

RANCANG BANGUN PROTOTIPE DETEKSI DINI TANAH LONGSOR BERBASIS DOUBLE SENSOR

Pero Nika Fitriani¹⁾, Kusumawati Dwi Lestari²⁾, Handyesa Dika Pratama³⁾, and Madlazim⁴⁾

¹S1 Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya (Pero Nika Fitriani)
email: verosmaza@gmail.com

²S1 Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya (Kusumawati Dwi Lestari)
email: kusumatari66@gmail.com

³S1 Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya (Handyesa Dika Pratama)
email: handyesa@gmail.com

⁴Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya (Madlazim)
email: madlazim@fmipa.unesa.ac.id

ABSTRAK

Tingginya bencana tanah longsor di Indonesia menimbulkan kerugian materi dan korban jiwa dalam jumlah besar. Oleh karena itu, diperlukan instrumen mitigasi dini tanah longsor yang memadai untuk memonitoring kondisi daerah rawan longsor. Metode yang digunakan dalam rancang bangun instrumen mitigasi tanah longsor yaitu dengan mendesain prototipe dan sistem kerjanya. Prototipe ini terdiri atas sensor soil moisture sebagai pengukur kelembaban tanah dan sensor potensiometer sebagai pengukur pergeseran tanah yang dikontrol oleh mikrokontroler Arduino Uno serta modul HC12 sebagai transmisi wireless. Selanjutnya, sistem sensor dan transmitter dipasang pada lereng bidang tanah. Ketika terjadi pergeseran pada bidang gelinciran tanah, sensor secara otomatis mengukur jarak pergeseran yang terjadi sekaligus nilai kelembaban tanahnya. Sinyal ini kemudian diproses oleh mikrokontroler dan ditransmisikan secara wireless. Kemudian sinyal modulasi akan diolah oleh program pada mikrokontroler dan ditampilkan pada papan informasi digital sebagai warning system. Prototipe ini mampu memberikan warning system untuk status aman, siaga, dan bahaya pada kemiringan $\geq 40\%$ dengan ketelitian rata-rata 96,68% dalam menghitung pergeseran tanah.

Kata kunci : tanah longsor, instrumen, pergeseran tanah, kelembaban tanah, warning system

1. PENDAHULUAN

Posisi geologis Indonesia yang berada pada pertemuan lempeng-lempeng menyebabkan wilayah Indonesia rentan terhadap bencana geologi terutama tanah longsor. Menurut data *Vulkanologi Survey of Indonesia* (VSI) setiap tahunnya kerugian yang ditanggung akibat bencana tanah longsor sekitar Rp 800 miliar, sedangkan jiwa yang terancam sekitar 1 juta. Meskipun demikian, belum ada instrumen mitigasi yang memadai.

Tanah longsor merupakan proses berpindahnya tanah atau batuan dari satu tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah akibat dorongan air, angin, atau gaya gravitasi (Risdiyanto, 2016).

Faktor pemicu bencana ini dinyatakan oleh parameter tanah longsor. Menurut Tejo dkk.(2016) tanah longsor dipicu oleh curah hujan, kemiringan lereng, jenis tanah dan beda tinggi yang mana curah hujan dan kemiringan lereng menjadi faktor utama.

Risiko jatuhnya korban jiwa yang lebih besar dapat dihindari melalui upaya mitigasi dengan memanfaatkan kemajuan teknologi. Adanya instrumen yang mampu mengukur parameter utama tanah longsor dapat dijadikan sebagai mitigasi dini karena sebelum terjadi bencana tanah longsor terdapat perubahan besaran fisis tanah yang dinyatakan oleh parameter.

Pengukuran parameter relatif akurat dalam menentukan potensi kelongsoran suatu wilayah. Kelembaban tanah dan

pergerakan tanah dipilih karena memiliki kontribusi yang besar terhadap bencana longsor dimana curah hujan berkontribusi sebesar 25% disamping kemiringan lahan yang berkontribusi sebesar 15%. Menurut Risdiyanto (2016) longsor sering terjadi pada daerah berbukit dan bergunung dengan kemiringan $>30\%$ dan beda ketinggian $>300\text{m}$. Kelerengan lahan dengan kemiringan lahan lebih dari 20° memiliki potensi longsor (Khadiyanto, 2010; Sudibydo dan Ridho, 2015). Selain kemiringan, curah hujan yang terukur melalui kelembaban tanah berkontribusi sekitar 25%.

