antara kedua pelat ini akan berubah yang akan mempengaruhi tegangan keluaran dari accelerometer [6].

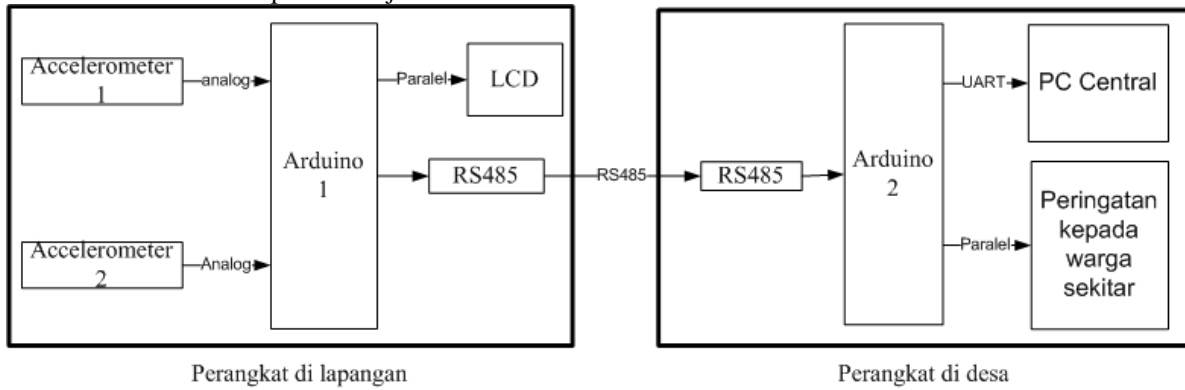


Gambar 1 Bagian mekanik dalam sebuah accelerometer

D. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah computer yang hanya terdiri dari sebuah IC yang bertujuan untuk melakukan satu buah perintah pada sebuah aplikasi. Dalam sebuah mikrokontroler terdapat memori, peripheral masukan/keluaran dan prosesor. Memori digunakan untuk menyimpan variabel-variabel yang digunakan dalam sebuah perintah. Masukan dari sebuah mikrokontroler dapat berupa keypad atau sensor untuk mendapatkan data seperti kelembaban, suhu, ketinggian, dan lainnya. Keluaran dari mikrokontroler dapat berupa LCD, speaker, solenoid, dan

lainnya [6]. Mikrokontroler sendiri biasanya hanya diprogram untuk melakukan satu perintah saja.



Gambar 2 Blok diagram prototipe sistem

III. METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

Perancangan hardware dalam prototype ini adalah perancangan sistem yang terdiri dari 2 buah perangkat yang akan diletakkan di dua lokasi yang berbeda. Salah satu perangkat akan diletakkan di lapangan atau di bukit, dan perangkat yang satu nya akan diletakkan di desa. Diagram blok sistem keseluruhan dari prototype ini ditunjukkan pada Gambar 2.

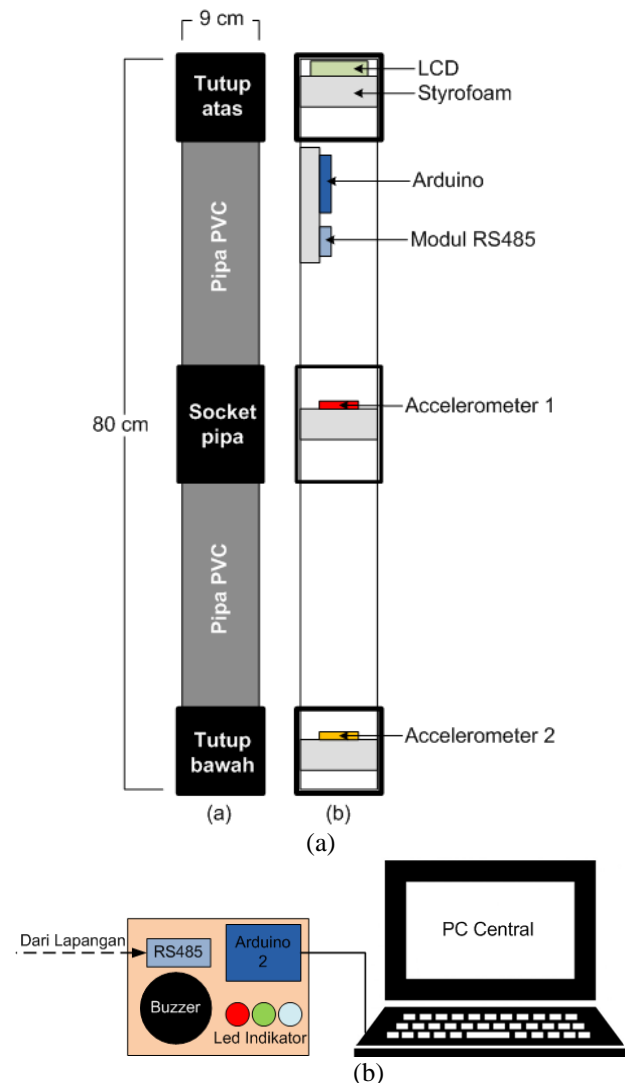
Perancangan prototype secara keseluruhan dimulai dengan pendeteksian kemiringan oleh sensor kemiringan berupa accelerometer ADXL335. Sensor pendeteksi kemiringan ini akan memberikan data keluaran pada Arduino 1 untuk dapat ditampilkan pada LCD dan dikirimkan melalui RS485 menuju perangkat Arduino 2 yang ada di desa. Arduino 2 akan menentukan tingkat peringatan yang diberikan pad warga berdasarkan data yang diterima melalui modul RS485. Arduino 2 akan mengaktifkan buzzer pada saat tingkat peringatan teah mencapai tingkatan tertentu. Arduino 2 juga akan menampilkan data pperubahan kemiringan pada PC central.

