



***Application of Load Cell Sensors on Automatic Door Bars
on Landslide-Prone Highways***

**Aplikasi Sensor Load Cell pada Palang Pintu Otomatis
di Jalan Raya yang Rawan Longsor**

Nini Firmawati^{1*}, Dilla Oktafiyani²

^{1,2}Departemen Fisika, Universitas Andalas, Indonesia

*[e-mail of ninifirmawati@sci.unand.ac.id](mailto:ninifirmawati@sci.unand.ac.id)

Article History	Received : 11 02 2023	Revised : 01 03 2023	Accepted : 19 03 2023
------------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------

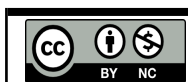
Abstract: *Some highways in Indonesia are located on the slopes of hills, the land around the highways often shifts due to high rainfall, forest retreat, slopes that rugged. For this reason, it is necessary to anticipate accidents due to landslides on the road. A prototype has been designed that can open and close the door bars automatically by using a load cell sensor to measure the ground mass as the load given to the sensor. The data obtained is processed by the Arduino Uno microcontroller and the test results are displayed on the LCD. As an indication of early detection, the red LED and buzzer will activate if the detected ground mass ≥ 1.500 g and the LCD will display the inscription "road closed there is a landslide" accompanied by the automatic closure of the door bars. If the detected ground mass is <1.500 g, then the green LED is active and the LCD will display an inscription in the form of "stay alert prone to landslides" and the door bar will open. Based on testing load cell sensors with mass delivery that varies from 500 g to 5.000 g, a percent error of 0.06% was obtained and had a value correlation coefficient of $R^2=1$.*

Keywords: *HX711; mass; sensor load cell; landslide; microcontroller.*

Abstrak: Beberapa jalan raya di Indonesia berada pada lereng perbukitan, tanah yang ada disekitar jalan raya sering mengalami pergeseran akibat curah hujan yang tinggi, pengundulan hutan, lereng yang terjal. Untuk itu perluantisipasi kecelakaan akibat tanah longsor di jalan raya. Telah dirancang sebuah prototipe yang dapat membuka dan menutup palang pintu secara otomatis dengan menggunakan sensor load cell untuk mengukur massa tanah sebagai beban yang diberikan pada sensor. Data yang diperoleh diproses oleh mikrokontroler Arduino Uno dan hasil pengujian ditampilkan pada LCD. Sebagai indikasi deteksi dini, maka LED merah dan buzzer akan aktif jika massa tanah yang terdeteksi ≥ 1.500 g serta LCD akan menampilkan tulisan berupa "jalan ditutup ada longsor" disertai dengan penutupan palang pintu secara otomatis. Jika massa tanah yang terdeteksi <1.500 g, maka LED hijau aktif dan LCD akan menampilkan tulisan berupa "tetap waspada rawan longsor" serta palang pintu akan terbuka. Berdasarkan pengujian sensor *load cell* dengan pemberian massa yang bervariasi mulai dari 500 g sampai dengan 5.000 g didapatkan persen error sebesar 0,06% dan memiliki nilai koefisien korelasi sebesar $R^2=1$.

Kata Kunci: HX711; massa; sensor *load cell*; tanah longsor; mikrokontroler.

How to cite: Firmawati, Nini. 2023. Aplikasi Sensor *Load Cell* pada Palang Pintu Otomatis di Jalan Raya yang Rawan Longsor. *Natural Science: Jurnal Penelitian Bidang IPA dan Pendidikan IPA*, 9(1): 14-23.



