

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PERGERAKAN TANAH MENGGUNAKAN METODE MULTI SEGMENT INCLINOMETER BERBASIS ACCELEROMETER (STUDI KASUS MODEL LERENG)

Hamzah Afif, Amien Widodo, Juan Pandu, dan Firman Syaifuddin

Departemen Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail : afifhamzah08@gmail.com

Abstrak. Telah dilakukan rancang bangun alat monitoring pergerakan tanah dengan parameter yang dipantau antara lain perubahan sudut dan kadar kelembaban tanah. Metode yang digunakan adalah multi segment inclinometer yang dinilai lebih efektif karena dapat membaca pergerakan tanah melalui perubahan sudut yang bervariasi terhadap kedalaman. Prototype alat berupa multi segment inclinometer berbasis Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroler. Perubahan sudut diukur menggunakan inclinometer berbasis accelerometer MPU 6050. Prototype alat dan sistem yang dibangun pada penelitian ini menggunakan hardware dan software dengan lisensi open source sehingga pembuatannya lebih mudah dan murah. Prototype alat diuji pada sebuah model lereng. Uji yang dilakukan yaitu uji pengaruh sudut dan uji penambahan air. Hasil uji pengaruh sudut sebelum longsor terjadi perubahan sudut accelerometer sebesar 6° dalam setengah detik. Pada uji penambahan air perubahan sudut accelerometer sebesar 7° - 12° dalam setengah detik dan terjadi pengurangan kadar kelembaban tanah sebesar 21%. Data yang diperoleh dari sensor ditampilkan secara real time menggunakan antarmuka Processing dan disimpan dalam bentuk .csv. Hasil analisa data menunjukkan sistem monitoring yang telah dibuat dapat membaca indikasi terjadinya longsor.

Kata Kunci: gerakan tanah; multi segment inclinometer; accelerometer; moisture sensor.

Abstract. Soil monitoring tools have been carried out with parameters monitored, including changes in angle and soil moisture content. The method used is a multi-segment inclinometer that discusses more effectively because it can read ground movements through changing different viewpoints to the level. The prototype uses a multi-segment inclinometer based on Arduino Mega 2560 as a microcontroller. Change of viewpoint using an inclinometer based on MPU 6050 accelerometer and soil moisture levels using a humidity sensor from DfRobot. The prototype tools and systems built in this study use hardware and software with an open source license so that the manufacture is easier and cheaper. The prototype tool is tested on a slope model. Tests carried out were angle effect test and water addition test. The test results of the effect of the angle before the landslide occur an angle change of 6° in half a second. In the water addition test the angle changes by 7° - 12° in half a second. Change in water content before the landslide were 21%. Data obtained from sensors is displayed in real time using the Processing interface and stored in .csv extensions. The results of data analysis indicate that the monitoring system that has been made can read indications of landslides.

Keywords: ground movement; multi-segment inclinometer; accelerometer; moisture sensor.

PENDAHULUAN

Bencana longsor menurut data dari BNPB pada tahun 2018, menjadi bencana yang paling banyak menyebabkan korban jiwa. Tanah longsor sendiri merupakan suatu fenomena pergerakan massa batuan, tanah, atau bahan rombakan material penyusun lereng yang bergerak ke bawah atau ke luar lereng karena pengaruh gravitasi (Risdiyanto, 2011). Dari total kebutuhan ratusan ribu sistem peringatan dini longsor, hingga saat ini baru 200 unit sistem peringatan dini longsor yang telah

terpasang (BNPB, 2018). Penyebab longsor terbagi atas faktor internal (faktor dari lereng itu sendiri) dan faktor eksternal (faktor diluar lereng). Faktor-faktor internal antara lain; kegempaan, iklim (curah hujan), vegetasi, morfologi, batuan/tanah maupun situasi setempat (R.F. Hirnawan, 1993), tingkat kelembaban tanah (moisture), adanya rembesan, dan aktifitas geologi seperti patahan (terutama yang masih aktif), rekahan dan liniasi. Proses eksternal penyebab longsor diantaranya adalah :

- Pelapukan (fisika, kimia dan biologi) dan erosi,

- penurunan tanah (ground subsidence),
- deposisi (fluvial, glasial dan gerakan tanah),
- getaran dan aktivitas seismik,
- jatuhnya tepra.