Berdasarkan aspek tersebut, penulis mengembangkan instrumen mitigasi dini bencana tanah longsor dengan menciptakan “LSM (*Landslide Smart Mitigation*) berbasis *double sensor*” sehingga mampu mengurangi dampak korban jiwa. Instrumen ini berbeda dengan teknologi yang telah dikembangkan oleh penelitian-penelitian sebelumnya. Diantaranya adalah penelitian Benoit *et al.* (2015) yang mengembangkan *Geocube Wireless network* GPS sebagai pengukur kecepatan pergerakan tanah secara grafis dalam upaya monitoring tanah longsor. Zheng *et al.* (2018) telah mengembangkan teknologi monitoring tanah longsor dengan memanfaatkan sensor fiber *optic* sebagai pengukur pergerakan tanah. Teknologi serupa juga telah dikembangkan oleh Kuang (2018) berupa prototipe deteksi tanah longsor melalui sensor *chemiluminescence* dengan transmisi nirkabel. Namun, teknologi tersebut hanya mengukur deformasi yang terjadi sehingga kurang akurat dalam menentukan potensi longsor suatu wilayah.

LSM ini menawarkan suatu sistem deteksi tanah longsor yang terotomatisasi melalui pembacaan sensor *soil moisture*

dan potensiometer *slider* sebagai pengindera parameter tanah longsor yakni kelembaban tanah dan pergeseran tanah dengan mempertimbangkan kemiringan lahan. Prototipe ini dilengkapi dengan modul *wireless* dalam proses transmisi data. LSM ini menampilkan *warning system* yang sederhana berupa indikator aman, siaga, dan bahaya pada papan informasi digital sehingga dapat diakses dengan mudah oleh masyarakat. Selain itu, prototipe ini juga melakukan monitoring secara *real time* pada PC untuk memperoleh data yang lebih detail. Prototipe LSM ini diharapkan mampu menjadi instrumen mitigasi dini bencana tanah longsor yang presisi, akurat, dan dapat mengurangi risiko korban jiwa.

Selanjutnya, dalam artikel ini akan dibahas mengenai bagaimana proses pengembangan dan uji kelayakan prototipe deteksi dini tanah longsor ini.

2. METODE

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode pengembangan dengan model ADDIE untuk menghasilkan instrumen mitigasi dini bencana tanah longsor. ADDIE merupakan desain instruksional sistematis yang mewakili pedoman fleksibel dan dinamis untuk membangun pengajaran dan instrumen. Tahapan dalam metode ini adalah *analyse, design, develop, implement*, dan *evaluate* (Moradmand *et al.*, 2014).

1. Tahap persiapan

Pada tahap ini, peneliti menelaah kembali jurnal dan referensi dari berbagai sumber. Parameter kemiringan bidang tanah, kelembaban dan pergeseran tanah dipilih sebagai parameter utama karena memiliki kontribusi terbesar dalam memicu bencana tanah longsor. Selain itu, pada