Desain fisik dari prototype sistem peringatan dini bencana longsor ditunjukkan pada Gambar 3.

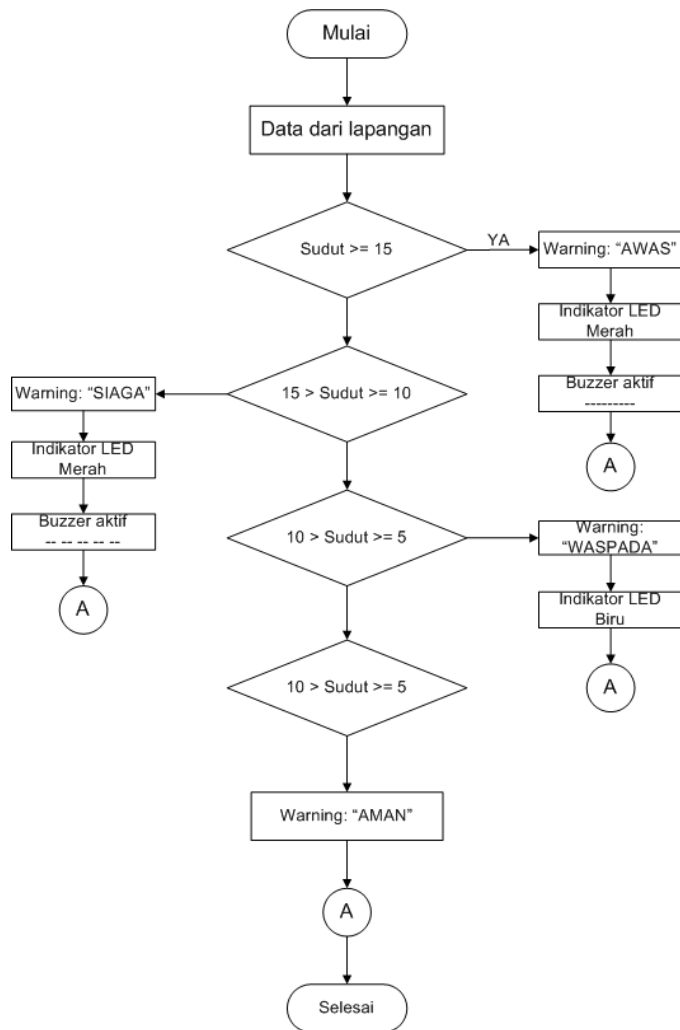
B. Perancangan program

Pada sistem ini, terdapat 2 buah program atau software yang digunakan. Program pertama adalah program yang diupload ke arduino 1, dan program yang lainnya adalah program yang diupload ke arduino 2. Pada arduino 1, akan diupload program konversi besaran tegangan masukan menjadi besaran sudut, program pengambilan keputusan warning, tampilan LCD, dan pengiriman data melalui komunikasi serial RS485. Konversi tegangan masukan dari accelerometer menjadi besaran sudut, dilakukan dengan bantuan persamaan trigonometri untuk gelombang sinus. Tampilan dari LCD akan menunjukkan besar perubahan sudut yang dialami oleh sumbu X dan Y pada kedua accelerometer. Arduino 1 akan menentukan mode kerja dari modul RS485 pada mode transmit, atau mengirimkan data.

