

# Perancangan Sensor LVDT dan Potensiometer Geser Sederhana Sebagai Alat Potensial Pendeteksi Pergeseran Tanah

Tri Siswandi Syahputra<sup>(a)\*</sup>, Heru Asyubi<sup>(b)</sup> dan Eko Satria<sup>(c)</sup>

Prodi Fisika, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Indonesia, 35141

Email : <sup>(a\*)</sup>trisiswandi@fi.itera.ac.id <sup>(b)</sup>heru.11116015@student.itera.ac.id <sup>(c)</sup>eko.satria@fi.itera.ac.id.

Diterima (10 Desember 2020), Direvisi (30 Januari 2021)

**Abstract.** A preliminary study on the design of a Linear Variable Differential Transformer (LVDT) sensor and a sliding potentiometer has been carried out. It is a distance measuring sensor that can be used as a ground shift sensor. This study aims to develop a new type of low cost mechanical sensor which has a high enough accuracy. The LVDT sensor is built using affordable materials such as PVC pipes, winding wires and iron cores, which is varied based on the number of primary coil and its diameter. While the potentiometer sensor is prepared by using linear bearing using electrode sheets of nickel and copper which is arranged by implemented the concept of the Newton-Wheatstone Bridge. The measurement value shows that the LVDT sensor with the number of primary coil of 110 and a diameter of 4 mm can measure with an accuracy of 0.5 mm and a range of more than 4 cm. While the sliding potentiometer using a sheet of copper electrodes can measure 0.5 mm with a range of more than 4 cm. The average error shown by the LVDT sensor and the sliding potentiometer is 5.2% and 6.4%, respectively.

**Keywords:** Configuration, LVDT, landslide, sliding potentiometer.

**Abstrak.** Telah dilakukan penelitian studi awal perancangan sensor *Linear Variable Differential Transformer* (LVDT) dan potensiometer geser yang merupakan sensor pengukur jarak yang dapat digunakan sebagai sensor pergeseran tanah. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengembangkan suatu jenis sensor mekanis baru yang berbiaya rendah tetapi tetap memiliki ketelitian yang cukup tinggi. Pada penelitian ini, sensor LVDT dibuat dengan menggunakan bahan terjangkau seperti pipa paralon, kawat lilitan dan inti besi yang divariasikan berdasarkan jumlah lilitan primer dan diameternya. Sedangkan sensor potensiometer dibuat dari *linear bearing* dengan menggunakan lembaran elektroda dari bahan nikel dan tembaga yang disusun seperti konsep jembatan newton wheatstone. Nilai pengukuran menunjukkan sensor LVDT dengan jumlah lilitan primer 110 dan diameter 4 mm dapat mengukur dengan ketelitian 0.5 mm dengan jangkauan lebih dari 4 cm. Sedangkan potensiometer geser dengan menggunakan lembaran elektroda tembaga dapat mengukur 0.5 mm dengan jangkauan lebih dari 4 cm. Galat rata rata yang ditunjukkan dari sensor LVDT dan potensiometer geser masing masing sebesar 5.2 % dan 6.4%.

**Kata kunci:** Konfigurasi, LVDT, pergeseran tanah, potensiometer geser.

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi sensor saat ini telah banyak digunakan untuk membantu manusia dalam beraktivitas. Jangkauan penggunaan sensor tidak hanya untuk skala industri, namun juga sampai skala rumah

tangga dan kesehatan. Selain itu pengembangan sensor juga saat ini telah digunakan untuk keperluan deteksi dini kebencanaan seperti banjir, kebakaran dan tanah longsor.

Penyebab longsor pada umumnya dipengaruhi oleh adanya aktivitas pergeseran tanah yang diakibatkan oleh curah hujan yang tinggi [1]. Pengukuran pergeseran tanah yang sering digunakan adalah menggunakan sensor *extensometer*, sensor getaran, sensor *accelerometer*, *inclinometer*, *fiber bragg grating strainmeter* [2,3]. Selain itu terdapat beberapa sensor lain yang secara teknis dapat juga digunakan untuk mendeteksi pergeseran tanah seperti sensor cahaya, sensor *linear variable differential transformer* (LVDT), dan potensiometer geser [3-8].

