SISTEM PERINGATAN DINI BENCANA TANAH LONGSOR BERBASIS WIRELESS SENSOR NETWORK DI KECAMATAN SENTANI JAYAPURA

Sermi Weya¹, Zulfajri B Hasanuddin², Abdul Latief Arda³
Sistem Komputer STMIK Handayani Makassar^{1,2}, Fakultas Teknik UNHAS Makassar³
Email : sermiweya@gmail.com¹, zulfajri_basri_hasanuddin@yahoo.co.id²,
latiefarda@gmail.com³

ABSTRAK

Sistem Peringatan Dini Bencana Tanah Longsor Berbasis *Wireless Sensor Network* (WSN) pada Provinsi Papua, Kota Jayapura, Kecamatan Sentani. Sistem Komputer Stmik Handayani Makassar, Bencana longsor merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di berbagai daerah di Indonesia, terutama di daerah perbukitan, pegunungan di wilayah papua. Tanah longsor terjadi karena pergeseran material pembentuk lereng berupa tanah, bebatuan atau material campuran lainnya, pergeseran material ini dapat disebabkan karena curah hujan yang tinggi sehingga tanah menjadi lembab dan mudah untuk bergeser. Tujuan penelitian ini adalah untuk Membangun Sistem Peringatan Dini Bencana Tanah Longsor Berbasis *Wireless Sensor Network* (WSN) pada Provinsi Papua, Kota Jayapura, Kecamatan Sentani, yang terstruktur dan terarah sehingga dapat mempermudah masyarakat mendapat informasi peringatan dini bencana rawan tanah longsor. Adapun metode dan pendekatan yang digunakan dalam penelitian adalah metode pengumpulan data meliputi studi kepustakaan, wawancara serta pendekatan terstruktur yang menggunakan beberapa alat bantu dan teknik pengerjaan. Manfaat dari hasil penelitian ini diterapkannya aplikasi system peringatan dini bencana tanah longsor berbasis *Wireless Sensor Network* (WSN) pada Provinsi Papua, Kota Jayapura.

Kata Kunci: *Wireless, Sensor, Bencana, Peringatan Dini, Longsor*

ABSTRACT

The Wireless Sensor Network (WSN) Landslide Early Warning System for Landslides in Papua Province, Jayapura City, Sentani District. Makassar Stmik Handayani Computer System, Landslides are one of the disasters that often occur in various regions in Indonesia, especially in hilly areas, mountains in Papua. Landslides occur due to shifting slope-forming material in the form of soil, rocks or other mixed materials, this material shift can be caused by high rainfall so that the soil becomes moist and easy to shift. The purpose of this study is to build an Early Sensor Network (WSN) based on the Papua Province, Jayapura City, Sentani District, a structured and directed Early Landslide Disaster Warning System so that it can facilitate the public in obtaining information on early warning of landslide prone disasters. The methods and approaches used in research are data collection methods including library studies, interviews and structured approaches that use several tools and workmanship techniques. The benefits of this research are the application of an early warning system for landslides based on wireless sensor network (WSN) in Papua Province, Jayapura City.

Keywords: *Wireless, Sensors, Disasters, Early Warning, Avalanches.*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara yang paling rawan terhadap bencana alam di dunia. Hal ini didasarkan pada data statistik yang dikeluarkan *United Nations International Strategy for Disaster Reduction*(UNISDR) (BBC, 2011). UNISDR menyebutkan bahwa untuk bencana tanah longsor. Mengingat adanya Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang penanggulangan bencana alam seperti tanah longsor berdampak negative terhadap kondisi sosial dan perekonomian masyarakat, Indonesia menduduki peringkat pertama dari 165 negara, dengan jumlah korban manusia sebesar 197.327 orang (Endaryono, 2015). Pusat data informasi dan Humas Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mendukung data yang dikeluarkan UNISDR bahwa bencana alam dengan korban jiwa terbanyak di Indonesia terjadi akibat tanah longsor hingga November 2016 (BNPB, 2016). Faktor pemicu terjadinya tanah longsor antara lain pergeseran permukaan tanah, sudut kemiringan lereng, intensitas curah hujan, dan tekanan aliran air melalui pori-pori tanah. Bencana tanah longsor perlu mendapatkan perhatian serius dari berbagai pihak, termasuk para peneliti di perguruan tinggi.

