

**DESAIN *TRANSDUCER* PERGESERAN UNTUK DETEKSI  
LONGSORAN PADA LERENG MENGGUNAKAN SENSOR *GIANT*  
*MAGNETORESISTANCE***

**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains

Program Studi Fisika



**Oleh :**

**Erni Nuraini**

**1901909**

**PROGRAM STUDI FISIKA**

**FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

**2023**

**DESAIN *TRANSDUCER* PERGESERAN UNTUK DETEKSI  
LONGSORAN PADA LERENG MENGGUNAKAN SENSOR *GIANT*  
*MAGNETORESISTANCE***

Oleh

Erni Nuraini

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana

Sains

Program Studi Fisika

Konsentrasi Fisika Instrumentasi

FPMIPA UPI

© Erni Nuraini

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2023

Hak cipta dilindungi Undang-Undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang, difotokopi atau cara lainnya tanpa izin penulis.

**LEMBAR PENGESAHAN**

ERNI NURAINI

DESAIN *TRANSDUCER* PERGESERAN UNTUK DETEKSI  
LONGSORAN PADA LERENG MENGGUNAKAN SENSOR *GIANT*  
*MAGNETORESISTANCE*

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I,



Dr. Ahmad Aminudin, M.Si.

NIP. 197211122008121001

Pembimbing II,



Dr. Mimin Iryanti, M.Si.

NIP. 197712082001122001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Fisika



Prof. Dr. Endi Suhendi, M.Si.

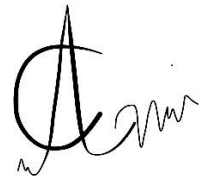
NIP. 197905012003121001

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “**DESAIN *TRANSDUCER* PERGESERAN UNTUK DETEKSI LONGSORAN PADA LERENG MENGGUNAKAN SENSOR *GIANT MAGNETORESISTANCE***” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 01 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan



**Erni Nuraini**

**1901909**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT., yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*DESAIN TRANSDUCER PERGESERAN UNTUK DETEKSI LONGSORAN PADA LERENG MENGGUNAKAN SENSOR GIANT MAGNETORESISTANCE*”.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini, diantaranya :

1. Tuhan Yang Maha Esa dengan segala karunia-Nya dan kekuatan-Nya.
2. Bapak Dr. Ahmad Aminudin, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik Program Studi Fisika Universitas Pendidikan Indonesia serta dosen pembimbing I dalam penelitian ini.
3. Ibu Dr. Mimin Iriyanti, M.Si. selaku dosen pembimbing II dalam penelitian ini.
4. Kepada keluarga dan teman-teman terimakasih atas dorongan, Motivasi, masukan serta saran, bantuan dan do'a yang telah diberikan sehingga penulisan skripsi ini dapat selesai sebagaimana mestinya.

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Sains di Program Studi Fisika Universitas Pendidikan Indonesia. Semoga penelitian ini bermanfaat dan dapat menambah wawasan dan sumbangsih yang berarti bagi ilmu pengetahuan dunia sekarang dan yang akan datang.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan skripsi ini jauh dari kata sempurna karena keterbatasan ilmu yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk perbaikan dan penyempurnaan dalam menjadikan laporan ini sehingga dapat dijadikan sebagai referensi untuk penyusunan laporan kegiatan yang sejenis.

Bandung, 01 Agustus 2023

Penulis,

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari berbagai pihak yang telah memberikan dukungan berupa moril maupun materil, membimbing dan mengarahkan, meluangkan waktu, berbagi pemikiran, serta tenaganya kepada penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, izinkan penulis mengucapkan terima kasih, khususnya kepada :