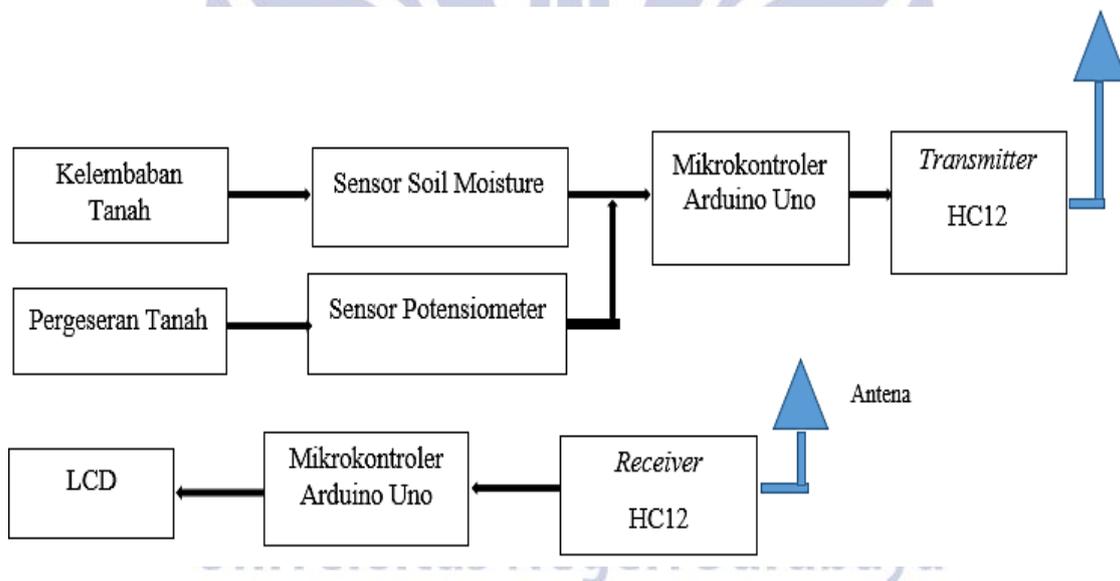
tahap ini peneliti membeli alat dan komponen yang dibutuhkan dalam rancang bangun prototipe. Bahan yang digunakan dalam kegiatan ini adalah Arduino UNO, potensiometer *slider*, sensor *soil moisture*, modul I2C, LCD, kabel jumper, adaptor, IC Regulator, modul *transceiver* HC12, PCB, *Breadboard*. Sedangkan alat yang diperlukan adalah laptop, solder, gunting, penyedot timah, multimeter dan *downloader* mikrokontroler.

2. Tahap pembuatan prototipe

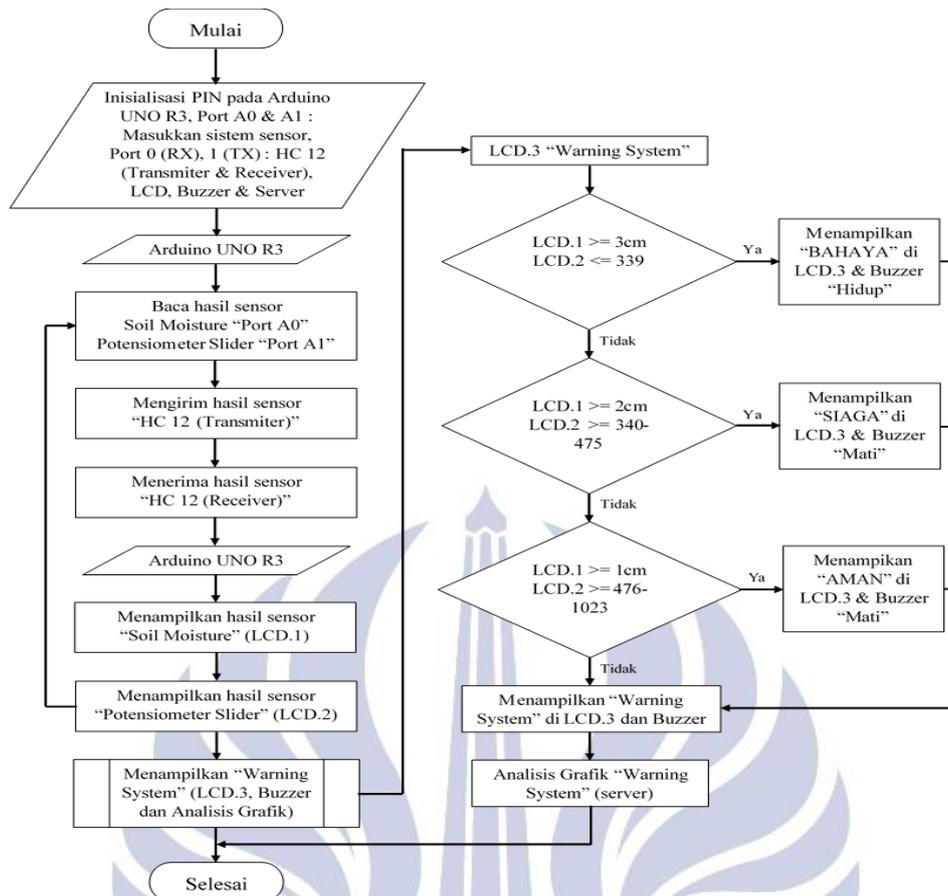
Pembuatan blok diagram sistem deteksi tanah longsor yang dilanjutkan dengan desain sketsa prototipe (papan digital) dan desain skematik *transmitter* serta