Mengingat susahnya medan daerah rawan bencana longsor tersbut, maka perlu dirancang suatu system integrasi yang tidak hanya mendeteksi potensi longsor, tetapi juga memberikan informasi kepada masyarakat sekitar dan pemerintah setempat sehingga upaya prefentif (pencegahan) sedini mungkin bisa ditempuh, yang pada akhirnya dapat menekan kerugian baik itu dari segi

materil maupun korban jiwa akibat dampak tanah longsor

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bencana Tanah Longsor

Menurut Undang - Undang No. 24 Tahun 2007,. Bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan oleh factor alam dan atau faktor non alam meupun factor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda dan dampak psikologis. Bencana Alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam, antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor. Bencana non alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa non alam yang antara lain berupa kegagalan teknologi, gagal modernisasi, epidemic dan wabah penyakit. Bencana sosial adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang diakibatkan manusia yang meliputi konflik social antar kelompok dan antar komunitas masyarakat. Potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu kawasan dan kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat. Bencana alam ekstra-terrestrial, yaitu bencana alam yang disebabkan oleh gaya atau energy dari luar bumi, bencana alam

geologis dan klimatologis lebih sering berdampak terhadap manusia.

2.2. Sistem Peringatan Dini

Sistem Peringatan Dini (*Early Warning System*) adalah serangkaian sistem yang berfungsi untuk memberitahukan akan terjadinya kejadian alam, Sistem peringatan dini ini akan memberitahukan terkait bencana yang akan terjadi atau kejadian alam lainnya. Peringatan dini pada masyarakat atas bencana merupakan tindakan memberikan informasi dengan bahasa yang mudah dicerna oleh masyarakat.

Dalam keadaan kritis, secara umum peringatan dini yang merupakan penyampaian informasi tersebut diwujudkan dalam bentuk sirine, kentongan dan lain sebagainya. Sebelum menerapkan sistem peringatan dini dari suatu kawasan rawan bahaya, salah satu tahapan adalah melakukan tindakan pemantauan kawasan terdampak dalam rangka menentukan langkah - langkah pencegahan atau meminimalisir korban. Dengan penerapan sistem peringatan dini diharapkan agar sebelum bencana terjadi, nyawa manusia dapat dievakuasi pada lokasi yang aman.

Pada dasarnya prinsip dari system peringatan dini dapat dipahami dari Gambar 1.

Gambar 1. Flowchar Sistem Peringatan Dini

2.3. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah komputer mikro dalam satu chip tunggal. Mikrokontroler memadukan *CPU, ROM, RWM, I/O paralel, I/O seri, counter-timer*, dan rangkaian *clock* dalam satu chip seperti terlihat pada berikut. Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus.

Cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data (*Immerse 2014*)

Gambar 2. Blok Diagram Mikrokontroler

Gambar 2. Blok Diagram Mikrokontroler (*Immerse, 2014*) Sistem yang menggunakan mikrokontroler sering disebut sebagai *embedded System* atau *dedicated system*. *Embeded system* adalah sistem pengendali yang tertanam pada suatu produk, sedangkan *dedicated system* adalah system pengendali yang dimaksudkan hanya untuk suatu fungsi tertentu.

2.4. Wireless Sensor Network

Wireless Sensor Network atau Jaringan Sensor Nirkabel adalah kumpulan node yang diatur dalam sebuah jaringan kerjasama. Setiap node memiliki kemampuan pemrosesan (satu atau lebih mikrokontroler, CPU, atau chip DSP), berisi beberapa jenis memori (memori untuk program, data, flash), memiliki transceiver frekuensi radio, memiliki sumber daya (baterai dan sel

surya), serta mengakomodasi berbagai sensor dan aktuator.

