

PENGEMBANGAN *REALTIME MONITORING* BERBASIS DELPHI 7 SEBAGAI UPAYA MITIGASI DINI BENCANA TANAH LONGSOR

Pero Nika Fitriani¹⁾, Madlazim²⁾

¹⁾ Program Studi Fisika Universitas Negeri Surabaya, email: verosmaza@gmail.com

²⁾ Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: madlazim@fmipa.unesa.ac.id

Abstrak

Monitoring secara *realtime* terhadap parameter tanah longsor merupakan suatu upaya mitigasi dini bencana tanah longsor. Teknologi sensor ketika diintegrasikan dengan teknologi *interface* visual menawarkan cara yang menjanjikan untuk memantau kondisi zona rawan longsor. Artikel ini menjelaskan sistem *realtime monitoring* dan *warning system* tanah longsor yang dilakukan oleh teknologi Delphi sebagai basis pengolahan data. Sistem *monitoring* ini dibangun pada *Personal Computer* (PC) dengan *input* data dari sensor LSM menggunakan metode ADDIE. Sistem *monitoring* ini memberikan *warning system* dan pantauan perubahan parameter tanah longsor secara grafis dengan memperhitungkan faktor keamanan berdasarkan kontribusi kelembapan tanah dan pergeseran tanah pada kemiringan tertentu terhadap kerawanan longsor. *Warning system* ditampilkan secara spesifik ketika nilai-nilai yang dibatasi tercapai. Selain itu, sistem *monitoring* juga memberikan informasi mengenai waktu *monitoring* secara *realtime* dan nilai besaran parameter. Uji kelayakan sistem *monitoring* menunjukkan bahwa sistem *realtime monitoring* akurat dengan akurasi 100%. Sehingga, diharapkan melalui teknologi *realtime monitoring* ini dapat memberikan peringatan dini tanah longsor yang cepat dan akurat sehingga mengurangi jatuhnya korban jiwa.

Kata kunci: tanah longsor, *realtime*, *monitoring*, *warning system*

Abstract

Realtime monitoring of landslide parameters is an early effort to mitigate landslides. Sensor technology when integrated with visual interface technology offers a promising way to monitor landslide prone zones. The paper describes a landsliding monitoring and warning system that is carried out by Delphi technology as a data processing base. This monitoring system was built on a Personal Computer (PC) with LSM sensor data input using the ADDIE method. This monitoring system provides an early warning system and monitors changes in landslide parameters graphically by taking into account the safety factor based on the contribution of soil humidity and land shifts at a certain slope to landslide vulnerability. An early warning system that are specifically displayed when restricted values are reached. In addition, the monitoring system also provides information on realtime monitoring time and parameter value. Monitoring system feasibility test shows that the realtime monitoring system is accurate with 100% accuracy. Through this realtime monitoring technology it is expected to provide a quick and accurate early warning of landslides so as to reduce the victims.

Keywords: landslide, realtime, monitoring, warning system

PENDAHULUAN

Bencana tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia. Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) selama tahun 2019 di Indonesia telah terjadi 461 bencana tanah longsor (BNPB, 2019). Seiring dengan tingginya frekuensi bencana tanah longsor, menjadikan tanah longsor sebagai bencana dengan korban jiwa terbanyak hingga tahun 2016 (BNPB, 2016; Mardhatillah dan Wildian, 2017).

Tanah longsor adalah gerakan dari sebuah massa batu, serpihan atau tanah lereng karena gaya gravitasi yang dipicu oleh intensitas curah hujan, gempa bumi, perubahan kandungan air tanah, badai dan ombak yang

menyebabkan aliran erosi dan mengurangi ikatan material tanah (Dias and Gunathilake, 2012). Sedangkan menurut Moulat *et al.* (2018) tanah longsor didefinisikan sebagai fenomena geologis untuk menggambarkan berbagai proses yang menghasilkan gerakan dari sebuah massa tanah, batu dan vegetasi lain yang tampak kebawah karena dipengaruhi gaya gravitasi. Faktor pemicu tanah longsor dinyatakan sebagai parameter tanah longsor yakni pergeseran permukaan tanah, sudut kemiringan lereng, intensitas curah hujan dan tekanan aliran air melalui pori-pori tanah (Mardhatillah dan Wildian, 2017). Sementara itu, potensi terjadinya longsor di daerah rawan longsor meningkat dengan meningkatnya intensitas hujan dan pergerakan tanah (Priyanto dkk., 2015). Sehingga, diperlukan mitigasi bencana tanah longsor

untuk meminimalkan jumlah korban jiwa yang ditimbulkan. Mitigasi adalah segala upaya pencegahan termasuk identifikasi area yang rentan, penegakan aturan hukum, konstruksi dan prosedur evakuasi (Beer, 2010).