Program yang akan diupload ke arduino 2 adalah program untuk penerimaan data dari komunikasi RS485,



Gambar 3 Desain fisik prototype sistem peringatan dini, (a) perangkat di lapangan, (b) perangkat di desa



Gambar 4 Diagram alir pemrograman penentuan tingkat peringatan resiko bencana longsor

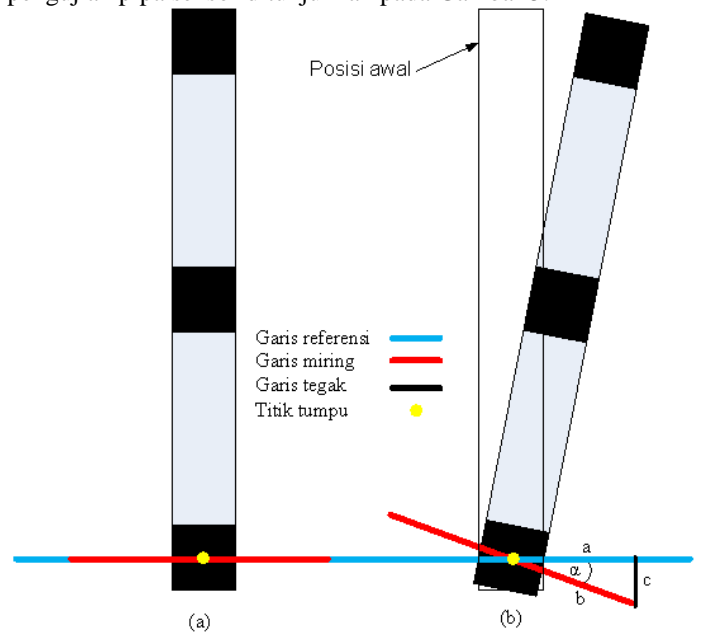
pengaktifan buzzer dan LED sebagai peringatan kepada warga, dan tampilan ke PC central. Diagram alir dari perancangan program untuk menentukan peringatan yang akan diberikan pada warga ditunjukkan pada Gambar 4.

C. Mekanisme Pengujian

Pengujian sistem dilakukan dalam 2 tahap. Tahapan pertama adalah pengujian perangkat yang diletakkan di lapangan, yaitu pengujian pipa sensor. Pengujian tahapan kedua adalah pengujian kinerja sistem keseluruhan, mencakup kinerja pipa sensor dan respon yang diberikan oleh perangkat yang ada di desa. Pengujian sistem ini dilakukan di Laboratorium Elektronika Universitas Syiah Kuala.

Pengujian tahap pertama yaitu pengujian pipa sensor dilakukan dengan menggunakan prinsip trigonometri pada segitiga siku-siku. Nilai sudut yang dihasilkan dari persamaan sinus pada segitiga siku-siku ini akan

dibandingkan dengan hasil bacaan oleh pipa sensor. Metode pengujian pipa sensor ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Metode pengujian pipa sensor, (a) posisi awal, (b) posisi saat mengalami perubahan kemiringan

Pada Gambar 5 (b) menunjukkan keadaan pipa sensor yang telah diubah kemiringannya, sehingga membentuk sebuah segitiga imajiner antara garis referensi, garis miring, dan garis tegak. Titik tumpu adalah tumpuan saat pipa mulai diubah kemiringannya. Titik tumpu ini juga menjadi titik sudut α dan acuan untuk membentuk sisi miring. Garis miring adalah garis yang diletakkan pada pipa, pada keadaan prakteknya garis ini berupa suatu bidang datar yang ditempelkan pada pipa. Garis tegak adalah garis imajiner yang terbentuk antara garis miring dan garis referensi saat terjadi perubahan kemiringan. Garis tegak akan berfungsi menjadi garis depan pada segitiga imajiner. Garis referensi adalah garis mendatar yang berada pada suatu bidang vertical. Garis referensi ini akan berfungsi sebagai garis samping pada segitiga imajiner.