receiver. Kemudian pembuatan program untuk sensor *soil moisture*, mikrokontroler, potensiometer *slider*, LCD dan *transceiver*. Pada tahap ini mikrokontroler Arduino UNO R3 diprogram sesuai program sensor dan LCD yang digunakan. Selain itu, pada Arduino UNO diberi *input* program yang mengatur analisis bahaya tanah longsor dengan kriteria sebagai berikut:

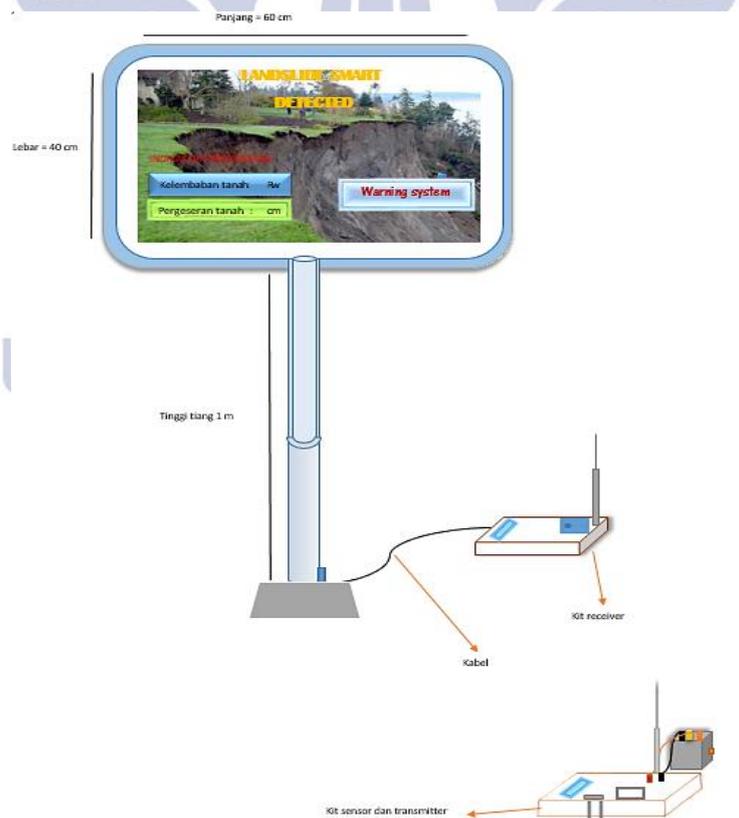
- Kemiringan $\geq 40\%$, jenis tanah litosol
- Aman : Pergerakan tanah : 1cm
Kelembaban tanah : 476-1023
- Siaga : Pergerakan tanah : 2-3cm
Kelembaban tanah : 340-475
- Bahaya: Pergerakan tanah : 3cm
Kelembaban tanah : ≤ 339