Biasanya mitigasi bencana tanah longsor berfokus pada pencegahan dengan menghindari kemiringan, memetakan zona rawan longsor atau membangun penahan untuk melindungi daerah rawan longsor (Fathani *et al.*, 2014). Namun, karena berbagai alasan ekonomi dan sosial, zona rawan longsor tetap menjadi tempat tinggal masyarakat. Dengan demikian, pengembangan *monitoring* dan sistem peringatan dini tanah longsor menjadi sangat penting untuk melindungi orang yang tinggal di daerah rawan longsor. Peringatan dini adalah serangkaian kegiatan pemberian peringatan sesegera mungkin kepada masyarakat tentang kemungkinan terjadinya bencana pada suatu tempat oleh lembaga yang berwenang (UU No. 24 Tahun 2007; Ranto dkk., 2008).

Penelitian terdahulu terkait *monitoring* tanah longsor telah dilakukan dengan memanfaatkan *Wireless Sensor Network* (WSN) sebagai pengindera dan teknologi MongoDB serta WoT dalam pengolahan data (Kebaili *et al.*, 2016). Namun, teknologi *monitoring* tersebut hanya menampilkan *warning system* pada saat status bahaya saja. Teknologi serupa juga telah dikembangkan oleh Khoa and Takayama (2018) dengan memanfaatkan WSN dan teknologi sistem telemetri yang terdiri atas LSNNS, CS dan HS. Namun, teknologi ini kurang efektif dalam memberikan *warning system* karena terlalu banyak *node* yang dipantau tetapi tidak menampilkan indikator bahaya zona rawan longsor. Wang *et al.* (2018) dengan memanfaatkan citra satelit Geofen-1 (GF-1) juga mengembangkan teknologi untuk *memonitoring* sudut elevasi sebelum dan sesudah longsor. Namun, teknologi *monitoring* ini kurang akurat karena belum memasukan parameter kelembapan dan pergeseran permukaan tanah.

Berdasarkan aspek tersebut, penulis mengembangkan sistem *monitoring* dan *warning system* tanah longsor yang memonitor parameter tanah longsor secara *realtime* melalui teknologi LSM dan Delphi sebagai basis pengolahan data. LSM merupakan suatu detektor tanah longsor yang memberikan *warning system* berdasarkan parameter kelembapan tanah dan pergeseran tanah pada kemiringan tertentu. Sensor LSM terdiri atas sensor potensiometer dan sensor *soil moisture* (Fitriani dkk., 2019). Sedangkan, Delphi merupakan sebuah aplikasi pengembangan visual produksi Borland berbasis notasi sintaksis *Object Pascal* yang terintegrasi IDE (M.Ber, 2014). Sistem *monitoring* ini akan memantau perubahan nilai parameter tanah longsor yakni kelembapan tanah dan pergeseran permukaan tanah pada zona rawan longsor dalam bentuk grafis sekaligus

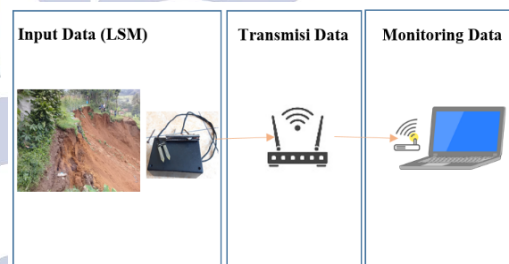
memberikan *warning system* aman, siaga dan bahaya ketika nilai parameter telah mencapai batas kritis.