Node berkomunikasi secara nirkabel dan bisa mengorganisir system dengan 1000 atau bahkan 10.000 node yang telah diantisipasi. Sistem tersebut dapat merevolusi cara kita hidup dan bekerja. Peningkatan jumlah aplikasi Wireless Sensor Network membutuhkan delay jaringan yang rendah. Beberapa penggunaan WSN adalah memonitor kondisi lingkungan sekitar, seperti suhu, suara, getaran, kontrol, manajemen energi, monitoring mesin-mesin kesehatan, monitoring arus lalu lintas, monitoring bencana alam (pencatatan gempa), monitoring polusi, monitoring parameter energi listrik dan lain-lain. Sensor-sensor node tersebut akan mendeteksi obyek dan mengirim data melalui jaringan wireless menuju gateway lalu terhubung server. Pada sistem *Wireless Sensor Network* (WSN) sensor-sensor yang di gunakan tersebut akan mendeteksi kondisi lingkungan. Kemudian melakukan fungsinya sesuai dengan instruksi yang di perintahkan oleh user.

Untuk memfasilitasi pengembangan dan penerapan WSN di seluruh dunia, ada kebutuhan untuk membangun pasar berbiaya rendah yang besar untuk produk sensor di lapangan. Tujuan ini penting untuk menentukan standar yang relevan sehingga produk sensor dari berbeda produsen dapat beroperasi. Banyak upaya telah dilakukan dan sedang dilakukan cara di banyak organisasi standarisasi untuk menyatukan pasar, mengarah ke perangkat murah dan interoperable, dan menghindari proliferasi kepemilikan protokol jaringan yang tidak kompatibel. Sampai batas tertentu, keberhasilan WSN sebagai Teknologi akan sangat bergantung pada keberhasilan upaya standarisasi ini.

Wireless sensor network adalah sebuah jaringan komunikasi sensor yang terhubung secara wireless untuk memonitor kondisi fisik atau kondisi lingkungan tertentu pada lokasi yang berbeda antara sensor dan pemrosesan datanya. Pada prinsipnya pembacaan kondisi oleh sensor ini akan diinformasikan secara real time dan keamanan data yang terjamin hingga diterima oleh pengolah data. Hubungan antara berbagai unit ditunjukkan pada gambar 3.

Gambar 3. Block diagram sensor

3. METODE PENELITIAN

3.1. Topologi Arsitektur Jaringan

Penelitian dilakukan dengan merancang beberapa modul pada setiap node. Pemantauan pergerakan tanah menggunakan sirine peringatan dini tanah longsor. Sirine peringatan dini tanah longsor ini di letakkan pada wilayah-wilayah yang mempunyai potensi tanah longsor.

Berikut pemasangan setiap node ditunjukkan pada gambar 4.

Gambar 4. Topologi Arsitektur Jaringan

Berdasarkan gambar 4 dapat di diskripsikan pergerakan tanah dipantau dengan menggunakan tali atau kawat yang terhubung dari tiang yang di letakkan pada tanah yang berpotesi longsor dengan tiang sirine yang diletakkan pada tanah yang lebih stabil. Ketika ada pergerakan tanah yang maka kawat akan tertarik dan akan mengaktifkan saklar dan berdampak pada berbunyinya speaker/sirine sebagai tanda siaga tanah longsor.

WSN Gateway meneruskan paket data dari sebuah node ke internet, sebagai aspek komunikasi, penyedia informasi, akan dapat menghubungkan dengan Cloud VPS akan dijadikan satu yang berfungsi sebagai computing node (CPU virtual). Meneruskan data ke smtp server digunakan untuk berkomunikasi dengan server guna mengirimkan email dari lokal email ke server, Openweather Web services meneruskan ke Google Map/Leaflet Web Services, mengirim informasi ke router akan meneruskan data pada Web/Dashboard *Monitoring*. Notifikasi smartphone berfungsi untuk mengirimkan nilai respon sensor *extensometer*. *Output* yang dihasilkan oleh modul *extensometer* akan dikirim ke modul arduino uno menggunakan Analog Digital Converter (ADC) pengiriman dan penerimaan data.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya, laptop acer core i3, antenna gsm, kabel solar panel, microcontroller, sensor *extensometer* relay/alarm, modul gsm, sensor rotary encoder, solar panel, pulley/control, kawat cling, baterai, aki, lampu peringatan, kabel lan kartu modem,

router wireless. Sedangkan bahan penelitian data algoritma dan pemrograman arduino, node-red, mqtt, geojson, dari perancangan system peringatan dini.

