

Rancang Bangun *Real Time* Monitoring dan Peringatan Dini Tanah Longsor Berbasis Risiko

Hapsoro A. Nugroho*, Ridho Helmi P., Suharni, Agus Tri Sutanto, dan Hariyanto

*Prodi Instrumentasi-MKG, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
Jl. Perhubungan I/5 Jakarta, 15221*

** E-mail: hapsoro.agung@bmgk.go.id*

Telp/hp: 081805582856

ABSTRAK

Bencana tanah longsor salah satu fenomena alam yang kerap terjadi di Indonesia. Kondisi geologi, topografi serta faktor hidrometeorologi merupakan sebagian penyebab terjadinya tanah longsor. Longsor memiliki dimensi waktu yang cepat dan terjadi pada daerah lereng. Penelitian ini bertujuan membangun sistem secara real time untuk memantau parameter penyebab terjadi longsor seperti curah hujan, kelembapan tanah, serta pergerakan tanah. Sistem juga dilengkapi peringatan dini berbasis risiko yaitu tingkatan status potensi longsor berdasarkan parameter yang terukur. Perancangan sistem menggunakan mikrokontroler ATmega2560 sebagai pengolah data, penakar curah hujan jenis tipping bucket, sensor kelembapan tanah probe PR2/6, sensor accelerometer ADXL345, dan dilengkapi mikro SD Card sebagai penyimpan data. Hasil kalibrasi sensor menunjukkan setiap sensor menghasilkan nilai rata-rata selisih pada penakar hujan 0,03mm/menit, kelembapan tanah $\pm 0,3\%$, dan accelerometer $\pm 0,02g$. Pengujian sistem menghasilkan data parameter yang terukur dapat ditampilkan dan memberikan informasi peringatan.

Kata Kunci: Curah Hujan; Longsor; Peringatan Dini Berbasis Risiko

ABSTRACT

Many areas in the Indonesia are susceptible to landslides disaster. Geological conditions, topography and hydrometeorological factors are some factors that induced landslides. Landslides have a fast time dimension and occur on the slope area. This study aims to build a system in real time to monitor the parameters that induced landslides such as rainfall, soil moisture, and soil movement. In addition, this system employs risk-based early warning, which is the level of potential landslide status based on measured parameters. This study uses ATmega2560 microcontroller as a data processor, tipping bucket for measuring rainfall, PR2 / 6 probe soil humidity sensor, ADXL345 accelerometer sensor, and micro SD Card as a data storage. For the results, the sensor calibration shows that each sensor obtains an average value of the correction in the rain gauge of 0.03mm / minute, with $\pm 0.3\%$ in the soil humidity and accelerometer has a value of $\pm 0.02g$. This system testing exhibits measurable parameter that can display and provide warning information.

Keywords: Rainfall; Landslide; Risk-Based Early Warning

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan daerah pertemuan tiga lempeng tektonik dunia. Pergerakan di batas pertemuan antar lempeng tersebut membentuk proses muka daratan. Pembentukan lereng, bukit, patahan, cekungan dan gunung berapi dapat ditemui di sebagian besar daerah di Indonesia. Pada umumnya bencana tanah longsor terjadi di daerah lereng yang curam [1]. Tanah longsor adalah berpindahnya material pada lereng yang bergerak menurun atau keluar lereng [2]. Pemicu tanah longsor bersumber dari sesuatu yang menyebabkan lereng menjadi tidak stabil karena tidak dapat menahan gaya geser. Namun di Indonesia, curah hujan merupakan faktor utama pemicu terjadinya tanah longsor. Curah hujan yang tinggi mengakibatkan perubahan tekanan di dalam tanah sehingga terjadi perubahan struktur sampai terjadinya runtuhnya [3]. Bencana tanah longsor menimbulkan kerugian harta benda dan korban jiwa yang tidak sedikit. Informasi akan kejadian tanah longsor yang didapatkan masyarakat sekitar terkadang tidak tersampaikan secara cepat, dikarenakan kejadian tanah longsor yang begitu cepat.