Segitiga imajiner yang terbentuk dimasukkan pada persamaan:

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{c}{b}$$

- dimana: α : sudut yang dihitung
- c: garis tegak
- b: garis miring

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil implementasi sari sistem akan menghasilkan dua buah perangkat yang dihubungkan oleh kabel ITC. Perangkat yang pertama adalah pipa sensor, yang berfungsi untuk mendeteksi perubahan kemiringan yang terjadi, dan mengambil keputusan tingkat peringatan yang akan diberikan kepada warga. Perangkat yang kedua adalah perangkat yang diletakkan di desa, yaitu berupa PC central,

buzzer, dan LED yang berfungsi untuk memberikan peringatan kepada warga berdasarkan tingkat peringatan yang



Gambar 6 Hasil implementasi system

diberikan oleh pipa sensor. Hasil implementasi sistem ditunjukkan pada Gambar 6.

Pengujian tahap pertama, yaitu pengujian pipa sensor, dilakukan untuk mengetahui tingkat kesalahan dari pipa sensor dalam mendeteksi perubahan kemiringan. Pengujian dilakukan dengan cara mengubah kemiringan pipa sensor ke 4 arah yang berbeda. Hal ini dilakukan untuk mengetahui perubahan nilai yang ditunjukkan oleh pipa sensor. Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian yang dilakukan pada pipa sensor. Pengujian dari pipa sensor dilakukan di Laboratorium Elektronika Universitas Syiah Kuala.

Pengujian dilakukan dengan cara mengubah kemiringan ke 4 arah yang berbeda. Pada setiap arah, dilakukan pengujian sebanyak 5 kali dengan kondisi yang sama untuk mencegah error dari keadaan sekitar. Nilai yang ditampilkan pada Tabel 1 adalah nilai rata-rata dari 5 kali percobaan pada setiap arah.

Berdasarkan hasil pengujian pipa sensor yang dilakukan, masih terdapat selisih antara sudut kemiringan yang dihitung

TABEL I
HASIL PENGUJIAN PIPA SENSOR

Sudut hitung (°)	Sudut ukur (°)	Persentase Error (%)
-15	-14.735	1.7666667
-10	-11.1	11
-5	-4.775	4.5
0	0.4275	0.11875
5	5.02	0.4
10	10.2625	2.625

15	14.9025	0.65
20	20.1075	0.5375

dan sudut kemiringan yang diukur oleh pipa sensor. Selisih inilah yang menjadi tingkat kesalahan atau error yang dimiliki oleh pipa sensor. Dari data yang ditampilkan pada Tabel 1, tingkat error terbesar yang dimiliki oleh pipa sensor adalah 11%.

Pada Pengujian tahapan kedua, yaitu pengujian untuk melihat kinerja sistem secara keseluruhan, pengujian dimulai dengan mengkalibrasi sistem secara keseluruhan. Kalibrasi dilakukan untuk mencegah adanya kesalahan pada bacaan sensor dan respon dari perangkat yang ada di lapangan. Ada saat kalibrasi, pipa sensor akan diposisikan pada keadaan normal, yaitu dengan kemiringan 0° pada sumbu X dan Y. Kemudian bacaan LCD akan disesuaikan untuk mencapai nilai 0.

TABEL II
HASIL PENGUJIAN KESELURUHAN

Sudut kemiringan (°)	Tingkat peringatan	Tampilan Peringatan	Led aktif	Keadaan Buzzer
X1 0.27	1	AMAN	--	Mati
X2 0.2				
Y1 0.3				
Y2 -0.1				
X1 0.27	2	WASPADA	Hijau	Mati
X2 1.04				
Y1 6.93				
Y2 5.83				
X1 1.09	3	SIAGA	Orange	Aktif dengan jeda 300ms
X2 1.89				
Y1 14.52				
Y2 13.48				
X1 -0.5	4	AWAS	Merah	Aktif dengan jeda 100ms
X2 -3.1				
Y1 -15.3				
Y2 -15.9				
X1 -9.3	3	SIAGA	Orange	Aktif dengan jeda 300ms
X2 -10.9				
Y1 -1.7				
Y2 -0.99				
X1 15,89	4	AWAS	Merah	Aktif dengan jeda 100ms
X2 15,34				
Y1 -1,76				
Y2 -3,49				
X1 9,18	2	WASPADA	Hijau	Mati
X2 9,31				

Y1	6,5			
Y2	3,82			

Setelah dilakukan kalibrasi, selanjutnya dilanjutkan dengan mengubah kemiringan pipa sensor untuk melihat respon dari sistem. Kemiringan diubah mulai dari kemiringan kecil sampai kemiringan yang besar. Saat kemiringan pipa sensor telah diubah, LCD menampilkan nilai kemiringan yang dialami oleh pipa sensor. Pipa sensor menentukan nilai tingkat peringatan yang dikirimkan ke perangkat yang ada di desa sesuai dengan kemiringan yang dialami oleh pipa sensor.