Selanjutnya dalam artikel ini akan dibahas mengenai desain sistem *monitoring* yang diterapkan dan kelayakan sistem *realtime monitoring*.

METODE

Metode yang digunakan dalam rancang bangun *realtime monitoring* tanah longsor adalah metode pengembangan dengan model ADDIE. ADDIE adalah kerangka kerja dengan pedoman fleksibel yang membantu desainer instruksional dalam membangun alat pendukung yang efektif dimana terdiri atas 5 tahapan yakni, analisis, desain, *development/* pengembangan, implementasi dan evaluasi (Nadiyah and Faaizah, 2015).

Tahap pertama adalah **tahap analisis**, tahap ini meliputi investigasi permasalahan terkait, konten dan studi literatur. Dalam penelitian ini, peneliti mengkaji ulang literatur dan referensi dari berbagai sumber terkait parameter tanah longsor dan teknologi yang akan digunakan. Selanjutnya adalah **tahap desain**, pada tahap ini peneliti merancang dan menentukan komponen penyusun sistem *monitoring* serta membuat sketsa arsitektur sistem *monitoring* yang akan dibuat serta rancangan bagaimana alur pengolahan data oleh program (gambar 2). Arsitektur dasar *monitoring realtime* tanah longsor ditunjukkan oleh gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur *realtime monitoring*

Input Data

Input data/ akuisisi data di lapangan disusun oleh sensor LSM dan perangkat transmisi data *wireless* yang meneruskan data ke *router*.

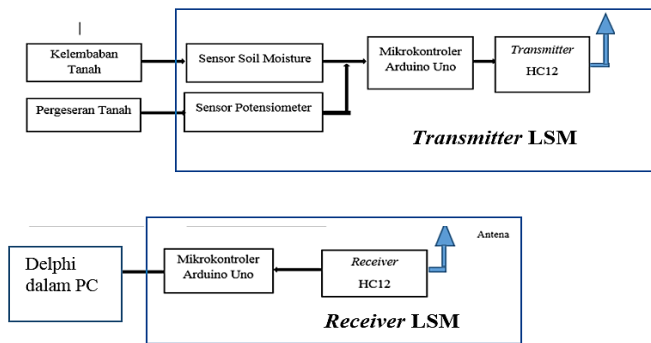
Transmisi Data

Hal ini berkaitan dengan pengiriman paket-paket data dari *node* sensor yang telah diambil. *Router* bertanggung jawab untuk menangkap, menyimpan dan mentransmisikan data yang diperoleh ke penyimpanan data/penampil data.

Penyajian/Monitoring Data

Arsitektur ini disusun oleh *personal computer* (PC). Data yang diterima dari perangkat *wireless* kemudian disimpan dan dianalisis oleh program Delphi yang diterapkan untuk mendeteksi parameter. *Interface monitoring* ini akan menampilkan *warning system* terkait

kondisi zona rawan longsor sesuai dengan hasil analisis *listing* program Delphi.



Gambar 2. Desain skema sistem *realtime monitoring*

Setelah desain sistem *monitoring* dibuat, maka dilanjutkan **tahap development** yakni membuat draft/*listing* program menggunakan aplikasi Delphi 7 dengan *input* data bersumber dari LSM. Pada tahap ini peneliti mengode/memprogram Delphi 7 untuk mengumpulkan data dari sensor LSM. Selanjutnya, merancang *interface* yang menampilkan data histogram, waktu perekaman dan memonitor nilai parameter dengan *listing* program yang merupakan acuan peringatan dini tanah longsor. Peringatan dini akan ditampilkan dalam bentuk indikator **aman**, **siaga** dan **bahaya** dengan *script* sebagai berikut:

- Sensor pergeseran/potensiometer LSM memicu peringatan **aman** ketika pergeseran $< 2\text{cm}$, **siaga** jika pergeseran 2-3cm dan **bahaya** jika pergeseran telah melebihi 3cm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan desain sistem *realtime monitoring* dan data tiga kondisi *warning system*. Pada *interface realtime monitoring* yang dirancang, terdapat *toolbar port* sebagai *input* data, *close* untuk menutup *interface*, *disconnect* untuk memutus koneksi *interface* dengan sensor, *clear* untuk menghapus data yang terekam, nilai parameter, waktu *realtime*, *warning system* dan grafik hubungan waktu dengan parameter.