Sistem peringatan dini tanah longsor sangat berguna untuk menginformasikan kejadian tanah longsor berdasarkan tingkat risiko. Informasi yang diberikan sebaik mungkin dapat dipahami oleh masyarakat sekitar yang berisiko terdampak tanah longsor. Beberapa penelitian terkait peringatan dini tanah longsor diantaranya menggunakan sistem telemetri dengan sensor *linier variable differential transformer* (LVDT) [4], merancang bangun dengan sensor *optocoupler* [5], dan menggunakan citra satelit serta pengamatan *Global Positioning System* [6].

Sistem yang dibangun bertujuan untuk melakukan monitoring secara *real time* faktor-faktor pemicu terjadinya tanah longsor yaitu curah hujan, kelembapan tanah, dan pergerakan tanah. Selain itu juga dilengkapi dengan sistem peringatan dini *on site* berupa alarm dan lampu sirine. Komunikasi untuk mengirimkan informasi ke masyarakat setempat memanfaatkan *teknologi internet of thing* (IoT) yang berisi tingkat risiko tanah longsor berbasis risiko dimana peringatan yang diberikan berdasarkan nilai *threshold* dari masing-masing faktor tersebut. Nilai *threshold* ini didapatkan

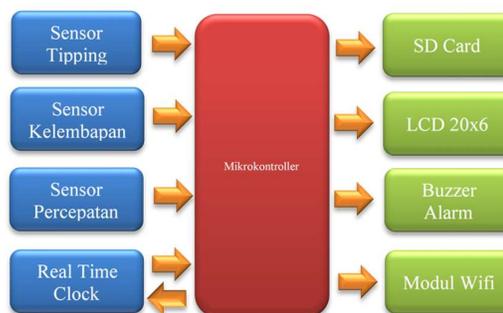
dari hasil kajian meteorologis yaitu curah hujan, klimatologis yaitu kelembapan tanah dan geofisika yaitu pergerakan tanah [7]. Sedangkan tingkat risiko tanah longsor terdiri dari beberapa tingkatan yaitu rendah, tinggi, dan ekstrim.

2. Perancangan Sistem

Sistem memiliki tiga bagian yaitu *input*, pemroses data, dan *output* seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Pada bagian *input*, terdiri dari tiga sensor yang merupakan bagian pengukuran fisis dari pemicu terjadinya bencana tanah longsor. Sensor yang digunakan yaitu:

1. Sensor *rain gauge* jenis *tipping bucket* digunakan sebagai pengukur curah hujan.
2. Sensor *soil moisture* digunakan sebagai pengukur kelembapan tanah
3. Sensor akselerometer digunakan untuk mengukur pergerakan dan perpindahan posisi tanah.

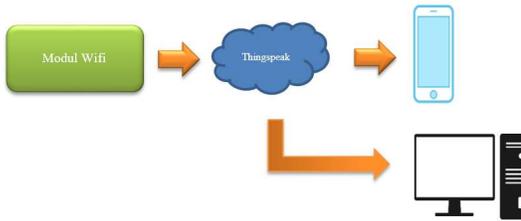
Pada bagian proses dilakukan oleh perangkat Mikrokontroler ATmega2560 berfungsi sebagai pemroses utama. Proses yang dilakukan meliputi pengolahan data yang diterima dari sensor. Penyimpanan data di modul mikro-SD, sinkronisasi waktu menggunakan *Real Time Clock* (RTC), dan meneruskan data ke jaringan internet menggunakan modul *wifi* ESP8266.



Gambar 1. Blok diagram perancangan sistem

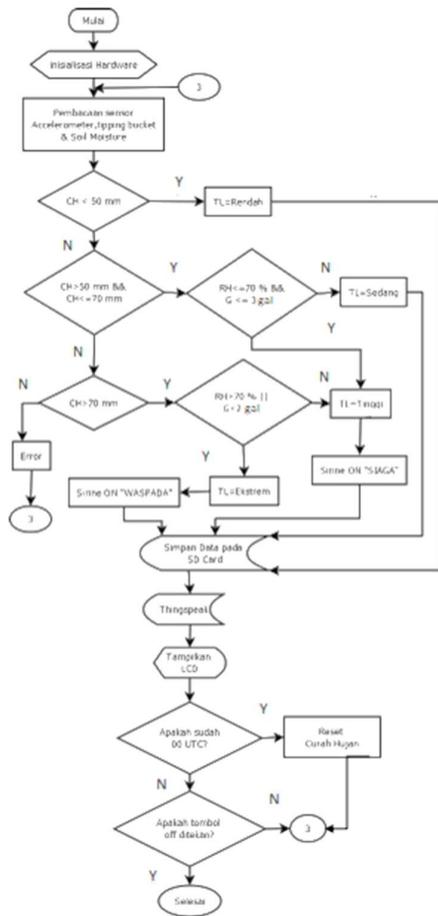
Pada bagian *output* dari sistem, data akan disimpan pada modul mikro-SD dan data akan dikirim ke *database* melalui komunikasi IoT dengan aplikasi *thingspeak*, selain ditampilkan pada sebuah LCD. Selanjutnya, sistem akan memberikan peringatan yang terdiri dari