Licensees may copy, distribute, display and perform the work and make derivative and remixes based on it only if they give the author or licensor the appropriate credits (attribution) in the manner specified by these. Licensees may copy, distribute, display, and perform the work and make derivative works and remixes based on it only for non-commercial purposes

A. Pendahuluan

Secara geografis Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik yaitu lempeng Benua Asia, Benua Australia, Lempeng Samudra Hindia dan Pasifik. Kondisi tersebut berpotensi sekaligus rawan bencana salah satunya bencana tanah longsor. Tanah longsor merupakan gerakan massa tanah atau batuan ataupun pencampuran keduanya akibat terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut. Berdasarkan data dari Badan Penanggulangan Bencana (BNPB), kejadian tanah longsor setiap tahunnya mengalami peningkatan. Pada tahun 2019, jumlah kejadian tanah longsor sebanyak 719 kejadian (BNPB, 2019). Pada tahun 2020, jumlah kejadian tanah longsor sebanyak 1.054 kejadian (BNPB, 2020). Pada tahun 2021, jumlah kejadian tanah longsor terus meningkat menjadi 1.321 kejadian (BNPB, 2021).

Beberapa jalan raya di Indonesia berada pada lereng perbukitan, tanah yang ada disekitar jalan raya sering mengalami pergeseran akibat curah hujan yang tinggi, pengundulan hutan, lereng yang terjal. Dampak yang ditimbulkan oleh bencana tanah longsor di jalan raya yaitu terganggunya jalur lalu lintas serta kerugian jiwa dan materi akibat tertimbun tanah longsor (Kristie dan Budiman, 2021). Oleh sebab itu, maka perlu adanya alat yang dapat mengukur massa tanah longsor dan menutup jalan secara otomatis sebagai upaya deteksi dini bencana tanah longsor dan dapat meminimalisir kerugian akibat terjadinya tanah longsor.

Penelitian terkait yang sudah dilakukan peneliti sebelumnya yaitu Lisnawati, dkk (2013) telah membuat alat yang mampu mendeteksi pergeseran tanah menggunakan sensor extensometer. Hasil pengujian didapatkan, bahwa sensor mampu mengukur pergeseran tanah sejauh $\geq 1\text{mm}$. Alat ini hanya sebagai pengukur pergeseran tanah, belum dilengkapi dengan *buzzer* sebagai alarm peringatan dini tanah longsor.

Mardhatillah dan Wildian (2017) juga telah merancang alat deteksi dini tanah longsor dengan menerapkan metode penginderaan berat. Besarnya pergeseran tanah sebanding dengan pergeseran pegas pada alat. Hasil pengujian ditampilkan pada LCD dan disertai dengan *buzzer* dan LED sebagai indikator adanya longsor. Sistem ini tidak dilengkapi dengan palang pintu otomatis.

Bazlina dkk (2017) juga telah membuat prototipe peringatan dini bencana tanah longsor berbasis mikrokontroler atmega328. Prototipe ini mampu mendeteksi kemiringan dengan tingkat presisi sebesar 1° dengan menggunakan sensor akselometer. Prototipe ini memiliki 4 tingkatan yaitu aman, waspada, siaga dan awas. Setiap tingkatan memiliki bentuk peringatan yang berbeda-beda berupa tampilan pada PC, LED dan *buzzer*. Ketika kondisi "aman" maka *buzzer* dan LED tidak aktif. Ketika kondisi "waspada" maka LED hijau aktif dan *buzzer* tidak aktif. Ketika kondisi "siaga" maka LED orange aktif dan *buzzer* aktif dengan *delay* 300 ms. Ketika kondisi "awas" maka LED merah aktif dan *buzzer* dengan *delay* 100ms. Sistem ini tidak menggunakan palang pintu otomatis.

Diana dan Wildian (2019) juga telah membuat sistem peringatan dini tanah longsor berbasis SMS. Sistem ini menggunakan sensor jarak VL53L00X dan pegas

untuk mengukur pergeseran tanah akibat longsor. Pergeseran tanah yang digunakan pada penelitian mulai dari 1 cm hingga 8 cm. Status siaga terdiri dari 4 yaitu siaga I ($1 \leq x < 2$) cm, siaga II ($2 \leq x < 3$) cm, siaga III ($3 \leq x < 4$) cm dan bahaya (≥ 4) cm. SMS akan dikirim ke pengguna ketika status “siaga II dan III” disertai dengan *link location* tempat terjadinya longsor. Ketika pada status “bahaya” *buzzer* akan aktif sebagai alarm peringatan terjadinya tanah longsor. Sistem ini belum menggunakan palang pintu otomatis untuk mencegah pengguna yang telanjur berada dekat dengan lokasi tanah longsor.