1. Bapak Supriatna, seseorang yang biasa penulis sebut ayah. Terima kasih sudah mengantarkan penulis berada ditempat ini, selalu berjuang untuk kehidupan penulis, kerja keras dan menjadi tulang punggung keluarga hingga penulis bisa tumbuh dewasa dan berada di posisi saat ini.
2. Ibu Yati Mulyati, perempuan hebat yang selalu menjadi penyemangat. Terima kasih sudah melahirkan, merawat dan membesarkan penulis dengan penuh cinta.
3. Suparto Andri Wijaya, Moch Hari Prasatia dan Wida Widiawati, sosok yang darahnya juga ikut mengalir dalam tubuh penulis. Terima kasih karena selalu memberikan semangat, dukungan, dan doa untuk setiap langkah penulis.
4. Bapak Dr. Ahmad Aminudin, M.Si., selaku Dosen Pembimbing I dan Dosen Penguji 3 yang telah memberikan bimbingan, arahan, fasilitas, motivasi, dan dedikasinya kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Dr. Mimin Iriyanti, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, kesempatan dan motivasi kepada penulis selama penelitian berlangsung.
6. Bapak Dr. Endi Suhensi, M.Si., selaku ketua program studi fisika FPMIPA UPI yang telah memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis selama menyelesaikan penulisan skripsi ini.
7. Bapak Drs. Waslaluiddin, M.T., selaku Dosen Penguji 1 yang telah memberi saran dan motivasi kepada penulis selama menyelesaikan penulisan skripsi ini.
8. Bapak Dr. Andhy Setiawan, M.Si., selaku Dosen Penguji 2 yang telah memberi saran dan motivasi kepada penulis selama menyelesaikan penulisan skripsi ini.

9. Teman-teman riset sensor GMR : Adelia Nurulswarna dan Fanny Maulida yang telah berjuang bersama, bertukar pikiran dan tidak gentar dalam menghadapi semua halangan dan rintangan sampai akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
10. Teman-teman Poopita : Annisa Turrahmah, Adelia Nurulswarna, Fanny Maulida, Erlia Wiky Rohani Simatupang, Siti Maryam, Imelda Rara Rahmawati, dan Putri Ekarani yang telah menjadi rumah kedua bagi penulis dan telah berjuang bersama serta berbagi suka duka selama proses perkuliahan berlangsung.
11. Seluruh mahasiswa Arsa Ananta serta seluruh pihak yang telah memberikan dukungan kepada penulis.
12. Terakhir, terima kasih untuk diri sendiri karena telah mampu berjuang sejauh ini. Mampu mengendalikan diri dari berbagai tekanan diluar keadaan dan tak pernah memutuskan untuk menyerah sesulit apapun proses penyusunan skripsi ini.

## ABSTRAK

Pergeseran tanah longsor cenderung terjadi dalam skala mikro. Transducer pergeseran adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur perubahan posisi atau pergeseran suatu objek dalam skala mikro. Salah satu sensor yang dapat digunakan sebagai transducer pergeseran adalah sensor *giant magnetoresistance* (GMR). Teknologi GMR menggunakan efek magnetoresistansi raksasa untuk mendeteksi perubahan medan magnet. Sensor ini mengukur perubahan resistansi listrik dari material sebagai tanggapan dari perubahan medan magnet, dan perubahan ini dapat diindikasikan ke dalam pergeseran atau perubahan posisi. Dalam penelitian ini perubahan medan magnet dipicu oleh pergerakan tanah pada lereng untuk sudut kemiringan  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  dan  $60^\circ$  terhadap titik acuannya, yaitu sensor. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah konsep pergeseran posisi yang didapatkan dari hasil deteksi sensor GMR mampu digunakan dalam memonitoring potensi tanah longsor akibat adanya pergerakan posisi permukaan tanah pada lereng. Hasil uji deteksi pergeseran posisi menunjukkan bahwa cara kerja sensor GMR tidak dipengaruhi oleh medan magnet bumi, tetapi hanya dipengaruhi oleh medan magnet permanen dengan sensitivitas sensor GMR saat merespon pergeseran sebesar  $0,009 V/mm$ . Sementara itu, untuk hasil uji prototipe longsor diperoleh bahwa dalam mendeteksi pergeseran posisi sensor GMR dapat mendeteksi pergeseran sampai  $16,29mm$  pada kemiringan lereng  $60^\circ$  dengan titik awal pengukuran berada pada jarak  $6mm$  dengan respon tegangan keluaran sebesar  $1,210V$ . Dengan pola keruntuhan lereng berbeda untuk setiap variasi kemiringan, tetapi sama-sama dimulai dengan rembesan, retakan, dan keruntuhan. Berdasarkan pengujian, telah berhasil dibuat *transducer* pergeseran untuk deteksi pergerakan tanah longsor pada lereng menggunakan sensor *giant magnetoresistance* berbasis mikrokontroler *Atmega328p*

Kata Kunci : Sensor *Giant Magnetoresistance*, *Transducer* Pergeseran, Pergerakan Tanah, Kemiringan Lereng, Sensitivitas Pergeseran.