3.3. Perancangan Perangkat Keras

Adapun dalam penelitian ini dilakukan dengan perancangan perangkat keras ditunjukkan pada gambar 5.

Gambar 5. Perancangan Perangkat Keras

3.4. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak dibuat digunakan mengatur kerja dari mikrokontroler yang merupakan pengontrol keseluruhan system peringatan dini bencana longsor dalam bentuk logika agar mikrokontroler dapat membaca data yang diterima dari sensor sehingga dapat menghasilkan keluaran dalam bentuk aplikasi. Berikut adalah flowchart dari sistem peringatan dini bencana longsor:

Gambar 6. Perancangan Perangkat Lunak

Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa langkah-langkah dalam perancangan perangkat lunak dengan ini sialisasi variabel yang dibutuhkan, kemudian pembacaan pergerakan tanah dan kelembaban tanah. Jika terjadi pergerakan tanah dengan range x besar dari 0.29 dan kecil dari 0.20, y kecil dari 0.93 dan besar 1.01, serta z kecil dari 0.13 dan besar 0.00 dan kelembaban tanah lebih dari 90% maka akan dikirim notifikasi pada email.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Implementasi Alat

Adapun alat yang dihasilkan dalam penelitian ini tampak pada gambar dibawah ini. Berikut gambaran komponen penerus data dan komponen *monitoring* data

Gambar 7. Topologi Jaringan

Data tersebut dapat dikirimkan ke komponen *monitoring* data melalui modul *wifi* dengan perantara *router*. *WSNNode* berfungsi sebagai, mengumpulkan data berupa intensitas cahaya, temperatur, kelembaban, ataupun pergerakan objek. Kemudian mengirimkan data sensing ke gateway. *WSN Gateway* meneruskan paket data dari sebuah node ke internet, sebagai aspek komunikasi, penyedia informasi. Cloud VPS akan dijadikan satu yang berfungsi sebagai computing node (CPU virtual).

Smtp Server digunakan untuk berkomunikasi dengan server guna mengirimkan email dari lokal email ke server. Openweather Web services meneruskan ke Google Map/Leaflet Web Services, mengirim informasi. Router berfungsi untuk mentransmisikan informasi atau data dari suatu jaringan menuju jaringan yang lain dimana sistem kerjanya. Web/dashboard monitoring berfungsi sebagai menampilkan data dari node sensor berupa JSON yang akan diolah oleh javascript di halaman dashboard dan kemudian ditampilkan nilai dan visualisasinya. Smartphone berfungsi untuk menampilkan notifikasi peringatan longsor, akan lebih mudah dan berita longsor akan disampaikan dengan lebih cepat.

4.2. Implementasi Software Backend

Pada implemtasi perangkat lunak penulis membagikan menjadi 3 bagaian yaitu, program yang terdapat pada mikrokontroller yang berfungsi untuk membaca sensor dan melakukan pengiriman data ke server.

Gambar 8. Tampilan Tool Openweather

Untuk logika atau fungsi–fungsi program penulis menggunakan Node-Red sebuah iot platform yang di kembangkan oleh idm dengan nama prodak Node-Red.

Adapun tampilan Node-Red berupa jaringan node node yang saling

terhubung, yang didalamnya berisi (script js) javascript. Tampak pada gambar dibawah ini sebuah flow yang berfungsi untuk mengambil data cuaca dari *webservices openweather.com*.

Gambar 9. Tampilan Grafik pada weather

Merupakan tampilan sebuah IoT flatfrom yang di kembangkan oleh idm Node-Red yang menampilkan gauges chart temp indegrees cuaca max temp current temp dan min temp berupa grafik pada weahter.