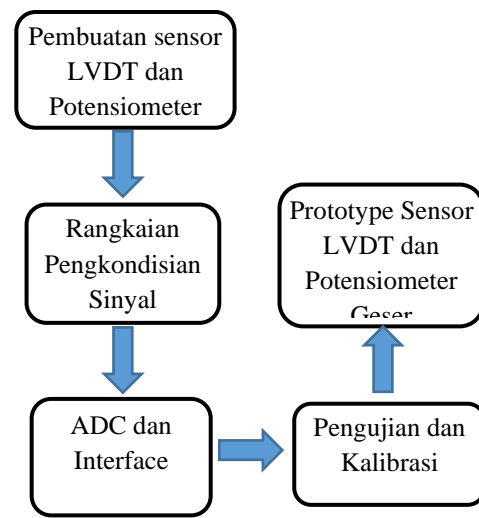
Sensor LVDT merupakan salah satu sensor magnetik yang sangat presisi yang dapat mengukur dengan ketelitian 0.1 mm [7]. Biasanya sensor ini digunakan untuk keperluan industri sehingga harganya masih relatif mahal. Untuk proses keperluan deteksi dini secara massal, tentu sensor tersebut tidak menjadi pilihan pertama. Sehingga diperlukan pembuatan sensor LVDT berbiaya rendah yang memiliki juga memiliki sensitifitas yang tinggi [5].

Selain sensor LVDT, Potensiometer geser juga dapat diaplikasikan sebagai sensor pergeseran tanah berbiaya rendah [4,7]. Sensor ini dapat memberikan keluaran tegangan yang berbeda dengan cara menggeser elektroda berbahan konduktor sesuai dengan prinsip jembatan *newton wheatstone*.

Pada penelitian ini, kemampuan sensor LVDT dan Potensiometer geser untuk mengukur pergeseran tanah akan diobservasi dengan menggunakan beberapa variable. Untuk Sensor LVDT, akan dilakukan variasi diameter lilitan dan panjang lilitan, Sedangkan pada potensiometer geser akan dilakukan variasi bahan elektroda.

## METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan sensor LVDT dan sensor potensiometer geser sekaligus pengukuran tegangan keluaran berbagai konfigurasi dengan tahapan penelitian ditunjukkan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Diagram blok tahapan penelitian

## Konsep Potensiometer Geser

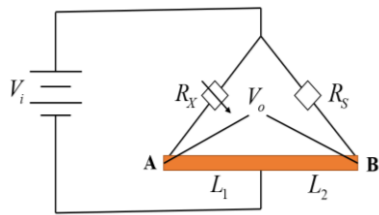
Pada penelitian ini potensiometer geser dirancang menggunakan prinsip jembatan *wheatstone* seperti pada **Gambar 2**.

Berdasarkan kaidah jembatan *wheatstone*, rangkaian akan dikatakan setimbang jika kedua sisi rangkaian tersebut memiliki keluaran yang sama, dapat dirumuskan dengan **Persamaan 1** dan **2**.

$$V_{oA} = \frac{R_1}{R_1 + R_x} V_i \quad (1)$$

dan

$$V_{oB} = \frac{R_2}{R_2 + R_s} V_i \quad (2)$$



**Gambar 2.** Rangkaian jembatan Newton-Wheatston

agar rangkaian menjadi sebanding maka ditinjau pada **Persamaan 3**.

$$V_{oA} = V_{oB} \tag{3}$$

sehingga menghasilkan **Persamaan 4**.

$$\frac{R_1}{R_x} = \frac{R_2}{R_5} \tag{4}$$

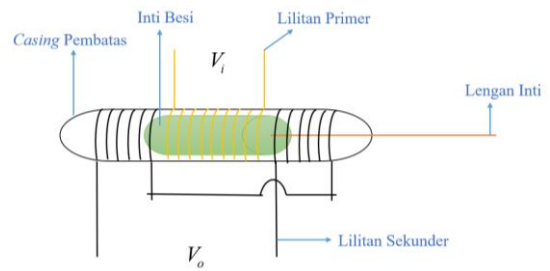
Pada penelitian ini  $R_1$  dan  $R_2$  diwakilkan dengan panjang variasi kawat tembaga dan nikel, dimana  $L_1$  dan  $L_2$  akan mempengaruhi nilai resistansi dari rangkaian tersebut.

Jika salah satu sisi dari kawat tembaga pada **Gambar 2**. mengalami perubahan panjang, misalnya  $L_1$  maka nilai dari resistansi  $R_1$  pada  $L_1$  akan berubah pula, sesuai dengan perubahan  $L_1$ , karena berdasarkan persamaan pada hambatan kawat pengantar bahwa resistansi sebuah bahan berbanding lurus dengan panjangnya (dalam keadaan  $\rho$  dan A konstan).