## ABSTRACT

*Landslides tend to occur on a micro scale. A shift transducer is a device used to measure the change in position or shift of an object on a micro scale. One of the sensors that can be used as a shift transducer is the giant magnetoresistance (GMR) sensor. GMR technology uses the giant magnetoresistance effect to detect changes in magnetic fields. It measures the change in electrical resistance of the material in response to a change in magnetic field, and this change can be indicated as a shift or change in position. In this study, the change in magnetic field is triggered by soil movement on the slope for inclination angles of 30°, 45° and 60° with respect to the reference point, the sensor. This study was conducted to determine whether the concept of positional shift obtained from the detection results of GMR sensors can be used in monitoring the potential for landslides due to the movement of the ground surface position on the slope. The results of the position shift detection test showed that the GMR sensor is not influenced by the earth's magnetic field, but only by the permanent magnetic field with the sensitivity of the GMR sensor when responding to a shift of 0,009 V/mm. Meanwhile, for the results of the avalanche prototype test, it was found that in detecting a shift in position, the GMR sensor can detect a shift of up to 16,29mm at a slope of 60° with the starting point of measurement at a distance of 6mm with an output voltage response of 1,210V. With different slope collapse patterns for each slope variation, but both start with seepage, cracks, and collapse. Based on the test, a shift transducer for landslide movement detection on slope using giant magnetoresistance sensor based on microcontroller Atmega328p has been successfully made.*

*Keywords: Giant Magnetoresistance Sensor, Shift Transducer, Landslide, Slope, Shift Sensitivity.*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
PERNYATAAN.....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
ABSTRAK .....	vi
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
1.6 Sistematika Penulisan .....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	8
2.1 Tanah Longsor .....	8
2.1.1 Faktor Penyebab dan Pemicu Tanah Longsor .....	8
2.1.2 Jenis-Jenis Tanah Longsor .....	10
2.1.3 Mekanisme Tanah Longsor .....	12
2.2 Konsep Pergeseran .....	12
2.3 Rembesan .....	14
2.4 Sensor.....	15

2.4.1	GMR ( <i>Giant Magnetoresistance</i> ) NVE AB001-02.....	15
2.4.2	Sensor Kelembaban Tanah .....	19
2.5	Sistem Penguat Instrumentasi .....	20
2.5.1	Penguat Instrumentasi AD620.....	21
2.6	Mikrokontroler .....	23
2.6.1	Arduino UNO ATmega328p .....	24
2.6.2	Analog to Digital Converter (ADC).....	25
2.6.3	<i>Liquid Crystal Display</i> (LCD).....	26
2.7	Analisis Regresi .....	27
2.7.1	Regresi Linear .....	28
2.7.2	Regresi Non Linear .....	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....		30
3.1	Desain Penelitian.....	30
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian .....	30
3.3	Prosedur Penelitian.....	30
3.3.1	Studi Literatur.....	31
3.3.2	Perancangan Perangkat Keras dan Lunak .....	32
3.3.3	Pembuatan Perangkat Keras dan Lunak .....	32
3.3.4	Pembuatan Prototipe.....	32
3.3.5	Pengujian Alat dan Sistem .....	33
3.3.6	Pengambilan Data.....	33
3.3.7	Analisis Data .....	33
3.3.8	Kesimpulan.....	34
3.4	Alat dan Bahan.....	34
3.5	Diagram Blok Sistem Data.....	35