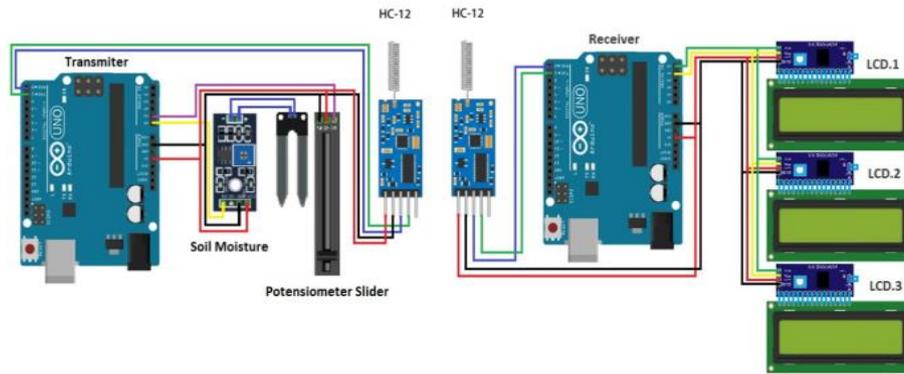
Gambar 1. Diagram blok skema sistem deteksi tanah longsor



Gambar 2. Flowchart alur instrumen



Gambar 3. Desain prototipe



Gambar 4. Rangkaian skematik prototipe

3. Kalibrasi dan Perakitan komponen
Setelah program dibuat dan diinput, setiap sensor akan dikalibrasi terlebih dahulu untuk mengetahui keakuratan dari sensor yang digunakan. Setelah itu, komponen-komponen penyusun prototipe dirakit pada papan informasi sesuai dengan desain.
4. Pembuatan program dan *interface* monitoring pada PC.

Program *interface* monitoring pada PC dibuat melalui *software* delphi 7. Tampilan dari monitoring ini berupa grafik hasil pembacaan kedua sensor yang diinputkan pada PC. Grafik ini akan menampilkan *warning system* beserta perubahan nilai parameter secara grafis.



Gambar 5. Tampilan *interface* monitoring pada PC

5. Pembuatan simulator bidang gelincir tanah
Simulator bidang gelincir tanah terdiri atas sebuah box berisi tanah dimana box dikondisikan dengan kemiringan 40% yang dimanipulasi tingkat kelembaban serta pergeserannya. Sebelumnya, pada box diukur kemiringan menggunakan busur untuk menentukan seberapa besar kemiringannya. Kemudian diberi tanda

garis dan diisi tanah mengikuti kemiringan tanda.

6. Tahap uji coba
Uji coba kinerja prototipe dilakukan pada simulator bidang gelincir tanah yang telah dikondisikan kemiringan, pergerakan dan kelembabanya sesuai dengan indikator pada prototipe. Simulator ini berfungsi sebagai miniatur keadaan tanah di lapangan dimana prototipe akan dipasang. Sehingga

proses pengujian ini mampu memperlihatkan mekanisme prototipe dalam membaca parameter tanah longsor dan untuk mengetahui apakah prototipe tersebut mampu menampilkan indikator dengan tepat atau tidak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari perancangan prototipe LSM (*Landslide Smart Mitigation*) sebagai berikut:

Spesifikasi prototipe:

1. Beberapa sensor yang saling terkoneksi dengan LCD dan mikrokontroler.

2. Mikrokontroler sebagai penghubung antara LCD dan sensor sekaligus sebagai kendali *warning system* dan transfer data *wireless*.
3. Menggunakan transfer data secara *wireless* demi untuk tercapainya monitoring pada jarak yang cukup jauh dari lokasi longsor.
4. *Warning system* prototipe berupa indikator aman, siaga, dan bahaya yang ditampilkan pada LCD dan monitoring melalui PC.



Gambar 6. Prototipe LSM

Untuk mengetahui akurasi sensor pengukuran pergeseran tanah oleh potensiometer yang digunakan, dilakukan pengujian dengan membandingkan data potensiometer dengan hasil pengukuran mistar seperti ditunjukkan oleh tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Hasil Pengukuran Potensiometer dan Mistar

Pengujian	Pergeseran tanah (potensiometer)	Pergeseran tanah (mistar)	Error (%)
1	1,94	2	3,00%
2	2,10	2,30	8,70%
3	4,73	4,80	1,46%
4	5,69	5,50	3,45%
5	5,90	5,90	0%
Rata-rata persentase <i>error</i>			3,32%

Berdasarkan data pada tabel 1 dapat diketahui bahwa potensiometer *slider* cukup akurat dalam membaca pergeseran

tanah dengan kesalahan pembacaan sebesar 3,32% atau ketelitian sebesar 96,68%.