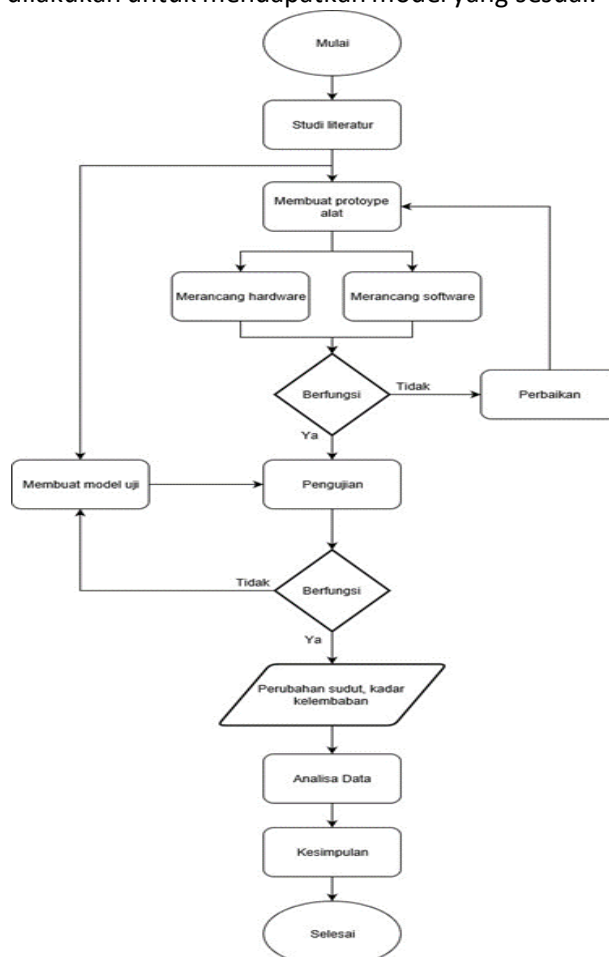
Telah berhasil dibuat prototype untuk memantau terjadinya longsor oleh Uchimura dengan menggunakan multi segment inclinometer. Metode multi segment inclinometer merupakan sebuah metode pengukuran perubahan sudut menggunakan 2 atau lebih inclinometer yang ditempatkan secara vertikal pada 1 lubang bor yang sama (Uchimura dkk., 2015). Accelerometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran (vibrasi), dan mengukur percepatan akibat gravitasi (inklinasi). Sensor accelerometer mengukur percepatan akibat gerakan benda yang melekat padanya (Setiadi, 2017). Metode multi segment inclinometer ini merupakan sebuah pendekatan yang baru, sehingga masih diperlukan banyak penelitian lanjutan untuk meningkatkan efektivitasnya. Untuk membuatnya diperlukan keahlian khusus karena perakitannya yang rumit.

Penelitian ini fokus membahas sistem monitoring pergerakan tanah berdasarkan parameter perubahan sudut dan kadar kelembaban tanah sebelum terjadi longsor menggunakan aplikasi metode multi segment inclinometer dengan bahan-bahan yang sederhana. Perubahan sudut diukur menggunakan inclinometer berbasis accelerometer MPU 6050. Prototype dirangkai berbasis Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroler dengan bahan-bahan yang lebih terjangkau dengan lisensi open source, sehingga pengembangan dan pengaplikasian prototipe pada lapangan akan lebih mudah dan murah.

METODOLOGI

Alur penelitian dijelaskan melalui diagram alir penelitian pada Gambar 1. Proses pembuatan prototype terbagi atas 3 tahapan, yaitu perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak dan pembuatan model uji. Pada setiap rancangan rangkaian perangkat keras dan

program perangkat lunak dilakukan uji coba fungsional untuk memastikan hasil rancangan dapat berfungsi dengan baik sebelum dilakukan pengujian pada model uji. Pengujian pada model lereng juga dilakukan untuk mendapatkan model yang sesuai.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Perancangan Perangkat Keras

1. Inclinometer

Sensor accelerometer berfungsi sebagai pengukur derajat kemiringan (inclinometer). Sensor ini dihubungkan dengan mikrokontroler melalui komunikasi I2C. Komunikasi I2C dilakukan dengan 2 kabel yaitu SDA dan SCL. Modul GY 521 memiliki 2 alamat I2C yaitu 0X68 dan 0X69.