3.6	Pembuatan Rangkaian.....	36
3.7	Konsep Sensing.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		39
4.1	Uji Pengaruh Kuat Medan Magnet Bumi dan Medan Magnet Permanen.....	39
4.1.1	Magnet Bulat .....	40
4.1.2	Magnet Balok Tipis .....	41
4.1.3	Magnet Balok tebal .....	43
4.2	Uji Sensitivitas Sensor GMR .....	44
4.2.1	Uji Rangkaian Pembagi Tegangan .....	44
4.2.2	Karakterisasi Modul Penguat AD620.....	47
4.2.3	Karakterisasi Elastisitas Pegas .....	48
4.2.4	Karakterisasi Respon Sensor GMR terhadap Konfigurasi 1, 2 dan 3 .....	50
4.2.5	Uji Gangguan Medan Magnet Bumi .....	53
4.2.6	Karakterisasi Respon Sensor GMR terhadap Pergeseran Jarak Magnet Setiap Orde mm .....	54
4.2.7	Hubungan Respon Sensor GMR terhadap Perubahan Jarak Magnet .....	56
4.2.8	Pemrograman Mikrokontroller Atmega328 .....	57
4.3	Uji Transducer Pergeseran untuk Deteksi Longsor pada Lereng	63
4.3.1	Respon Sensor GMR Terhadap Uji Prototipe Pergerakan Tanah Longsor pada Kemiringan 30°, 45° dan 60° .....	63
4.3.2	Pola Keruntuhan Tanah Pada Kemiringan 30°, 45° dan 60°.....	69
BAB V.....		74
SIMPULAN DAN REKOMENDASI .....		74

5.1	Simpulan .....	74
5.2	Rekomendasi .....	75
	DAFTAR PUSTAKA .....	76
	LAMPIRAN.....	81

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Penyebab umum tanah longsor .....	8
<b>Tabel 2. 2</b> Klasifikasi pergerakan lereng (Varnes, 1978).....	10
<b>Tabel 3. 1</b> Komponen penyusun perangkat keras dari desain transducer pergeseran menggunakan sensor GMR untuk mendeteksi pergerakan tanah longsor.....	34
<b>Tabel 4. 1</b> Data Sampel Tanah .....	70
<b>Tabel 4. 2</b> Data Hasil Penyaringan Menggunakan 3 Ukuran Mesh .....	72

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Jenis hamburan spin dalam multilayer magnetik.....	16
<b>Gambar 2. 2</b> Ilustrasi transpor elektron pada magnetik struktur multilayer untuk magnetisasi paralel (a) dan antiparalel (b) .....	17
<b>Gambar 2. 3</b> Skema sensor GMR multilayer dengan medan magnet eksternal ..	18
<b>Gambar 2. 4</b> (a) Skema Sensitivitas Sensor GMR; (b) Diagram Blok Fungsi Sensor GMR.....	18
<b>Gambar 2. 5</b> Capacitive Soil Moisture Sensor .....	19
<b>Gambar 2. 6</b> Modul Penguat Instrumentasi AD620 Skema Rekayasa Terbalik (protosupplies.com, 2023).....	23
<b>Gambar 2. 7</b> Arduino UNO ATmega328p .....	25
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir Desain Transducer Pergeseran menggunakan Sensor GMR untuk Aplikasi Tanah Longsor.....	31
<b>Gambar 3. 2</b> Desain Prototipe .....	33
<b>Gambar 3. 3</b> Diagram Blok Sistem Data Pergeseran Tanah Longsor menggunakan Sensor GMR.....	36
<b>Gambar 3. 4</b> Skematik Rangkaian Sensor GMR Menggunakan Modul Penguat AD620 dan <i>Capacitive Soil Moisture Sensor</i> .....	37
<b>Gambar 3. 5</b> Sensor GMR di atas PCB .....	37
<b>Gambar 3. 6</b> Desain Prototipe Aplikasi Sensor GMR dalam Pergeseran Posisi .	38
<b>Gambar 4. 1</b> Mengukur Kuat Medan Magnet Menggunakan Gauss Meter .....	40
<b>Gambar 4. 2</b> Magnet Bulat .....	40
<b>Gambar 4. 3</b> Grafik Hasil Pengujian Kuat Medan Magnet Bulat.....	40
<b>Gambar 4. 4</b> Magnet Balok Tipis .....	41
<b>Gambar 4. 5</b> Grafik Hasil Pengujian Kuat Medan Magnet Balok tipis.....	42
<b>Gambar 4. 6</b> Magnet Balok Tebal .....	43