beberapa tingkatan, yaitu rendah, tinggi, dan ekstrim seperti yang terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Desain komunikasi sistem

Sirine akan berbunyi jika tingkatan telah mencapai status tinggi dan ekstrim. Informasi peringatan dapat diakses melalui *website* dan aplikasi berbasis *mobile*.



Gambar 3. Diagram alir sistem

Diagram alir menjelaskan tentang alur dari proses pengukuran parameter pada sistem peringatan dini hingga dapat ditampilkan pada LCD 20x4 serta dikirim menggunakan komunikasi IoT hingga ditampilkan di layar

pengguna yang terhubung dengan internet. Diagram alir sistem yang terlihat pada gambar 3.

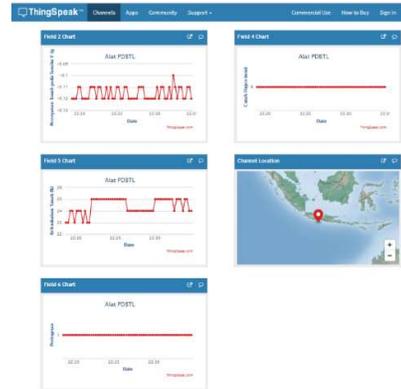
3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian sensor yang digunakan menggunakan metode kalibrasi yang dilakukan di Laboratorium Kalibrasi Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Jakarta. Metode kalibrasi digunakan untuk mengetahui kedekatan nilai keluaran dari sistem terhadap alat ukur standar dan mengetahui kehandalan sistem. Penakar hujan jenis *tipping bucket* setelah dikalibrasi memberikan nilai koreksi untuk *set point* 50 mm, 100 mm, dan 150 mm yaitu rata-rata 0,3 mm/menit. Sensor *soil moisture* memberikan nilai koreksi rata-rata $\pm 0,3\%$, dan sensor akselerometer dengan koreksi rata-rata sebesar $\pm 0,02\text{ g}$. Semua sensor menunjukkan masih dapat diterima dalam batas toleransi yang telah ditetapkan. Sedangkan untuk uji sistem secara keseluruhan dilakukan simulasi untuk melihat bagaimana nilai *threshold* yang telah diberikan dapat bekerja. Hasil simulasi sistem di lapangan ditunjukkan seperti pada tabel 1.

Pengujian secara keseluruhan sistem dilakukan di Desa Sijeruk, Kecamatan Banjarmangu, Kabupaten Banjarnegara. Penempatan sistem merujuk dari data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Banjarnegara, dimana lokasi tersebut merupakan daerah yang pernah terjadi bencana tanah longsor. gambar 4 merupakan implementasi sistem secara keseluruhan saat di lokasi pengujian. Desain mekanik menggunakan pilar yang dapat menopang panel surya dan *tipping bucket*. Panel surya dibutuhkan untuk memberikan daya ke baterai agar tidak tergantung pada sumber listrik PLN. Pilar juga dibuatkan tiga kaki penyangga agar kuat pada bidang lereng yang cukup curam. Pengujian di lapangan di titik beratkan untuk mengetahui kehandalan komunikasi IoT di daerah penelitian untuk mengirimkan data ke pengguna. Selain itu, serta untuk menguji ketahanan baterai yang dialirkan dari panel surya. Masyarakat sekitar pengujian diberikan sosialisasi terkait cara kerja sistem memberikan informasi peringatan dini.