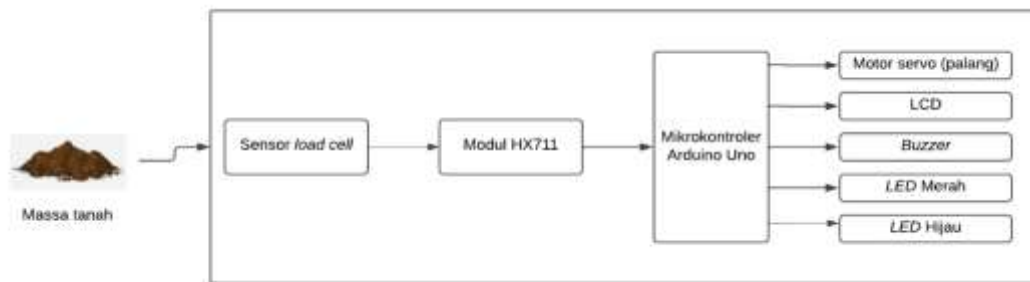
Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka dirancang prototipe yang dapat membuka palang pintu otomatis dengan menggunakan sensor *load cell* untuk mengukur massa tanah akibat pergerakan tanah longsor yang mengenai sensor. Data pengukuran akan diproses oleh mikrokontroler Arduino Uno. Palang pintu akan tertutup jika massa tanah yang terukur > 1.500 g disertai dengan aktifnya *buzzer* dan LED merah dan tampilan pada LCD berupa “jalan ditutup ada longsor”. Palang pintu akan tetap terbuka jika massa tanah yang terukur < 1.500 g, *buzzer* dinonaktifkan, namun LED hijau dan LCD aktif dengan tampilan pada layar berupa “tetap waspada, rawan longsor”. Hasil dari penelitian diharapkan dapat dimanfaatkan dan dikembangkan dengan prinsip yang sama dengan prototipe ini oleh pemerintah daerah dan masyarakat terkait agar dapat mengurangi kecelakaan dan kerugian pengendara di jalan raya akibat tanah longsor.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut: 1)perancangan perangkat keras sistem, 2)perancangan skema rangkaian sensor *load cell*, 3)perancangan perangkat lunak, 4)perancangan skema rangkaian sistem keseluruhan, 5)perancangan bentuk fisik prototipe secara keseluruhan dan pengujian serta analisa data.

1. Perancangan Perangkat Keras Sistem

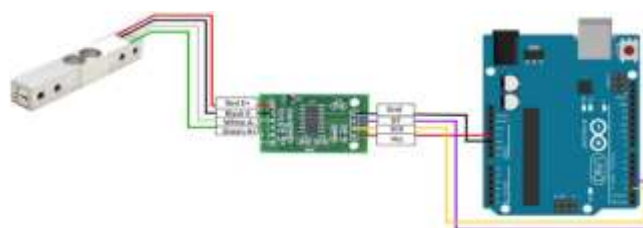
Diagram blok sistem pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Prinsip kerja alat diawali dengan diberikan tanah pada sistem yang nantinya akan dideteksi oleh massa tanah oleh sensor *load cell* yang dilengkapi dengan modul HX711 yang terhubung pada mikrokontroler Arduino Uno. Ketika sensor *load cell* mendeteksi adanya massa tanah ≥ 1500 g maka palang pintu akan menutupi jalan secara otomatis dan sistem akan mengaktifkan *buzzer* sebagai alarm peringatan, pada LCD akan tertulis “Jalan ditutup ada longsor” dan LED berwarna merah hidup menandakan adanya longsor. Jika massa tanah yang terdeteksi < 1500 g, maka LED hijau aktif dan LCD akan menampilkan tulisan berupa “tetap waspada rawan longsor” serta palang pintu akan terbuka.