Setelah menerima nilai tingkat peringatan yang dikirimkan oleh pipa sensor, perangkat di desa akan mengaktifkan LED dan buzzer sesuai dengan nilai tingkat peringatan. PC central menampilkan tingkat peringatan yang dialami oleh sensor, apakah itu tingkat "AMAN", "WASPADA", "SIAGA", atau "AWAS". Hasil pengujian sistem keseluruhan ditunjukkan pada Tabel 2.

X1 dan Y1 adalah pembacaan perubahan kemiringan yang dialami oleh sumbu X dan Y pada accelerometer 1. X2 dan Y2 adalah perubahan kemiringan yang dialami oleh sumbu X dan Y pada accelerometer 2.

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa saat salah satu dari sumbu X atau Y telah melewati batas kemiringan yang telah ditentukan, maka peringatan akan aktif. Saat salah satu sumbu telah melewati 5° , maka peringatan yang aktif adalah peringatan tingkat 2, yaitu "WASPADA" dengan bentuk peringatan berupa nyalanya LED berwarna hijau. Saat salah satu sumbu melewati 10° , maka peringatan yang aktif adalah peringatan tingkat 3, yaitu "SIAGA" dengan bentuk peringatan berupa nyalanya LED orange dan aktifnya buzzer dengan delay 300ms. Saat salah satu sumbu telah melewati 15° , maka peringatan yang aktif adalah peringatan tingkat 4, yaitu "AWAS" dengan bentuk peringatan berupa nyalanya LED merah dan aktifnya buzzer dengan delay 100 ms.

V. KESIMPULAN

Prototipe sistem peringatan bencana longsor dengan indikasi perubahan kemiringan tanah dapat digunakan pada wilayah perbukitan yang rawan akan terjadi longsor. Prototipe ini memiliki 4 tingkat peringatan yang diberikan kepada warga, yaitu tingkat 1, 2, 3, dan 4. Tingkatan ini memiliki bentuk peringatan yang berbeda, berupa tampilan pada PC, LED, dan criteria aktif buzzer yang berbeda. Prototipe ini dapat mendeteksi perubahan kemiringan dengan tingkat presisi 1° . Tingkat kesalahan yang dimiliki oleh sistem peringatan ini adalah 11%. Nilai ini didapatkan setelah pengujian perubahan kemiringan pipa sensor ke 4 arah yang berbeda dan sebanyak 5 kali untuk setiap arah yang diuji.

REFERENSI

- [1] DIBI BNPB. 2016. "Data dan Informasi Bencana Indonesia dari tahun 2006-2016". <http://dibi.bnpb.go.id/>. Diakses pada 24 Mei 2016
- [2] A. García, A. Hördt, dan M. Fabian. "Landslide Monitoring with high resolution tilt measurements at the Hollendorfer Hardt landslide, Germany". *Geomorphology*, vol. 120, pp16-25, 2010.
- [3] Hanto, Dwi. "Perancangan Sensor dan Antarmuka Inklinometer Waktu Nyata" Tesis. Universitas Indonesia, Jakarta, Indonesia, 2012.
- [4] Yin, Y., Wang, H., Gao, Y. "Real Time Monitoring and Early Warning of Landslides at Relocated Wushan Town, the Three Gorges Reservoir, China". *Landslides*, vol.7, pp 339-349, 2010.
- [5] Warman, Hendri. "Kondisi Daerah Sicincin Malalak Yang Rawan Longsor dan Penanggulangannya". <http://www.bunghatta.ac.id/artikel304kondisidaerahsicincinmalalakyangrawanlongsordanpenanggulangannya.html>. Diakses pada 24 Mei 2016
- [6] UNISDR (United Nation International Strategy for Disaster Reduction). (2009). "Terminology on Disaster Risk Reduction". Available: www.unisdr.org. Diakses pada 14 Januari 2017.
- [7] UNISDR. "Membangun Sistem Peringatan Dini: Sebuah Daftar Periksa", in EWC III Konferensi Internasional Ketiga tentang Peringatan Dini, UNISDR, 2006, p. 2.
- [8] Bosch, EN / Bosch Working Principle of an Acceleration sensor. 2014 [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=9eSnxebfuxg>. Diakses pada: 10 Oktober 2016.
- [9] Administrator. "Mikrokontroler", <https://www.techopedia.com/definition/3641/microcontroller>. Diakses pada 14 Desember 2016