<b>Gambar 4. 7</b> Grafik Hasil Pengujian Kuat Medan .....	43
<b>Gambar 4. 8</b> Uji Rangkaian Pembagi Tegangan .....	45
<b>Gambar 4. 9</b> Grafik Hubungan Tegangan Keluaran Terhadap Tegangan Masukan Pada Rangkaian Tegangan Pembagi .....	46
<b>Gambar 4. 10</b> Uji Karakteristik Modul Penguat AD620 .....	47
<b>Gambar 4. 11</b> Grafik Hubungan Tegangan Keluaran Terhadap Tegangan Masukan Pada Modul Penguat AD620.....	48
<b>Gambar 4. 12</b> <i>Pengujian Karakteristik Elastisitas Pegas</i> .....	49
<b>Gambar 4. 13</b> Grafik Hubungan antara Gaya dengan Perubahan Panjang Pegas	50
<b>Gambar 4. 14</b> Konfigurasi 1, Konfigurasi 2 dan Konfigurasi 3. ....	50
<b>Gambar 4. 15</b> Grafik Hubungan Tegangan Keluaran Sensor GMR+AD620 Terhadap Perubahan Jarak .....	52
<b>Gambar 4. 16</b> Grafik Hubungan Tegangan Keluaran Sensor GMR +AD620 terhadap Perubahan Jarak Magnet Pada 4 Arah Medan Magnet Bumi .....	53
<b>Gambar 4. 17</b> Hubungan Tegangan Keluaran Sensor GMR+AD620 Terhadap Pergeseran Jarak Magnet Orde mm .....	55
<b>Gambar 4. 18</b> Hubungan Tegangan Keluaran Sensor GMR+AD620 Terhadap Pergeseran Jarak Magnet.....	56
<b>Gambar 4. 19</b> Tampilan LCD Hasil Pemrograman .....	63
<b>Gambar 4. 20</b> Lereng dengan Kemiringan $30^\circ$ .....	65
<b>Gambar 4. 21</b> Grafik Hubungan Sensor GMR Terhadap Kemiringan Tanah $30^\circ$ .....	65
<b>Gambar 4. 22</b> Lereng dengan Kemiringan $45^\circ$ .....	66
<b>Gambar 4. 23</b> Grafik Hubungan Sensor GMR Terhadap Kemiringan Tanah $45^\circ$ .....	67
<b>Gambar 4. 24</b> Lereng dengan Kemiringan $60^\circ$ .....	68



<b>Gambar 4. 25</b> Grafik Hubungan Sensor GMR Terhadap Kemiringan Tanah <b>60°</b> .....	69
<b>Gambar 4. 26</b> <i>Soil Texture Triangle</i> (Cámara dkk., 2016).....	73

## DAFTAR PUSTAKA

- (BNPB), B. N. P. B. (2022). *Geoportal Data Bencana Indonesia - BNPB*.  
<https://gis.bnpb.go.id/>
- (PDSI), B. P. D. dan S. I., (Pusdatinkom), P. D. I. dan K. K., & (BNPB), B. N. P. B. (2022). *Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI) - BNPB*.  
<https://dibi.bnpb.go.id/>
- (VSI), V. S. of I. (2022). *Gerakan Tanah Indonesia: 2021 dan 2022*.  
<https://vsi.esdm.go.id/index.php/kegiatan-pvmbg/kegiatan-diseminasi-informasi/3915-gerakan-tanah-indonesia--2021-dan-2022>
- Afif, H., Widodo, A., Pandu, J., Syaifuddin, F., Geofisika, D. T., Teknik, F., & Lingkungan, S. (2019). Rancang Bangun Sistem Monitoring Pergerakan Tanah Menggunakan Metode Multi Segment Inclinomater Berbasis Accelerometer ( Studi Kasus Model Lereng ). *Jurnal Geosaintek, Vol. 5 No. 1 Tahun 2019. 25-30. p-ISSN: 2460-9072, e-ISSN: 2502-3659; Http://Dx.Doi.Org/10.12962/J25023659.V5i1.4732, 5(1), 25–30.*
- Aminudin, A. Tjahyono, D.H. Suprojadi. Djamal, M. Zaen, R. Nandiyanto, A. B. D. (2017). Solution Concentration and Flow Rate of Fe<sup>3+</sup>- modified Porphyrin (Red Blood Model) on Giant Magnetoresistance (GMR) Sensor Efficiency. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering PAPER, 1, 1–5.*  
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/180/1/012137>
- Aminudin, A., Harnum, R. D., & Iryanti, M. (2019). The characterization of giant magnetoresistance sensor for prototype of bridge deflection measurement. *Journal of Physics: Conference Series, 1280(2), 0–6.*  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1280/2/022065>
- Andrianto, H. (2015). *Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega16 Menggunakan Bahasa C (CodeVisionAVR)*. Informatika Bandung.
- Anisah, Handoko, E. Y., Luthfi, A., & Sutarjono, J. (2010). PEMANFAATAN TEKNOLOGI GPS UNTUK PEMANTAUAN PERGERAKAN TANAH DAN KORELASINYA DENGAN ZONASI KERENTANAN GERAKAN TANAH (Studi Kasus: Kampung Singkup, Desa Ciherang, Kecamatan