Gambar 1. Diagram blok sistem

2. Perancangan Skema Rangkaian Sensor Load Cell

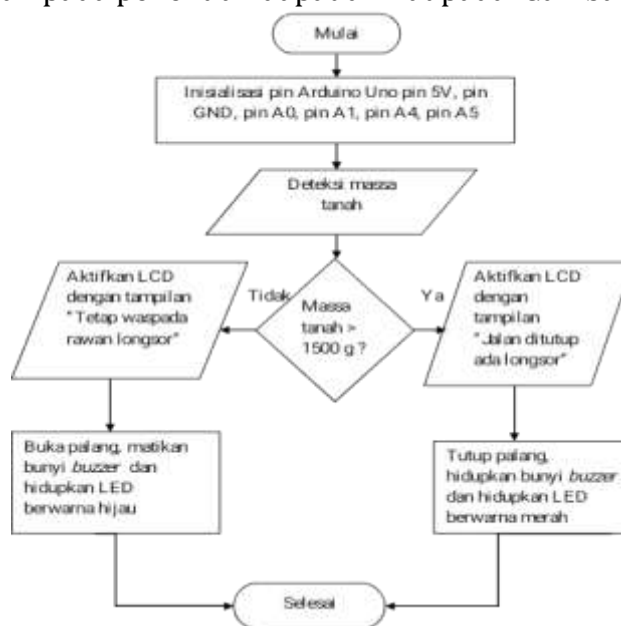
Pengujian sensor *load cell* dilakukan dengan menghubungkan satu buah sensor *load cell* dan modul HX711 dengan Arduino Uno R3. Rangkaian ini berfungsi untuk mengetahui adanya massa tanah. Massa maksimal yang dapat dikur sensor ini menurut datasheet adalah 5.000 g. Karakterisasi sensor *load cell* dilakukan dengan cara memvariasikan massa tanah pada sensor bentuk skema rangakain sensor *load cell* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema rangkaian sensor load cell

3. Perancangan Perangkat Lunak

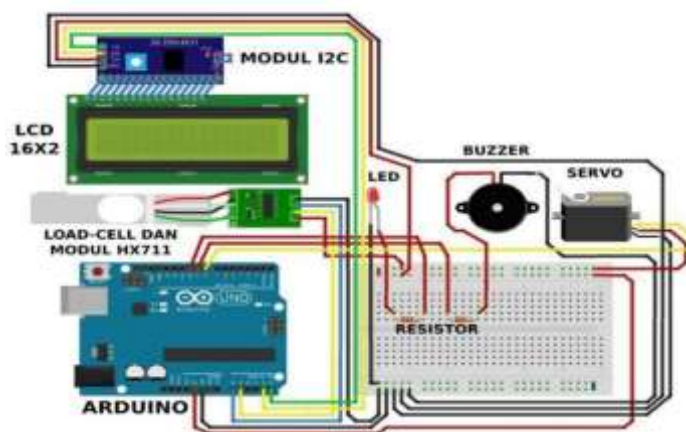
Perangkat lunak pada penelitian ini berupa program yang ditulis pada Arduino IDE, kemudian program ini di *upload* pada memori mikrokontroler *board*. Diagram alir program yang digunakan pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir program

4. Perancangan Skema Rangkaian Sistem Keseluruhan

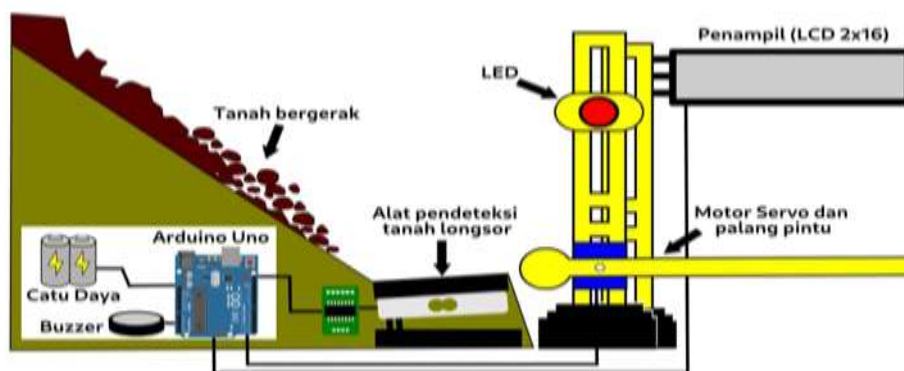
Semua komponen elektronik yang digunakan dihubungkan secara langsung pada mikrokontroler Arduino Uno. *Input* data dari sistem yaitu massa tanah yang terdeteksi oleh sensor *load cell*, kemudian diproses oleh mikrokontroler, sedangkan keluarannya berupa tertutup dan terbukanya palang pintu oleh motor servo, tampilan data pada LCD dan indikasi peringatan tanah longsor berupa alarm oleh *buzzer* dan LED yang menyala. Bentuk skema rangkaian sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema rangkaian sistem keseluruhan