Sedangkan berdasarkan hasil pengujian prototipe pada simulator bidang

tanah diperoleh hasil perekaman data seperti yang ditampilkan pada tabel 2. Pada rentang pergeseran tanah 1cm sampai dengan <2cm dan kelembaban tanah antara 476-1023 prototipe akan menampilkan indikator AMAN pada papan informasi digital. Pada pergeseran tanah 2cm sampai dengan ≤ 3 cm dan kelembaban tanah 340-475 prototipe akan menampilkan indikator SIAGA. Kondisi BAHAYA ketika pergeseran tanah >3cm dan kelembaban tanah ≤ 339 . Nilai pergeseran ini sesuai dengan penelitian Mardhatillah dan Wildian (2017) maupun penelitian Sudiby dan Ridho (2015). Sedangkan untuk nilai kelembaban sensor *soil* sesuai dengan penelitian Husdi (2018) dimana kondisi basah pada rentang (150-339), lembab (340-475) dan kering (476-1023). Dengan

demikian, sistem deteksi ini telah melakukan pengukuran kelembaban tanah dan pergeseran tanah, mengirim hasil pengukuran secara *wireless* ke papan informasi digital dan memberikan *warning system* berupa indikator AMAN, SIAGA dan BAHAYA.

Namun, berdasarkan data tabel 2 *warning system* yang diberikan ketika pergeseran 2,27cm dan kelembaban 787 adalah AMAN meskipun pergeseran yang terjadi lebih dari 2cm. Hal ini karena program pada instrumen deteksi ini hanya akan menampilkan kondisi jika kedua parameter terpenuhi, jika hanya satu parameter yang memenuhi indikator yang ditampilkan adalah indikator kondisi sebelumnya.

Tabel 2. Hasil Pengujian Prototipe

No	Kemiringan	Pergeseran tanah (cm)	Kelembaban Tanah	Status
1	40%	1,57	792	AMAN
2	40%	2,27	787	AMAN
3	40%	2,25	463	SIAGA
4	40%	3,31	365	BAHAYA
5	40%	5,90	275	BAHAYA

Keunggulan yang diperoleh dari LSM ini terletak pada metode yang diterapkan dalam menentukan tingkat bahaya longsor dimana berdasar pada parameter pergeseran tanah dan kelembaban tanah (yang mewakili curah hujan) dengan memperhitungkan kemiringan lahan yang relatif lebih akurat. Berbeda dengan penelitian Kebaili *et al.* (2016) yang mengaplikasikan *Wireless Sensors Networks* (WSN) dan *Web of Thing* dalam memonitoring bencana tanah longsor. Namun, teknologi tersebut belum memasukkan parameter kemiringan lahan dan belum mampu merekam data secara *real time*. Begitu pula dengan hasil

penelitian Gance *et al.* (2016) yang melakukan monitoring tanah longsor dengan mengukur resistivitas sirkulasi air. Keunggulan lain dari instrumen deteksi tanah longsor ini adalah tampilan *warning system* yang sederhana dan praktis sehingga dapat langsung terbaca oleh masyarakat awam pada papan informasi. Monitoring pada PC yang menampilkan grafik perubahan nilai parameter sekaligus indikator dan waktu perekaman memberikan informasi *real time* yang lebih detail. Selain itu, proses transfer data yang dilakukan secara *wireless* dipandang lebih efisien dengan jangkauan yang cukup jauh.

Akan tetapi, *warning system* yang diberikan oleh prototipe ini hanya dapat diakses pada daerah yang terpasang papan informasi digital sehingga dibutuhkan indikator lain yang mampu memberikan peringatan lebih luas. Hal ini berbeda dengan penelitian Sudibyo dan Ridho (2015) dimana sudah dilengkapi dengan modem *wavecom* yang mampu mengirimkan pesan SMS. Sehingga tidak bergantung terpasang atau tidak papan informasi. Namun, alat tersebut kurang akurat karena hanya mengacu pada pergeseran tanah.