- Sensor kelembapan tanah memicu peringatan **aman** jika nilai yang ditunjukkan oleh sensor 476-1023, **siaga** ketika 340-475 dan **bahaya** jika mencapai < 339 .

Pada tahap **development** juga dilakukan pra-validasi dan evaluasi oleh pakar/ahli instrumen mitigasi untuk menilai kelayakan serta memperoleh saran dan masukan terkait pengembangan *realtime monitoring* yang dibuat. Sistem *realtime monitoring* yang dirancang telah dievaluasi kelayakannya oleh pakar instrumen dalam pelaksanaan PIMNAS 2019. Berdasarkan hasil penilaian dan saran dari ahli/pakar, produk berupa sistem *realtime monitoring* dinyatakan layak sebagai instrumen mitigasi dini bencana tanah longsor.

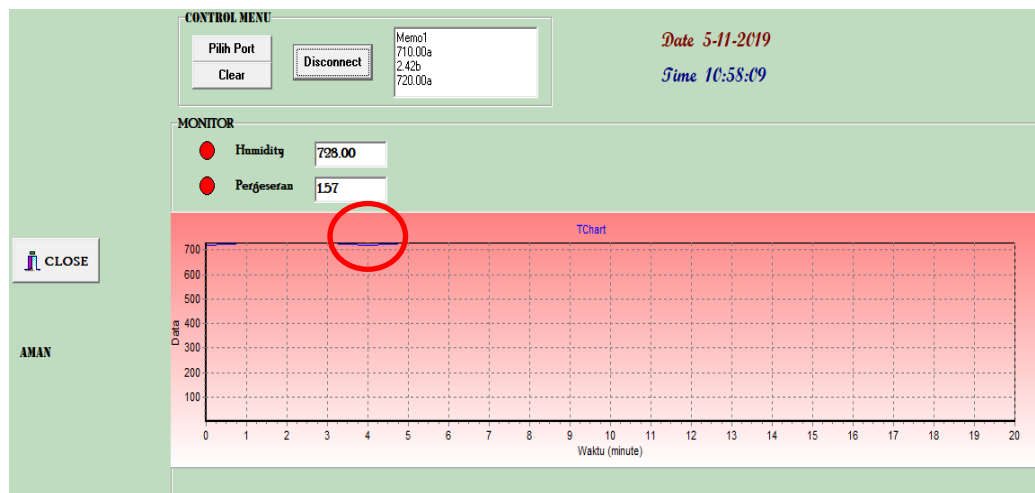
Setelah pemrograman semua komponen dan *interface monitoring* dibuat melalui tahap *development* maka sistem *monitoring* diimplementasikan dalam skala laboratorium yakni digunakan untuk *memonitoring* parameter tanah pada bidang simulator tanah. Tahap ini bertujuan untuk memperlihatkan mekanisme *realtime monitoring* dalam membaca dan memonitor perubahan parameter sekaligus menguji apakah program *interface* yang dibuat mampu memonitor dan memberikan peringatan dini dengan tepat atau tidak.

Langkah terakhir adalah **menevaluasi** hasil *monitoring* yang dilakukan oleh sistem *realtime monitoring* untuk mengetahui apakah ada kesalahan dan keterlambatan dalam *monitoring* data. Tahap ini dilakukan dengan menganalisis hasil *realtime monitoring* melalui uji komparasi.