5. Perancangan Bentuk Fisik Prototipe Keseluruhan

Bentuk fisik alat yang dirancang berupa prototipe dengan mempertimbangkan keefisienan dan kemudahan dalam menggunakan alat. Bentuk fisik alat yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Bentuk fisik prototipe keseluruhan

6. Pengujian, pengambilan dan Analisis data

Pengujian akhir prototipe dilakukan dengan mensimulasikan terjadinya tanah longsor translasi berskala laboratorium. Simulasi tanah longsor dibuat dengan mempertimbangkan faktor penyebab tanah longsor yaitu kemiringan lereng. Kemudian ketika menerima beban dari massa tanah maka sensor *load cell* akan mendeteksi adanya massa, maka palang pintu akan menutupi jalan dan sistem akan

mengaktifkan *buzzer* sebagai alarm, pada LCD akan tertulis “Jalan ditutup ada longsor” dan LED berwarna merah akan hidup menandakan adanya longsor.

Analisis data dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil dari pengukuran sensor. Analisis data dimulai dengan membandingkan data yang dihasilkan dengan data timbangan pembanding. Untuk mengetahui persentase kesalahan pada pengujian dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 1.

$$XY = \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \times 100\% \right| \quad (1)$$

Keterangan:

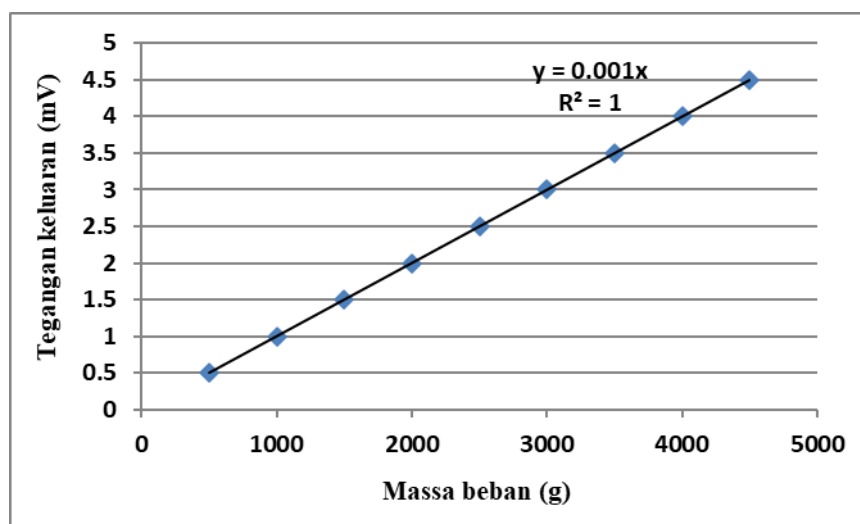
Y_n adalah nilai sebenarnya pada alat pembanding

X_n adalah nilai yang terbaca pada alat ukur.