4.3. Implementasi Software Front End

Pada front end penulis mengimplementasikan tampilan aplikasi menggunakan php java script html dan css untuk menampilkan status sensor, peta lokasi pemasangan sensor, peta titik evakuasi, serta informasi lainnya terkait bencana alam. Pekerjaan umum yang akan berhubungan dengan lapisan *front-end* ini adalah *web designer* atau perancang web. Ditunjukkan pada gambar berikut :

Gambar 10. Node-Red Dashboard EWS.

4.4. Pengujian Sistem

Pengujian Sistem peringatan dini tanah longsor dilakukan mensimulasikan pergeseran tanah dengan cara menarik tali pada extensometer juga mampu mengaktifkan indikator LED untuk status siaga 1 (pergeseran tanah sebesar 4 cm), siaga 2 (8 cm), dan bahaya diatas dari (20 cm, bunyi alarm).Berikut adalah tampilan pengujian sensor pergeseran tanah dari status siaga1 dalam kondisi tidak ada pergerakan tanah. Kondisi yang sama diperoleh sampai nilai pembacaan tarikan tali pada extensometer 4 cm. Oleh karena itu kondisi tersebut dinyatakan sebagai statussiaga1.

Gambar 11. Pergeseran Tanah Siaga1.

Pengujian kedua dilakukan dengan mensimulasikan pergerakan tanah dengan mensimulasikan tarikan tali pada extensometer sekitar 8 cm. Tampak pada pengujian perubahan nilai yang sebelumnya 4 cm, menjadi 8 cm, lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut dengan status siaga2.

Gambar 12. Pergeseran Tanah Siaga 2.

Pada peta secara otomatis marker berubah dari siaga1 dan siaga2 menjadi status siaga3

Gambar 13. Pergeseran Tanah Siaga3.

Besar pergeseran tanah yang terukur oleh alat dibandingkan dengan pulley pada uji skala laboratorium. Hal ini dilakukan untuk melihat persentase *error* yang terjadi pada alat yang telah dibuat dalam menghitung pergeseran tanah. Hasil pengujian ini dilakukan dengan cara menarik silling dalam sistem sensor sesuai dengan ukuran pada pulley. Data pengujian ketepatan besar pergeseran tanah menunjukkan bahwa kesalahan pada alat yang menghitung pergeseran tanah hanya 1,46%. Persentase kesalahan pada alat sangat kecil sehingga alat ini dapat digunakan dalam menghitung pergeseran tanah, ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 1. Pengujian Sistem Pergeseran Tanah

Jarak Pergeseran tanah diukur dengan alat (cm)	Jarak Pergeseran tanah diukur dengan sirine (cm)	Error (%)
0	0	0
1,00	1	0
1,96	2	2,04
2,85	3	5,26
3,93	4	1,78
5,02	5	0,40
5,98	6	0,34
6,87	7	1,89
Rata-Rata Persentase <i>Error</i>		1,46

5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis sistem yang dibangun, dapat diambil suatu kesimpulan sebagai berikut :

1. Pembacaan besar pergeseran tanah yang ditampilkan pada layar laptop system alarm (lampu indikator dan pulley) diproses menggunakan sensor extensometer rotary encoder, memiliki jarak maksimal yang dapat diukur yaitu 0-250 mm.
2. Sistem peringatan dini tanah longsor ini juga mampu mengaktifkan indicator untuk status normal bernilai 0 mm, siaga1 (pergeseran tanah sebesar 8 cm), siaga2 (11 cm), siaga 3 (16 cm), dan bahaya (20 cm; bunyi sirine). Kesalahan rata-rata pada pembacaan pergeseran tanah adalah 1,46%.
3. Alat pendeteksi tanah longsor dapat bekerja secara bertahap dalam memberikan *output* ataupun informasi hinggamemberikan peringatan akan terjadinya bencana alam tanah longsor. Tahapan-tahapan tergantung pada rentangan tanah yang ditimbulkan oleh pergeseran permukaan tanah.