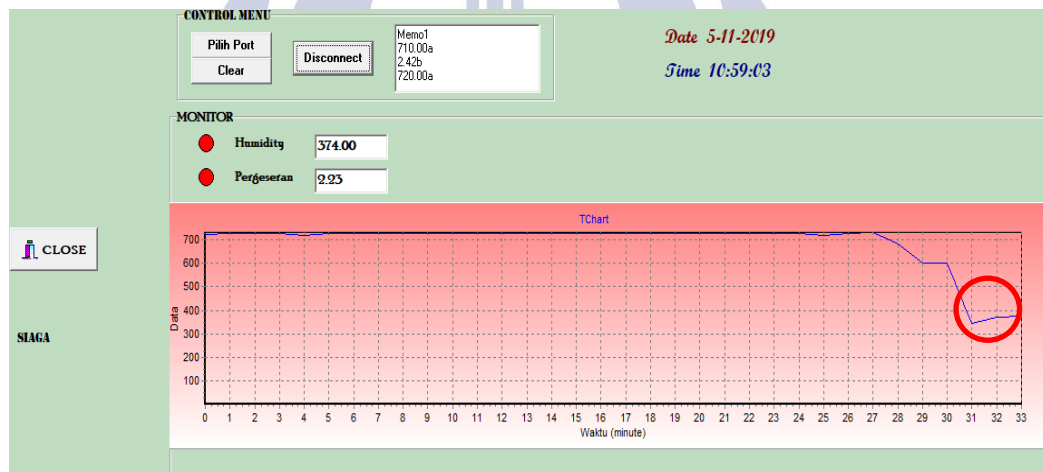
Sedangkan data tiga kondisi *warning system* diperoleh melalui tahapan uji coba sistem dan disajikan dalam bentuk tabel perbandingan seperti yang ditunjukkan oleh tabel 1 dan gambar tampilan pemantauan oleh *realtime monitoring*.

Tabel 1. Data Perbandingan *Monitoring* LCD pada LSM dan *Interface Realtime Monitoring*

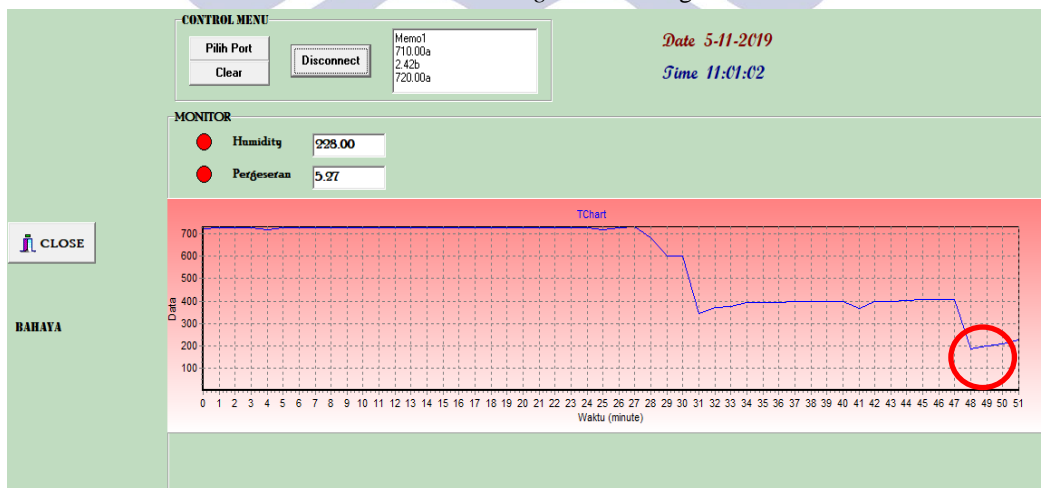
Pengujian ke-	LCD pada LSM			Interface Realtime Monitoring		
	Pergeseran Tanah (cm)	Kelembapan Tanah	Indikator	Pergeseran Tanah (cm)	Kelembapan Tanah	Indikator
1	1,57	728	Aman	1,57	728	Aman
2	2,23	374	Siaga	2,23	374	Siaga
3	5,27	225	Bahaya	5,27	225	Bahaya



Gambar 3. Monitoring Kondisi Aman



Gambar 4. Monitoring Kondisi Siaga



Gambar 5. Monitoring Kondisi Bahaya

Berdasarkan uji komparasi yang dilakukan pada tabel 1, menunjukan bahwa *interface realtime monitoring* menampilkan data pengukuran parameter dan *warning system* yang sama dengan data yang ditampilkan oleh LCD pada LSM untuk semua kondisi, baik saat kondisi aman, siaga maupun bahaya. Data yang sama pada LCD

LSM dan *interface sistem realtime monitoring* menunjukan bahwa *interface realtime monitoring* yang dibuat telah mampu menampilkan *monitoring* secara akurat sesuai dengan *input* data dengan akurasi 100%.