C. Hasil dan Pembahasan

1. Data Hasil Karakterisasi Sensor *Load Cell*

Karakterisasi sensor *load cell* dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi massa beban yang diberikan terhadap tegangan keluaran yang dihasilkan. Massa beban yang diberikan bervariasi mulai dari massa 500 g hingga 5000 g dengan rentang nilai 500 gram. Beban yang digunakan berupa tanah kering bercampur batu. Tegangan keluaran dari sensor dibaca oleh multimeter yang dihubungkan pada kaki modul HX711. Data hasil karakterisasi sensor *load cell* kemudian diplot dalam bentuk grafik massa beban tanah yang diberikan terhadap tegangan keluaran dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil karakterisasi sensor *load cell*

Gambar 6 menunjukkan bahwa grafik yang dihasilkan oleh massa beban terhadap tegangan keluaran sensor berbentuk linear. Nilai tegangan sensor *load cell* berbanding lurus terhadap massa yang terukur, dengan fungsi transfer $y = 0,001x$

dan dengan derajat korelasi sebesar $R^2=1$. Nilai fungsi y merupakan tegangan keluaran dan variable x merupakan massa dari tanah. Data hasil karakterisasi sensor *load cell* ini sudah sesuai dengan *datashet*-nya, hal ini menunjukkan bahwa sensor dapat bekerja dengan baik.

2. Data Hasil Perbandingan Massa pada Sensor Load Cell dengan Timbangan Digital

Massa yang terukur oleh sensor *load cell* dibandingkan alat standar berupa timbangan digital. Objek yang diukur pada pengujian ini adalah tanah kering bercampur batu yang dimasukkan ke dalam plastik. Massa beban yang diberikan terlebih dahulu ditimbang menggunakan neraca Ohaus untuk menyamakan dengan timbangan digital agar nilai yang didapatkan lebih akurat. Data hasil dari perbandingan massa tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil perbandingan massa objek pada sensor *load cell* dengan timbangan digital

No	Massa objek pada sensor <i>load cell</i> (g)	Massa objek pada timbangan digital (g)	Error (%)
1	499,11	500	0,18
2	999,88	1000	0,01
3	1499,5	1500	0,03
4	1999,58	2000	0,02
5	2499,86	2500	0,005
6	3000,26	3000	0,009
7	3499,4	3500	0,02
8	3999,6	4000	0,01
9	4498,31	4500	0,04
10	4999,9	5000	0,002
Jumlah Error			0,32
Error rata-rata			0,06

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa hasil pengukurannya memiliki akurasi tertinggi yaitu 99,94% dan error 0,06 % yang berarti sensor ini dapat bekerja dengan baik dan dapat digunakan.

3. Hasil Pengujian Keseluruhan Rancangan Alat

Gambar 7 memperlihatkan hasil rancang bangun sistem secara keseluruhan yang telah dibuat. Alat dirancang menggunakan sensor *load cell* sebagai pendeteksi massa tanah diletakkan di kerangka bagian bawah. Sensor dipasangkan pada sebuah akrilik agar sensor dapat membaca beban tanah dengan baik., LED, LCD dan *buzzer* diletakkan di dalam sebuah kotak serta motor servo dilekatkan di palang yang terbuat dari *stick es*. Sensor *load cell* akan aktif saat diberikan beban berupa tanah.



Gambar 7. Bentuk fisik sistem yang dihasilkan secara keseluruhan

Data hasil pengujian alat secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Data Hasil pengujian keseluruhan alat

No	Massa Beban (g)	Indikator				Status
		Buzzer	LED	LCD	Palang	
1	0	Mati	Hijau	Tetap waspada Rawan longsor	Terbuka	Berhasil
2	125	Mati	Hijau	Tetap waspada Rawan longsor	Terbuka	Berhasil
3	275	Mati	Hijau	Tetap waspada Rawan longsor	Terbuka	Berhasil
4	321	Mati	Hijau	Tetap waspada Rawan longsor	Terbuka	Berhasil
5	772	Mati	Hijau	Tetap waspada Rawan longsor	Terbuka	Berhasil
6	998	Mati	Hijau	Tetap waspada Rawan longsor	Terbuka	Berhasil
7	1249	Mati	Hijau	Tetap waspada Rawan longsor	Terbuka	Berhasil
8	1430	Mati	Hijau	Tetap waspada Rawan longsor	Terbuka	Berhasil
9	1692	Hidup	Merah	Jalan ditutup Ada longsor	Tertutup	Berhasil
10	2235	Hidup	Merah	Jalan ditutup Ada longsor	Tertutup	Berhasil
11	2742	Hidup	Merah	Jalan ditutup Ada longsor	Tertutup	Berhasil
12	3238	Hidup	Merah	Jalan ditutup Ada longsor	Tertutup	Berhasil