- Sumedang Selatan, Kabupaten Sumedang). *Geoid*, 4(1), 22–31.
- Bandwidth, G., N, P. M., & Cerdip, Q. (n.d.). a Available in 8-Pin DIP and SOIC Packaging. *Source*, 1–16.
- Bejo, A. (2008). *C & AVR : Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler ATmega8535*. Graha Ilmu.
- Bishop, O. (2004). *Dasar-Dasar Elektronika*. Erlangga.
- Cámara, J., Lázaro-López, A., & Gómez-Miguel, V. (2016). Introducing heterogeneity measurements in terroir studies. Application in the Região Demarcada do Douro (N Portugal). *11th International Terroir Congress, July*. [https://www.researchgate.net/publication/306410569\\_Introducing\\_heterogeneity\\_measurements\\_in\\_terroir\\_studies\\_Application\\_in\\_the\\_Regiao\\_Demarcada\\_do\\_Douro\\_N\\_Portugal](https://www.researchgate.net/publication/306410569_Introducing_heterogeneity_measurements_in_terroir_studies_Application_in_the_Regiao_Demarcada_do_Douro_N_Portugal)
- Chamim, A. N. N. (2010). Penggunaan Microcontroller sebagai Pendeteksi Posisi dengan Menggunakan Sinyal GSM. *Jurnal Informatika*.
- DFRobot. (2018). *Capacitive Soil Moisture Sensor*. 1–6. <https://www.sigmalelectronica.net/wp-content/uploads/2018/04/sen0193-humedad-de-suelos.pdf>
- Hamzah, S. M., Djoko, S., Wahyudi, W. P., & Budi, S. (2008). Pemodelan Perembesan Air Dalam Tanah. *Semnas Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 346–353.
- Harry Christady, H. (2012). *Tanah Longsor & Erosi, Kejadian dan Penanganan*. Gadjah Mada Universty Press.
- Kurniawan, A. R. I., & Yandri, W. (2020). *Vol. 2 No.5 Edisi 1 Oktober 2020* <http://jurnal.ensiklopediaku.org> *Ensiklopedia of Journal*. 2(5), 1–6.
- Lisnawati, Suciwati, S. W., & Warsito. (2013). Rancang Bangun Sensor Extensometer Elektris sebagai Pendeteksi Pergeseran Permukaan Tanah dan Sistem Akuisisi Data pada Komputer. *Teori Dan Aplikasi Fisika*, 01(01), 19–24.
- Mahardika yoga darmawan. (2021). Perancangan Alat Ukur Pergeseran Tanah