Gambar 3 menunjukan tampilan *monitoring* tanah longsor pada saat kondisi **aman**. Berdasarkan grafik pada

gambar 3, grafik berbentuk garis lurus pada nilai kelembapan tanah 728 dengan pergeseran tanah sebesar 1,57cm. Hal ini menunjukkan bahwa tanah dalam keadaan kering dan selama *monitoring* tidak ada perubahan parameter pergeseran tanah maupun kelembapan tanah. Sehingga *realtime monitoring* menampilkan *warning system* berupa indikator **aman**. *Warning system* ini sesuai dengan penelitian Fitriani dkk. (2019) karena nilai tersebut berada pada *range* indikator **aman** dimana pergeseran <2cm dan kelembapan >476.

Berdasarkan grafik pada gambar 4, saat detik ke-27 terjadi perubahan pergeseran tanah sebesar 2,23cm dan grafik kelembapan tanah mengalami penurunan hingga mencapai konstan saat detik ke-31 pada nilai 374. Hal ini menunjukkan bahwa tanah semakin basah dan pergeseran tanah semakin besar. Kondisi tanah basah memiliki gaya hambat yang lebih kecil dibandingkan dengan tanah kering, sehingga risiko terjadinya longsor lebih besar saat tanah basah (Somantri, 2008). Kondisi ini terjadi karena hujan kritis menyebabkan retakan tanah sehingga terjadi pergeseran permukaan tanah yang semakin besar. Melalui grafik juga dapat diketahui bahwa kelembapan tanah mencapai konstan pada nilai 374, hal ini menunjukkan bahwa nilai kelembapan tanah stabil yang terukur adalah 374. Sedangkan indikator yang ditampilkan adalah indikator **siaga** yang mana sesuai dengan penelitian Fitriani dkk. (2019) bahwa kondisi **siaga** tanah longsor ketika *range* pergeseran tanah 2-3cm dengan kelembapan 340-475. *Warning system* ini juga sesuai dengan penelitian Mardhatillah dan Wildian (2017) yang mana kondisi siaga terjadi jika pergeseran tanah kurang dari 3 cm. Indikator **siaga** dibuat untuk mengkondisikan masyarakat agar **siaga** (siap evakuasi) (Ranto dkk., 2008).

Sedangkan berdasarkan grafik pada gambar 5, pergeseran tanah berubah sebesar 5,27cm dan grafik kelembapan yang semula konstan mengalami penurunan secara kontinyu pada detik ke-47 hingga mencapai nilai stabil saat detik ke-48 pada nilai 225. Nilai parameter tanah ini berada pada *range* **bahaya** yakni pergeseran tanah >3cm dan kelembapan <339 (Fitriani dkk., 2019). Dengan demikian *warning system* yang ditampilkan adalah indikator **bahaya**. Hal ini sesuai dengan penelitian Mardhatillah dan Wildian (2017) bahwa status bahaya tanah longsor terjadi ketika pergeseran tanah ≥ 4 cm. *Warning system* **bahaya** menunjukkan bahwa air hujan telah meresap kedalam tanah sehingga tanah semakin jenuh dan mengakibatkan retakan tanah melebar hingga mencapai batas kritis yang telah ditetapkan pada alat LSM yaitu 3cm (Fitriani dkk., 2019). Saat indikator **bahaya** maka pihak pusat pemantauan harus menginformasikan agar warga yang sudah siaga untuk segera meninggalkan lokasi tinggal mereka (Ranto dkk.,

2008). Melalui sistem *monitoring* dan peringatan dini ini diharapkan zona rawan longsor telah bebas dari hunian saat longsor terjadi

PENUTUP

Simpulan

Dalam artikel ini, penulis menyajikan konsep untuk *monitoring* secara *realtime* dan *warning system* tanah longsor melalui *interface* Delphi 7 dan uji kelayakan sistem. Sistem *monitoring* yang dibuat telah sesuai dengan yang direncanakan. Sistem *monitoring* ini menampilkan parameter tanah melalui grafik serta nilai parameter secara tepat, waktu perekaman *realtime* dan *warning system* **aman**, **siaga** dan **bahaya** dengan akurat. Berdasarkan uji komparasi, sistem *realtime monitoring* yang dirancang layak sebagai instrumen mitigasi dini tanah longsor karena telah mampu menampilkan *monitoring* secara *realtime* dan akurat dengan akurasi 100%.