Berdasarkan hasil diperoleh pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa sensor sebagai alat ukur sudah mampu mengukur massa beban tanah sesuai dengan program yang telah di *upload* pada memori mikrokontroler Arduino Uno. Sensor *load cell* yang digunakan memiliki kapasitas maksimum 5.000 g. Keluaran yang dihasilkan oleh *buzzer*, LED, LCD dan motor servo telah sesuai dengan tujuan pembuatan alat ini. *Buzzer* akan aktif, LED merah menyala dan LCD akan menampilkan "Jalan ditutup ada longsor" serta palang akan tertutup pada saat beban tanah sudah melebihi massa dari beban yang telah ditentukan pada program yaitunya ≥ 1.500 g. Jika massa kurang dari 1.500 g maka LED hijau menyala, tampilan pada LCD berupa "tetap waspada rawan longsor" dan palang pintu terbuka.

D. Simpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian prototipe yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa protipe ini sudah berhasil dengan baik, sudah bisa mengukur massa beban tanah yang diberikan yang sebagai acuan pergeseran tanah akibat longsor dengan kapasitas maksimum massa beban yang diukur adalah 5.000 g. Prototipe ini juga bisa membuka dan menutup palang pintu secara otomatis sesuai dengan perintah program yang diberikan. Oleh karena itu, alat ini perlu dikembangkan dengan menggunakan prinsip kerja alat yang telah dilakukan ini oleh pihak terkait untuk bisa diaplikasikan kelapangan secara langsung dengan mengganti sensor *load cell* yang kemampuan mengukur massa bebannya lebih besar.

Ucapan Terimaka Kasih

Terimakasih kami ucapkan kepada kepala laboratorium elektronika dan instrumentasi dan ketua Departemen Fisika Universitas Andalas yang telah memfasilitasi sarana dan prasarana dalam keberlangsungan penelitin ini.

Daftar Pustaka

- Bazlina, S.M., Syaryadhi, M., dan Zulhelmi (2017). Perancangan Prototipe Sistem Peringatan Dini Bencana Longsor Berbasis Mikrokontroler ATmega328, *Jurnal Teknik Elektro*, 2, (1), 23-28.
- BNPB Homepage (2019).Kejadian Bencana, <https://bnpb.go.id/infografis/kejadian-bencana-tahun-2019/>. diakses tanggal 20 Agustus 2021.
- BNPB Homepage (2020). Kejadian Bencana, <https://bnpb.go.id/infografis/kejadian-bencana-tahun-2020/>. diakses tanggal 20 Agustus 2021.
- BNPB Homepage (2021). Kejadian Bencana, <https://bnpb.go.id/infografis/kejadian-bencana-tahun-2021/>. diakses tanggal 17 Maret 2022.
- Diana, G. O, Wildian.W. (2019), Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Dini Tanah Longsor Berbasis SMS, *Jurnal Fisika Unand*, 8 (1), 20-25.
- Kristie, H.J , Budiman A (2021). Karakteristik Sifat Fisis Tanah Daerah Potensi Longsor di Jalan Raya Sumbar Riau Nagari Koto Alam, Sumatera Barat, *Jurnal Fisika Unand*, 10 (1), 123-129.

- Lisnawati.L, Suciyati, S.W, Warsito.W (2013)., Rancang Bangun Sensor Extensometer Elektris Sebagai Pendeteksi Pergeseran Permukaan Tanah dan Sistem Akuisisi Data pada Komputer, *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 1(1), 19-24.
- Mardhatillah. E, Wildian. W (2017). Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor Berbasis Mikrokontroler ATmega328 Menggunakan Metode Penginderaan Berat, *Jurnal Fisika Unand*, 6 (2), 162-168.