Perancangan Perangkat Lunak

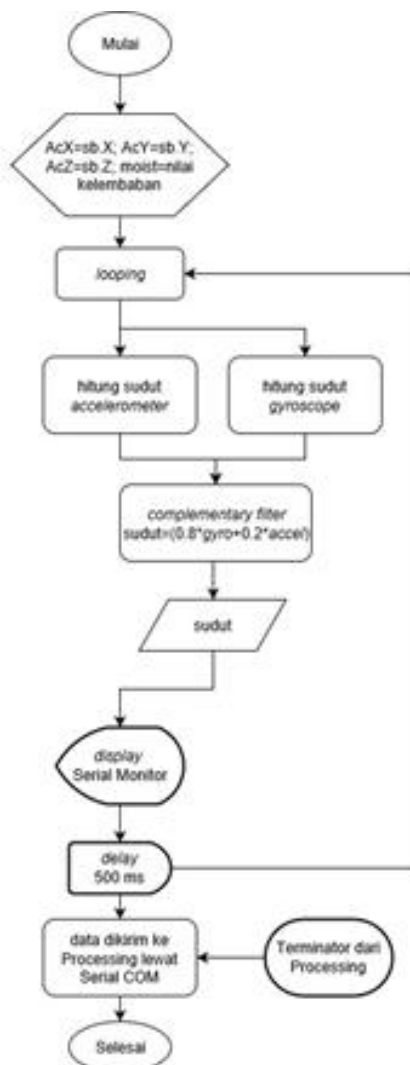
1. Alur Kerja Mikrokontroler

Diagram alir mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 2.

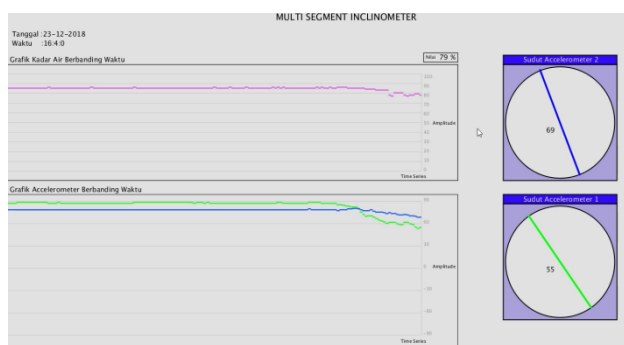
2. Tampilan pada desktop

Ada dua output dari program Processing yaitu display data real time dan file hasil penyimpanan

data. Hasil display data real time ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 2 Alur kerja mikrokontroler



Gambar 3 Display data yang berisi grafik kadar air berbanding waktu, grafik accelerometer berbanding waktu, visualisasi sudut dan waktu.

Pembuatan Model Uji

Pengujian alat prototipe dilakukan pada model longsoran yang dibuat dengan skala laboratorium.

Pada penelitian ini dibuat sebuah model kotak dari papan akrilik sebagai wadah untuk tanah dengan dimensi panjang lebar tinggi sebesar 70 cm, 35 cm dan 28 cm. Pada salah satu kotak diberi papan yang memiliki lubang-lubang dengan diameter 1 cm yang berada 1 cm dari bagian paling bawah sebagai jalan untuk infiltrasi air ke tanah. Visualisasi model pengujian seperti pada Gambar 4 di bawah



Gambar 4a Model uji ketika belum diisi tanah



Gambar 4b Model ketika diisi tanah dengan ketebalan 10 cm dengan sudut 26°

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Pengaruh Sudut

Uji ini dilakukan dengan mengangkat secara perlahan bagian dasar dari kotak. Karena keterbatasan dari kotak yang dibuat, maka pengangkatan dilakukan secara manual. Laju pengangkatan tidak dapat dihitung dengan tepat, tetapi dapat dilihat dari tren data yang diperoleh. Dari Gambar 5, dapat dilihat perubahan sudut accelerometer yang terjadi selama pengujian pengaruh sudut.