4. KESIMPULAN

Pada artikel ini menerapkan sensor *soil moisture* dan potensiometer *slider* dalam monitoring bencana tanah longsor secara *wireless*. Berdasarkan data dan analisis serta pengujian hasil rancang bangun sistem deteksi dini tanah longsor yang telah dibuat dapat bekerja seperti yang telah direncanakan. Pembacaan pergeseran tanah dan kelembaban tanah yang ditampilkan pada LCD mampu mengaktifkan indikator LCD untuk status aman (pergerakan tanah 1cm dan kelembaban tanah 476-1023), siaga (pergerakan tanah 2-3cm dan kelembaban tanah 340-475), dan bahaya (pergerakan tanah 3cm dan kelembaban tanah ≤ 339) dengan ketelitian 96,68% dalam pengukuran pergeseran tanah.

5. SARAN PENELITIAN

Berdasarkan pengkajian hasil penelitian yang telah dilaksanakan penulis memberikan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya:

- *Warning system* yang diberikan agar menggunakan indikator yang dapat memberikan informasi dengan jangkauan yang lebih luas.
- Program pada monitoring PC hendaknya dapat merekam dan menyimpan data

monitoring sekaligus sehingga data dapat terdokumentasi.

6. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada KEMENRISTEKDIKTI yang telah memberikan kesempatan dan dukungan dana dalam pelaksanaan penelitian Program Kreativitas Mahasiswa tahun 2019. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada segenap TIM dosen penalaran UNESA yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Benoit, L., Briole, P., Martin, O., Thom, C., Malet, J.-P., and Ulrich, P. 2015. Monitoring Landslide Displacements With the Geocube Wireless Network of Low-cost GPS. *An International Journal Engineering Geology*.
- Gance, J., Malet, J.-P., Supper, R., Sailhac, P., Ottowitz, D., and Jochum, B. 2016. Permanent electrical resistivity measurements for monitoring water circulation in clayey landslides. *Journal of Applied Geophysics*. 126: 98-115.
- Husdi. 2018. Monitoring Kelembaban Tanah Pertanian Menggunakan *Soil Moisture* Sensor FC-28 dan Arduino UNO. *ILKOM Jurnal Ilmiah*. 10(2): 237-243.
- Kebaili, M.O, Foughali, K., FathAllah, K., Frihida, A., Ezzeddine, T., and Claramunt, C. 2016. Landsliding early warning prototype using MongoDB and Web of Things technologies. *Journal Procedia Computer Science*. 98: 578-583.
- Kuang, K.S.C. 2018. Wireless Chemiluminescence-based Sensor for Soil Deformation Detection. *Journal*

- Sensors and Actuators A: Physical*. A (269): 70-78.
- Mardhatillah, E. dan Wildian. 2017. Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor Berbasis Mikrokontroler ATmega328 Menggunakan Metode Penginderaan Berat. *Jurnal Fisika Unand*. 6 (2): 162-168.
- Moradman, N., Datta, A. and Oakley, G. 2014. The Design and Implementation of an Educational Multimedia Mathematics Software: Using ADDIE to Guide Instructional System Design. *The Journal of Applied Instructional Design*. 4 (1): 37-49.
- Risdiyanto, I. 2016. *Identifikasi Daerah Rawan Longsor: Researchgate*, (<https://www.researchgate.net/publication/305560255>). Diakses tanggal 21 Juli 2018.
- Sudibyo, N.H. dan Ridho, M. 2015. Pendeteksi Tanah Longsor Menggunakan Sensor Cahaya. *Jurnal TIM Darmajaya*. 1(2): 218-227.
- Tejo, R.K, Baskoro, D.P.T, dan Barus, B. 2016. Regresi Logistik Biner dan Rasional Untuk Analisis Bahaya Tanah Longsor di Kabupaten Cianjur. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan IPB*. 18(1): 35-41.
- Yong Zheng, Da Huang, Zheng-wei Zhu and Wan-jie Li. 2018. Experimental Study On a Parallel-Series Connected Fiber-Optic Displacement Sensor for Landslide Monitoring. *Journal Optics and Lasers in Engineering*. 111 : 236-245.