**Konsep Sensor LVDT**

Sensor LVDT memiliki inti berupa magnetik, sehingga besar atau kecil fluks yang dihasilkan oleh kumparan LVDT sangat dipengaruhi oleh inti magnetik tersebut. Sebagaimana menurut hukum Faraday bahwa fluks pada kumparan sama dengan arus dari kumparan tersebut, hal ini dapat ditulis dengan **Persamaan 5**.

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi}{dt} = -L \frac{dI}{dt} \tag{5}$$



**Gambar 3.** Desain sensor LVDT

dengan  $\varepsilon$  merupakan induksi magnetic,  $N$  jumlah lilitan,  $\phi$  fluks magnetic,  $L$  merupakan induksi timbal balik antara lilitan primer dan lilitan sekunder dan  $I$  adalah arus pada lilitan primer.

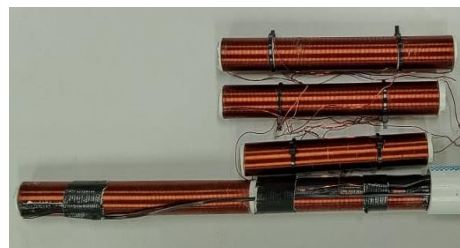
Pada penelitian ini sensor LVDT akan divariasikan jumlah lilitan primer dan skunder serta diameter kawat lilitannya. Inti besi yang digunakan berupa bahan ferit dengan panjang 8 cm diletakan ditengah tengah kumparan primer dan sekunder seperti pada **Gambar 3**.

Keluaran tegangan AC yang dihasilkan sensor dihubungkan dengan rangkaian pengkondisian sinyal untuk mendapatkan tegangan DC kemudian dihubungkan ke sistem pemrosesan sinyal.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Konfigurasi Sensor LVDT**

Untuk mengetahui konfigurasi yang sesuai dalam menghasilkan tegangan yang memiliki kecenderungan linear, sensor LVDT divariasikan berdasarkan diameter, diameter kawat lilitan dan jumlah lilitan yang dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Gambar 4**.



**Gambar 4.** Bentuk konfigurasi sensor LVDT

**Tabel 1.** Konfigurasi sensor LVD

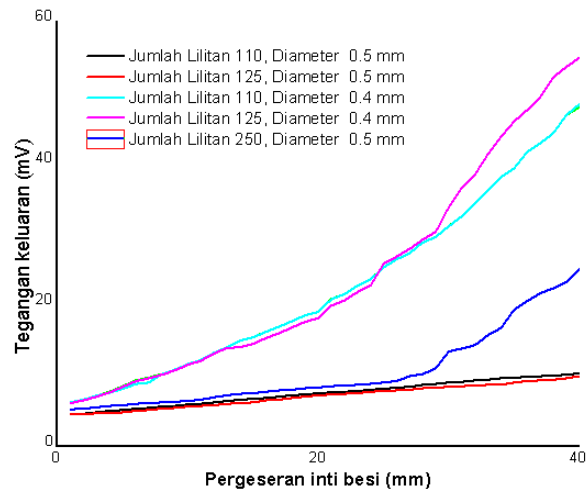
No	Jenis LVDT	Diameter kawat (mm)	Jumlah lilitan primer (cm)
1.	Sensor 1	0.4	110
2.	Sensor 2	0.4	125
3.	Sensor 3	0.5	110
4.	Sensor 4	0.5	125
5.	Sensor 5	0.5	250

Inti besi yang digunakan berdimensi panjang 8 cm dan sumber tegangan yang digunakan 3.2 volt AC. Untuk mengukur tegangan keluaran digunakan multimeter digital *precision fluke 8808A*.

Proses pengujian dan kalibrasi karakteristik sensor LVDT dilakukan di laboratorium instrumentasi Fisika. Besarnya pergeseran tanah dikalibrasi dengan menggunakan *laser distance meter fluke 424D*.

Dari hasil data pengukuran didapatkan grafik antara perubahan pergeseran inti besi dengan tegangan keluaran seperti pada **Gambar 5**. Pada **Gambar 5**, kelima jenis sensor memiliki keluaran yang berbeda beda, namun secara umum memiliki pola yang mirip, hanya saja panjang kelinearannya yang berbeda beda. Sensor 3 dan 4 memiliki masing masing tegangan keluaran terbesar yang terbaca adalah 9.93 mV dan 10.3 mV, dan tegangan terkecilnya adalah 4.54 mV. Sedangkan pada sensor 1 dan sensor 2, masing masing memiliki tegangan maksimumnya adalah 47,92 mV dan 54.93 mV dan tegangan minimumnya adalah 6.25 mV. Sedangkan pada sensor 5 pola grafik tidak membentuk linear yang panjang dan tegangan keluaran terbesar yang terbaca adalah 24.93 mV serta tegangan minimumnya 5.26 mV.