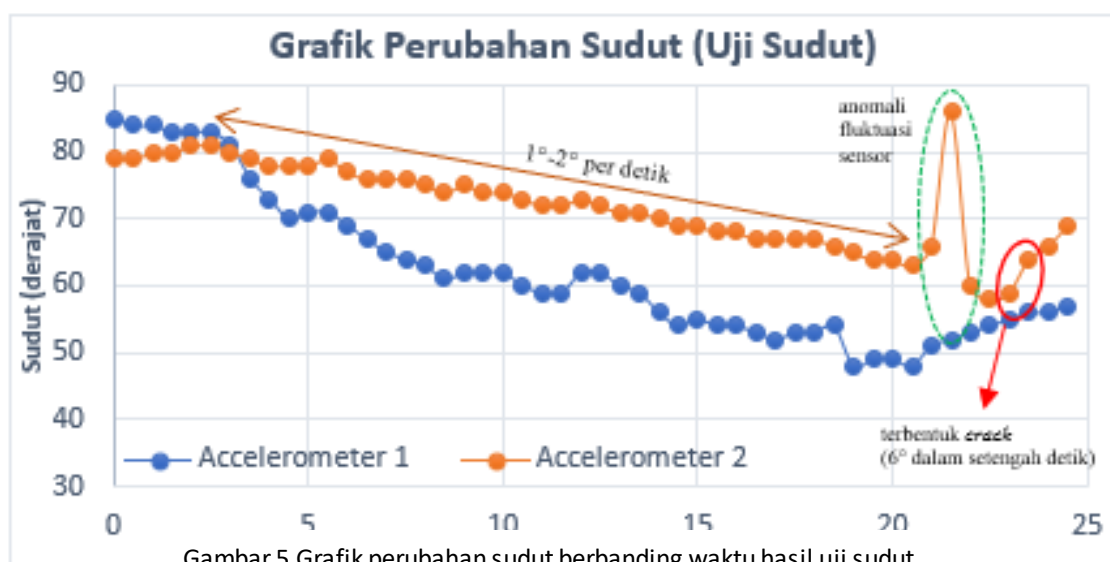
Sudut awal dari kedua accelerometer sedikit berbeda yaitu 85° pada accelerometer 1 dan 79° pada accelerometer 2. Nilai ini sudah stabil selama 8 detik yang ditetapkan sebagai waktu untuk kalibrasi berdasarkan datasheet modul GY 521. Perbedaan nilai ini disebabkan karena faktor pemasangan yang mana sulit untuk memposisikan agar sensor untuk benar-benar lurus. Namun, karena analisa yang dilakukan berdasarkan perubahan sudut maka perbedaan inisial sudut sensor ini dapat diabaikan. Sesaat setelah kotak diangkat, dapat dilihat penurunan sudut yang dipengaruhi oleh pengangkatan. Pengangkatan berpengaruh lebih besar terhadap accelerometer 1. Hal ini disebabkan karena accelerometer 1 berada pada permukaan tanah sehingga berubahnya sudut permukaan tanah sangat terasa pada sensor. Beberapa kali kenaikan nilai sensor (meskipun tidak drastis) merupakan faktor dari laju pengangkatan yang tidak stabil

karena dilakukan secara manual. Sensor 2 yang letaknya dalam tanah, menghasilkan perubahan yang relatif lebih halus dengan rerata perubahan sudut sebesar $1^\circ-2^\circ$ per detik.

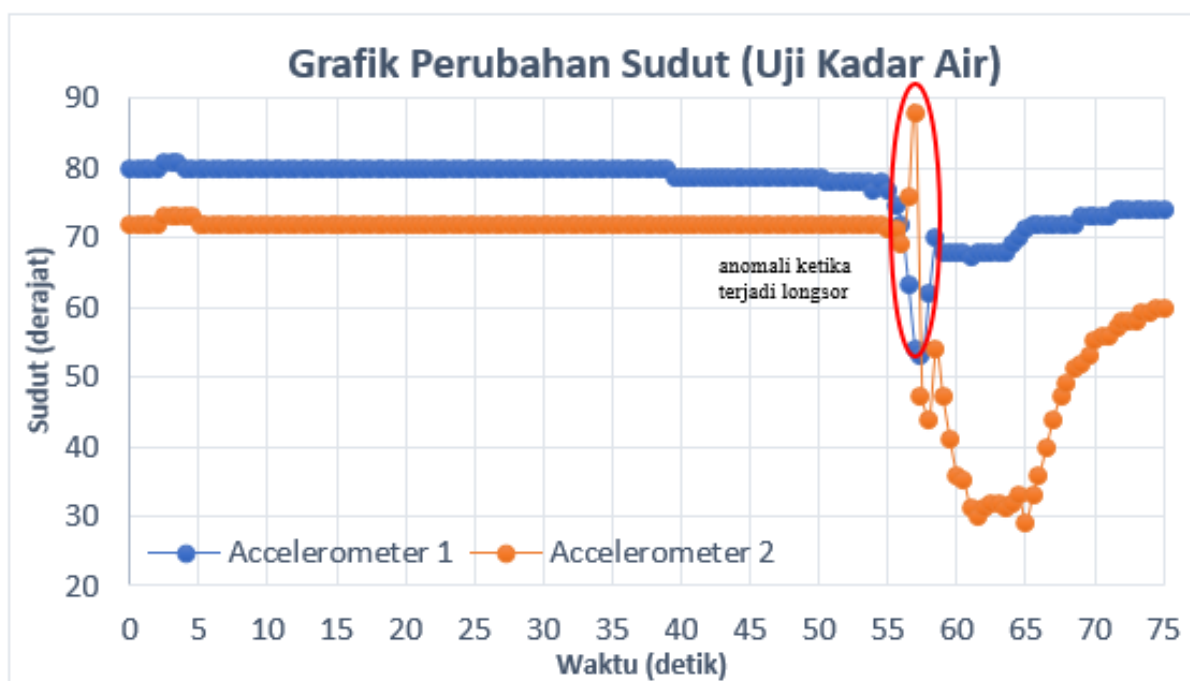
Terjadi anomali pada detik ke 21,5 dimana nilai sensor yang terbaca sebesar 86° yang mana mempunyai selisih 20° dengan nilai yang terbaca setengah detik sebelumnya. Pada dokumentasi pengujian tidak ditemukan adanya tanda-tanda longsor atau perubahan signifikan yang terjadi. Oleh sebab itu, kemungkinan penyebab anomali tersebut adalah akibat dari fluktuasi dari nilai output sensor. Pada detik ke 23 pengujian mulai terlihat crack yang cukup jelas di permukaan tanah seperti terlihat pada Gambar 4b. Dari data yang diperoleh, pada detik ke 23 terjadi perubahan sudut yang signifikan sebesar 6° dalam waktu setengah detik selanjutnya. Dalam waktu 1,5 detik setelahnya longsor sudah terjadi. Longsor terjadi pada sudut 43° .