Tabel 5. Data simulasi sistem

No	Tanggal	Waktu (WIB)	Sumbu X (g)	Sumbu Y (g)	Sumbu Z (g)	CH mm	R H (%)	Tingkat Risiko
1	31-08-18	11:08:02	-0,06	-0,05	0,92	5	41	Rendah
2	31-08-18	11:08:18	-0,07	-0,9	2,17	18	41	Rendah
3	31-08-18	11:08:34	-0,05	-0,11	0,93	36	41	Rendah
4	31-08-18	11:09:06	-0,14	-0,13	0,96	56	41	Sedang
5	31-08-18	11:09:26	-0,17	-0,4	0,84	75	41	Tinggi



(1)



Gambar 4. Implementasi sistem peringatan dini tanah longsor



(2)

Gambar 5. Tampilan informasi sistem peringatan dini tanah longsor (1) website (2) mobile

Informasi dini yang dikirimkan dari sistem dapat diakses melalui *website* dan aplikasi *mobile* yang berisi parameter curah hujan, kelembapan tanah dan pergerakan tanah secara *real time*. Selain itu, ditampilkan pula informasi tingkat risiko tanah longsor dimana 1 = Tingkat rendah, 2 = Sedang, 3 = Tinggi, dan 4 = Ekstrem. Hal ini didesain agar masyarakat setempat mudah untuk memahami informasi ini. Gambar 5, menunjukkan tampilan yang dapat diakses BPBD Kabupaten Banjarnegara untuk dapat diteruskan kepada masyarakat setempat melalui alamat situs di www.thingspeak.com/channels/539055 dan pada aplikasi *mobile thingview*.

4. Simpulan

Sistem monitoring peringatan dini tanah longsor secara *real time* dapat memberikan informasi kepada masyarakat berdasarkan tingkat risiko sesuai dengan yang diharapkan. Sistem hingga saat ini beroperasi di lokasi penelitian sampai dengan Bulan Januari 2019 untuk melihat kehandalan dan ketahanannya. Selain itu juga untuk mendapat data primer dari curah hujan, kelembapan tanah, dan pergerakan tanah untuk memverifikasi nilai *threshold* yang didapat dari perhitungan secara empiris. Pengembangan sistem selanjutnya adalah dengan menambahkan pemberitahuan secara *pop-up* ketika tingkat risiko longsor berada pada level tinggi, sehingga evakuasi masyarakat dapat dilakukan sebelum bencana terjadi. Informasi tingkat risiko dari sistem harus terus menerus disosialisasikan kepada masyarakat yang berisiko dengan berkoordinasi pihak yang terkait seperti BPBD dan perangkat desa lainnya.

5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih kepada Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (UP2KM) Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika yang telah membantu dalam pendanaan penelitian kajian Instrumentasi-MKG.

6. Referensi

- [1] Fathani, T.K., Karnawati, D., Sassa, K., Fukuoka, H., Honda, K. (2008). Development of Landslide Monitoring and Early Warning System in Indonesia. In *Proceeding of the 1st World Landslide Forum, ICL UNESCO*, 195-198. Tokyo Japan.
- [2] Muntohar, A.S. (2010). *Tanah Longsor*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- [3] Otshuka, S., Yoshifumi. (2001). Consideration on Landslide Mechanism Based on Pore Water Pressure Loading Test. In *Proceeding The 15th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Istanbul, Turkey.
- [4] Priyanto, J., Subagiyo, H., Madona, P. (2015). Rancang Bangun Peringatan Bahaya Longsor dan Monitoring Pergeseran Tanah Menggunakan Komunikasi Berbasis GSM. *Jurnal Politeknik Caltex Riau*, 1(2): 49-61.
- [5] Iswanto., Raharja, N.M, Subardono, A. (2009). Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor Berbasis ATMega 8535. Seminar Nasional Informatika, 53-57. UPN Veteran, Yogyakarta.
- [6] Mirzaee, S., Motagh, M., Akbari, B. (2017). Landslide Monitoring Using Insar Time Series and GPS Observation, Case Study: Shabkola Landslide in Northern Iran. In *Proceeding the International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 487-492, Hannover, Germany.
- [7] Safril, A., Kristianto, A., Septiadi, D., dkk. (2017). Kajian Awal Sistem Peringatan Dini Longsor Berbasis Penguatan Sistem Prediksi Curah Hujan dan Gempabumi Studi Area: Garut dan Banjarnegara. *Monograf*, UP2KM STMKG, Jakarta.