Perbedaan antara sensor 1 dan 2 dengan 3 dan 4 adalah dikarenakan diameter kawat yang berbeda sehingga dapat menghasilkan nilai flux yang berbeda juga. Meskipun demikian kelima sensor tersebut tetap secara



**Gambar 5.** Grafik keluaran sensor LVD

umum dapat digunakan sebagai sensor LVDT karena membentuk pola linear meskipun jangkauan linear dan nilai koefisien determinasinya berbeda.

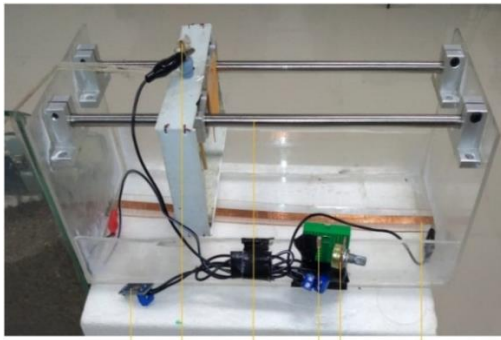
Dari kelima jenis sensor tersebut, sensor yang lebih linear dan adalah sensor 1 hal ini dikarenakan nilai tegangan yang dihasilkan juga memiliki cukup tinggi. Namun demikian, diperlukan pengukuran pada jarak yang lebih dari 4 cm untuk mengetahui apakah grafiknya tetap berpola linear atau tidak seperti yang dilakukan oleh jefri [5, 9] yang melakukan pengukuran sampai 15 cm meskipun tidak melakukan variasi diameter kawat lilitannya.

### Konfigurasi Potensiometer Geser.

Pada penelitian ini, potensiometer geser divariasikan berdasarkan jenis lembar elektroda dan jenis elektroda yang digunakan seperti pada **Tabel 2** dan **Gambar 6**.

**Tabel 2.** Konfigurasi sensor Potensiometer geser

No	Jenis Sensor	Jenis elektroda	Jenis lembaran elektroda
1	Sensor 1	Tembaga	Tembaga
2	Sensor 2	Nikel	Nikel

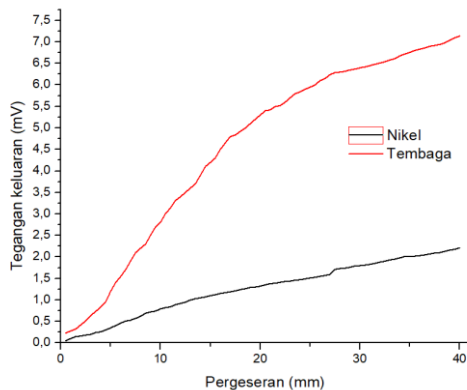


**Gambar 6.** Bentuk konfigurasi sensor potensiometer geser

Panjang diameter lembaran elektroda nikel dan tembaga yang digunakan dari titik tengah yaitu 15 cm, dan sumber tegangan yang digunakan 3,2 volt DC. Untuk mengukur tegangan keluaran digunakan multimeter *digital precision fluke 8808A*.

Proses pengujian dan kalibrasi karakteristik potensiometer geser dilakukan di laboratorium instrumentasi Fisika. Besarnya pergeseran tanah dikalibrasi dengan menggunakan *laser distance meter fluke 424D*.

Dari hasil data pengukuran didapatkan grafik dengan karakteristik keluaran masing masing pada **Gambar 7**. Pada **Gambar 7** dapat dilihat bahwa kinerja sensor memiliki nilai yang berbeda. Pada sensor 1 yang menggunakan elektroda tembaga, nilai tegangan yang terukur pada pergeseran jarak 4 cm adalah 7.14 mV, sedangkan pada sensor 2 yang menggunakan elektroda nikel tegangan keluaran maksimal yang ditunjukkan adalah 2.21 mV.



**Gambar 7.** Grafik keluaran potensiometer geser

Hal ini menunjukkan bahwa nilai tegangan keluaran dari sensor dipengaruhi oleh nilai jenis elektrodanya. Hal ini sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa nilai resistansi pada nikel lebih besar dari pada nilai resistansi pada tembaga. Meskipun demikian, bentuk grafik sedikit berbeda dengan potensiometer dari bahan karbon [4].

Meskipun demikian pengukuran akan lebih baik jika dilakukan pengukuran perubahan pergeseran tanah sampai jarak lebih dari 4 cm agar mendapatkan gambaran utuh dari kinerja sensor tersebut. Selain itu variasi elektroda lain perlu dilakukan untuk mengetahui konfigurasi sensor terbaik.