5.2. Saran

Adapun saran untuk pengembangan Sistem ini yaitu :

1. Menambahkan fungsi - fungsi teknologi early warning system dari alat sensor extensometer dapat dikembangkan untuk tingkat sensitifitas dan keakuratan terhadap pergeseran tanah perlu ditambahkan beberapa titik sensor yang memiliki keakuratan tinggi.
2. Penerapan sistem dirasa perlu untuk memberi panel surya yang lebih baik

- agar penyimpanan daya selalu tersedia.
3. Diperlukan rancangan yang lebih teliti lagi agar rangkaian ini dapat bekerja lebih sempurna.
 4. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan agar alat ini mampu bekerja memantau kelembaban tanah dengan hanya menggunakan satu sensor saja dengan jangkauan lahan tanah yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- BMKG. (2010). Peraturan Kepala BMKG No. 09 tahun 2010 tentang Prosedur Standar Operasional Pelaksanaan Peringatan Dini, Pelaporan, dan Diseminasi Informasi Cuaca Ekstrim. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Jakarta
- BNPB. (2012). Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) No. 02 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Jakarta.
- Candra, Robby, 2008, Alat Pemantau Suhu Ruangan Melalui Web Berbasis Mikrokontroler At89s51. *Proceeding, Seminar Ilmiah Nasional Komputer dan Sistem Intelijen (KOMMIT 2008)* ISSN : 1411-6286
- Effendi, Ahmad Danil. (2008). “Identifikasi Kejadian Longsor dan Penentuan Faktor-Faktor Utama Penyebabnya di Kecamatan Babakan Madang Kabupaten Bogor”. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Elvira Mardhatillah*, Wildian “Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor Berbasis Mikrokontroler ATmega328 menggunakan Metode Penginderaan Berat” *Jurnal Fisika Unand* Vol. 6, No.2, April 2017
- Failllettaz, J., Or, D., and Reiweger, I.: Codetection of acoustic emissions during failure of heterogeneous media: New perspectives for natural hazard early warning, *Rev. Geophys.*, 43, 1075–1083, <https://doi.org/10.1002/2015GL067435>, 2016.
- Firdaus, 2014 *Wireless Sensor Network ; Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Firdaus, 2014 *Wireless Sensor Network ; Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Firnandes, Toni., Risandriya, S. K., Kamarudin., 2013, Aplikasi Wireless Sensor Network (WSN) Berbasis Radio Frequency (RF) dan Sms Alert GSM, *Jurnal Integrasi, Politeknik Negeri Batam* 5 : 1, ISSN: 2085-3858
- Godlief Erwin Samuel Mige, Desain Rumah Cerdas Berbasis Wireless Sensor Network Untuk Manajemen Energi, *Seminar Nasional Sains dan Teknik 2012 (SAINSTEK 2012)* Kupang, 13 Nopember 2012
- Hadisantono RD dan Bronto S. (1994), “Sistem peringatan dini bahaya letusan gunungapi”, Seminar Nasional Mitigasi Bencana alam, UGM Yogyakarta
- Ni Kadek Diah Parwati, Dewa Made Wiharta, Widyadi Setiawan “Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Bahaya Tanah Longsor Dengan Sensor Hygrometer Dan Piezoelectric” *E-Journal SPEKTRUM* Vol. 5, No. 2 Desember 2018
- Stefan Dulman on 10 July 2014. Introduction to Wireless Sensor Networks, Jun Zheng *Southeast University, China*
- Abbas Jamalipour *University of*

Sydney, Australia.

Stefan Dulman on 10 July 2014. Introduction to Wireless Sensor Networks, Jun Zheng *Southeast University, China*
Abbas Jamalipour *University of Sydney, Australia.*

Suryolelono, KB. 2002, "*Bencana Alam Tanah Longsor Perspektif Ilmu Geoteknik*", Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Pada Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

ZaryantiZainuddin, Salama Manjang, Andani Achmad, Pemodelan Sistem Komunikasi Wireless Sensor Network Untuk Deteksi Dini Bencana Longsor