- Skala Laboratorium. *Electrician*, 15(2), 83–88.  
<https://doi.org/10.23960/elc.v15n2.2168>
- Maniam, G., Sampe, J., Jaafar, R., Hamzah, A. A., & Zin, N. M. (2022). Bio-FET Sensor Interface Module for COVID-19 Monitoring Using IoT. *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, 18(12), 70–88.  
<https://doi.org/10.3991/ijoe.v18i12.31877>
- Mitra Djamel, dkk. (2011). Sensor Magnetik GMR, Teknologi dan Aplikasi Pengembangannya. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXV HFI Jateng & DIY*, 1(1), 1–8.
- Munir, M. (2003). *Geologi Lingkungan*. Bayu Media.
- Muntohar, A. S. (2006). Pengaruh Rembesan dan Kemiringan Lereng Terhadap Keruntuhan Lereng. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(2), 1–62.  
<https://tekniksipil.umy.ac.id/wp-content/uploads/2011/06/Jurnal-TS-UCY-Vol-1-No-2-Agustus-2006.pdf>
- Nursuwars, F. M. sugiartana, Kurniati, N. I., & Hidayat, M. T. (2019). Accelerometer sebagai Pendeteksi Dini Pergerakan Tanah. *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 8(1), 9.  
<https://doi.org/10.36055/setrum.v8i1.4110>
- NVE. (2012). *NVE: GMR sensor catalog*. 14–15. [www.nve.com](http://www.nve.com)
- protosupplies.com. (n.d.). *AD620 Instrumentation Amplifier Module*. Retrieved August 16, 2023, from <https://protosupplies.com/wp-content/uploads/2021/02/AD620-Instrumentation-Amplifier-Module-Schematic.jpg>
- Raharja, S., Paripurno, E. T., Hartadi, Dj., Alfiani, O. D., & Apriyanti, D. (2017). *Pemantauan Pergerakan Tanah Menggunakan GPS Geodetik*.
- Retnawati, H. (2017). Pengantar Analisis Regresi dan Korelasi. *Universitas Negeri Yogyakarta*, 1–18. <http://staffnew.uny.ac.id/upload/132255129/pengabdian/4-materi-Pengantar Analisis Regresi-alhamdulillah.pdf>
- Risdiyanto, I. (2016). *Identifikasi Daerah Rawan Longsor. June 2011*.

<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4316.5684>

- Saputro, B. H. (2014). Aplikasi sistem sensor serat optik untuk pengukuran frekuensi getaran akustik. *Jurnal Fisika Unand*.
- Saputro, B. H., -, H., & -, W. (2014). Analisis Pergeseran Mikro Menggunakan Sensor Serat Optik Fd 620-10. *Jurnal Ilmu Fisika / Universitas Andalas*, 6(1), 36–39. <https://doi.org/10.25077/jif.6.1.36-39.2014>
- Serrano Cardona, L., & Muñoz Mata, E. (2013). Paraninfo Digital. *Early Human Development*, 83(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2006.05.022>
- Suhaeb, S., Abd Djawad, Y., Jaya, H., Ridwansyah, Sabran, & Risal, A. (2017). Mikrokontroler dan Interface. *Buku Ajar Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika UNM*, 2–3. [https://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&as\\_sdt=0%2C5&q=jurnal+artikel+ilmiah&btnG=](https://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=jurnal+artikel+ilmiah&btnG=)
- Sumber daya, D. E. (2005). Pengenalan Gerakan Tanah. *Esdm*. [https://www.esdm.go.id/assets/media/content/Pengenalan\\_Gerakan\\_Tanah.pdf](https://www.esdm.go.id/assets/media/content/Pengenalan_Gerakan_Tanah.pdf)
- Supandi, AR, S., & Ag, I. (2017). Pengaruh Morfologi dan Sifat Material Terhadap Kestabilan Lereng Di Kecamatan Kalibawang, Kulon Progo. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 10(1), 84–91.
- Varnes, D. (1978). Slope Movement Types and Processes. *Special Report*, 176, 11–33.
- Wardana, I. G. N. (2011). PENGARUH PERUBAHAN MUKA AIR TANAH DAN TERASERING TERHADAP PERUBAHAN KESTABILAN LERENG I G. N. Wardana. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 15(1), 83–92.
- Yisrel, Y., Laksono, A. D., & Rohini, R. (2020). Review Jenis Sensor yang Dapat Mendeteksi Tanah Longsor. *SPECTA Journal of Technology*, 4(2), 75–83. <https://doi.org/10.35718/specta.v4i2.221>
- Yuliara, I. M. (2016). Modul Regresi Linier Sederhana. *Universitas Udayana*, 1–10.

[https://simdos.unud.ac.id/uploads/file\\_pendidikan\\_1\\_dir/3218126438990fa0771ddb555f70be42.pdf](https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_pendidikan_1_dir/3218126438990fa0771ddb555f70be42.pdf)