### Kalibrasi Konfigurasi Sensor LVDT dan Potensiometer Geser

Untuk mengetahui kinerja sensor diperlukan melakukan kalibrasi [10]. Pada penelitian ini kalibrasi dilakukan dengan membandingkan keluaran tegangan pada pengukuran perubahan jarak dengan menggunakan *laser distance meter fluke 424D* dengan pengukuran jarak manual menggunakan penggaris. Hasil pengukuran didapatkan bahwa terdapat galat rata-rata sebesar 5.2 % untuk konfigurasi sensor 1 LVDT dan 6.4 % untuk konfigurasi sensor 1 potensiometer geser dengan elektroda tembaga. Galat tersebut terjadi bisa dikarenakan ketika melakukan pengukuran terdapat beberapa kesalahan sistem mekanis maupun proses pengambilan data.

### KESIMPULAN

Telah dilakukan pembuatan sensor LVDT dan Potensiometer geser berbiaya rendah yang dapat mengukur pergeseran tanah skala laboratorium dengan sampai ketelitian 0.5 mm.

Galat rata rata yang dihasilkan pada pengukuran sensor LVDT dan potensiometer geser masing masing 5,2 % dan 6,4 %.

Konfigurasi sensor LVDT terbaik ditunjukkan oleh sensor dengan lilitan primer 110 dan diameter kawat 0.4 mm. Sedangkan konfigurasi terbaik potensiometer geser ditunjukkan oleh potensiometer dengan menggunakan elektroda tembaga.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Ristek dikti yang telah memberikan pendanaan melalui skema penelitian dosen pemula tahun pelaksanaan 2020.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. C. Hardiyatmo, *Tanah Longsor & Erosi Kejadian dan Penanganan*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. 2012.
- [2] M. Sättele, M. Krautblatter, M. Bründl, dan D. Straub, "Forecasting rock slope failure: how reliable and effective are warning systems", *Landslides*, vol. 13, no. 4, pp. 737–750, Aug. 2016, doi: 10.1007/s10346-015-0605-2.
- [3] E. Intrieri, G. Gigli, F. Mugnai, R. Fanti, dan N. Casagli, "Design and implementation of a landslide early warning system", *Eng. Geol.*, vol. 147–148, pp. 124–136, Oct. 2012, doi: 10.1016/j.enggeo.2012.07.017.
- [4] S. Y. Ulfa dan G. A. Pauzi, "Desain dan Realisasi Alat Pendeteksi Perubahan Tingkat Kemiringan Tanah sebagai Penyebab Tanah Longsor Menggunakan Sensor Potensio Linier Berbasis Mikrokontroler ATMega 8535", *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. vol. 04, no. 01, p. 8, 2016.
- [5] W. Jefriyanto, B. G. M. Saka, M. Pineng, dan M. Djamal, "Development of LVDT (Linear Variable Differential Transformer) sensor as land displacement sensor", *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1528, p. 012041. 2020. doi: 10.1088/1742-6596/1528/1/012041.
- [6] M. Jamil dan J. Togubu, "Implementasi Teknologi Wireless Sensor Network (WSN) untuk Monitoring Pergeseran Tanah", *PROtek J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 2, 2016, doi: 10.33387/protk.v3i2.158.
- [7] P. Madona, "Rancang Bangun Peringatan Bahaya Longsor dan Monitoring Pergeseran Tanah Menggunakan Komunikasi Berbasis GSM", *J. Elektro dan Mesin Terap.*, vol. 2, no. 1, pp. 43–53, May 2016, doi: 10.35143/elementer.v2i1.37.
- [8] O. O. Artha, B. Rahmadya, dan R. E. Putri, "Sistem Peringatan Dini Bencana Longsor Menggunakan Sensor Accelerometer dan Sensor Kelembabapan Tanah Berbasis Android", *J. Inf. Technol. Comput. Eng.*, vol. 2, no. 02, pp. 64–70. Sep. 2018. doi: 10.25077/jitce.2.02.64-70.2018.
- [9] W. Jefriyanto, "Analisis Pergeseran Tanah dengan Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Arduino Uno", *Prosiding SNIPS*. 2018.
- [10] R. Ekawita, R. Yuliza, and L. Lizalidiawati, "Desain Sistem Kalibrator dan Detektor Pergerakan Tanah Di Lahan Miring", *Seminar Nasional Fisika 2017 UNJ*. 2017. pp. SNF2017-CIP-95-SNF2017-CIP-102, doi: 10.21009/03.SNF2017.02.CIP.12.