Uji Pengaruh Kadar Air

Uji ini dilakukan pada sudut sebesar 43° . Sudut ini dipilih berdasarkan uji sebelumnya dimana pada sudut ini model sudah membentuk crack. Air ditambahkan melalui boks infiltrasi yang terdapat pada bagian ujung model. Penambahan air dengan metode ini untuk mensimulasikan aliran air pada lapisan tanah bagian bawah.



Gambar 5 Grafik perubahan sudut berbanding waktu hasil uji sudut



Gambar 6 Grafik perubahan sudut berbanding waktu hasil uji pengaruh kadar air.

Sebelum terjadi anomali, sudut dari sensor relatif stabil. Hal ini karena sudut model tidak diubah. Pada detik ke 56, mulai terjadi anomali seperti yang terjadi pada uji sebelumnya yaitu perubahan kenaikan sudut yang tajam. Perubahan sudut yang terjadi sebesar 7° dalam setengah detik dan bertambah lagi 12° setengah detik kemudian. Anomali ini terjadi sesaat sebelum terjadinya longsor. Pada accelerometer 1, nilai sudut mengalami penurunan sebesar 9°. Longsor yang terjadi berupa luncuran dimana seluruh model meluncur turun pada bidang gelincir. Longsoran luncuran terjadi karena lapisan bawah model telah jenuh air sehingga gaya penahan terhadap lapisan bawah kotak menjadi kecil dan tidak mampu menahan beban model. Luncuran ini pada grafik ditunjukkan pada data yang terus mengalami penurunan sudut secara drastis. Tercatat hingga detik ke 61, sudut accelerometer 2 sudah mencapai 30°. Hal ini disebabkan oleh luncuran tanah yang mendorong sensor.

PENUTUP

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu prototype multi segment inclinometer berbasis accelerometer dapat digunakan sebagai sistem monitoring pergerakan tanah secara real time dan membaca indikasi terjadinya longsor pada model berdasarkan perubahan sudut dan kadar air. Perubahan sudut sebelum terjadinya longsor pada uji pengaruh sudut sebesar 6° dan pada uji pengaruh kadar air sebesar 7°-12°.

DAFTAR PUSTAKA

- R.F. Hirnawan (1993), *Ketanggapan Stabilitas Lereng Perbukitan Rawan Gerakan- tanah atas Tanaman Keras, Hujan & Gempa*, Universitas Padjajaran, Bandung.
- Risdiyanto, I. (2011), *Identifikasi Daerah Rawan Longsor*. Diambil 1 September 2018 <http://doi.org/10.13140/RG.2.1.4316.5684>.
- Setiadi, F. (2017), *RANCANG BANGUN PROTOTIPE EARLY WARNING SYSTEM TANAH LONGSOR MENGGUNAKAN SENSOR MAJEMUK BERBASIS GSM*, other, Politeknik Negeri Padang. Diambil dari <http://polinpdg.ac.id>.

Uchimura, T., Towhata, I., Wang, L., Nishie, S., Yamaguchi, H., Seko, I. dan Qiao, J. (2015), "Precaution and early warning of surface failure of slopes using tilt sensors", *Soils and Foundations*, Vol.55, No.5, hal. 1086–1099. <http://doi.org/10.1016/j.sandf.2015.09.010>.