Saran

Dalam rangka pengembangan teknologi mitigasi dini tanah longsor yang lebih akurat diperlukan pengkajian yang lebih lanjut terkait dengan parameter tanah longsor karena pada aplikasinya di lapangan, pemicu tanah longsor sangatlah kompleks. Selain itu, diperlukan sensor yang lebih akurat agar *warning system* yang diberikan lebih tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Beer, T. 2010. *Geophysical Hazards "Minimizing risk, Maximizing Awareness"*. Australia: Springer Science+Business Media.
- BNPB. 2019. *Data Bencana Indonesia*. <http://dibi.bnpb.go.id>. Diakses tanggal 18 Oktober 2019.
- Dias, A.A.V. and Gunathilake, A.A.J.K. 2012. A Comparative Analysis of Landslide Susceptibility by WAA and SINMAP Model. *Proceedings of IPL Symposium UNESCO*, Paris: 21 November 2012. Hal: 69-80.
- Fathani, T.F., Karnawati, D. and Wilopo, W. 2014. An Adaptive and Sustained Landslide *Monitoring* and Early Warning System. K.Sassa et al. (eds), *Landslide Science for a Safer Goenvironment*. Springer. Vol. 2: 563-567.
- Fitriani, P.N., Lestari, K.D., Pratama, H.D. dan Madlazim. 2019. Rancang Bangun Prototipe Deteksi Dini Tanah Longsor Berbasis *Double Sensor*. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*. Vol. 8 (2): 50-58.
- 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. *Procedia Computer Science*. Elsevier. Vol. 98: 578-583.

- Khoa, V.V. and Takayama, S. 2018. Wireless Sensor Network in Landslide *Monitoring* System With Remote Data Management. *MEASUREMENT*. Vol. 118: 214-229.
- Mardhatillah, E. dan Wildian. 2017. Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor Berbasis Mikrokontroler ATmega328 Menggunakan Metode Penginderaan Berat. *Jurnal Fisika Unand*. Vol. 6 (2): 162-168.
- M.Ber, Y. 2014. *Modul Pemrograman Delphi 7*. E-book. Bekasi: Sekolah Tinggi Informatika dan Komputer Bani Saleh.
- Moulat, M.E., Debauche, O., Mahmoudi, S., Brahim, L.A., Manneback., P. and Lebeau, F. 2018. *Monitoring* System Using Internet of Things for Potential Landslides. *Procedia Computer Science*. Vol. 134: 26-34.
- Nadiyah, R.S. and Faaizah, S. 2015. The Development of Online Project Based Colaborative Learning using ADDIE Model. *Journal Procedia Social and Behavioral Sciences*. Vol. 195: 1803-1812.
- Priyanto, J., Subagiyo, H. dan Madona, P. 2015. Rancang Bangun Peringatan Bahaya Longsor dan *Monitoring* Pergeseran Tanah Menggunakan Komunikasi Berbasis GSM. *Jurnal Elementer*. Vol. 1(2): 49-61.
- Ranto, P.R., Fathani, T.F. dan Karnawati, D. 2008. Mitigasi Bencana Berbasis Masyarakat Pada Daerah Rawan Longsor di Desa Kalitlaga Kecamatan Pagetan Kabupaten Banjarnegara Jawa Tengah. *Forum Teknik Sipil* No.18, Yogyakarta: 3 September 2008. Hal: 899-908.
- Somantri, L. 2008. Kajian Mitigasi Bencana Longsor Lahan dengan Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh. *Seminar Ikatan Geografi Indonesia*, Padang: 22-23 November 2008.
- Wang, S., Yang, B., Zhou, Y., Wang, F., Zhang, R. and Zhao, Q. 2018. Three-dimensional Information extraction from Gaofen-1 Satellite Images for Landslide *Monitoring*. *Journal Geomorphology*. Elsevier. Vol. 309: 77-85.