

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKUR PENURUNAN MUKA  
TANAH DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR *GIANT*  
*MAGNETORESISTANCE***

**SKRIPSI**

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Fisika  
Kelompok bidang kajian Fisika Instrumentasi



oleh

Adelia Nurulswarna

1903853

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
2024**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKUR PENURUNAN MUKA  
TANAH DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR *GIANT*  
*MAGNETORESISTANCE***

Oleh  
Adelia Nurulswarna

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Fisika  
Konsentrasi Fisika Instrumentasi  
FPMIPA UPI

© Adelia Nurulswarna  
Universitas Pendidikan Indonesia  
Januari 2024

Hak cipta dilindungi Undang-Undang  
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak  
ulang, difotokopi atau cara lainnya tanpa izin penulis.

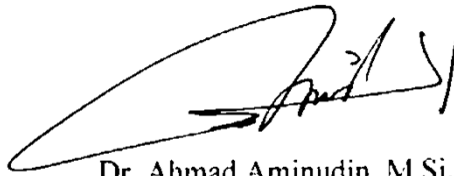
**LEMBAR PENGESAHAN**

ADELIA NURULSWARNA

RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKUR PENURUNAN MUKA TANAH  
DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR *GIANT MAGNETORESISTANCE*

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing 1,



Dr. Ahmad Aminudin, M.Si.  
NIP. 197211122008121001

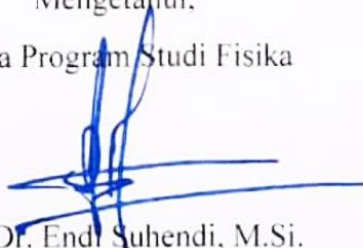
Pembimbing 2,



Dr. Mimin Iryanti, M.Si.  
NIP. 197712082001122001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Fisika



Prof. Dr. Endi Suhendi, M.Si.  
NIP. 197905012003121001

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul “**Rancang Bangun Sistem Pengukur Penurunan Muka Tanah Dengan 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 risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Januari 2024  
Yang membuat pernyataan,

**Adelia Nurulswarna**  
**1903853**

## KATA PENGANTAR

Puji beserta syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pengukur Penurunan Muka Tanah Dengan Menggunakan Sensor *Giant Magnetoresistance*”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada program Strata-1 di program studi Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

Penyusunan skripsi ini tentunya tidak akan dapat terselesaikan dengan baik tanpa adanya bantuan, dukungan, bimbingan, serta nasehat dari berbagai pihak kepada penulis selama penyusunan skripsi.

Sebagai manusia penulis tidak akan luput dari berbagai kesalahan sehingga wajar kiranya di dalam penulisan skripsi ini terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca serta dapat dijadikan bahan acuan untuk penelitian lebih lanjut.

Bandung, Januari 2024

Penulis,

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari skripsi ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik tanpa adanya bantuan, bimbingan, nasehat, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ahmad Aminudin, M.Si. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah membimbing, memberikan saran, fasilitas, arahan, motivasi, dan dedikasinya kepada penulis selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Mimin Iryanti, M.Si. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah membimbing, memberikan saran, arahan, motivasi, dan dedikasinya kepada penulis selama penelitian berlangsung.
3. Prof. Lilik Hasanah, M.Si. Penguji 1 yang telah memberi saran dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
4. Dr. Dadi Rusdiana, M.Si. selaku Penguji 2 yang telah memberikan saran, bimbingan, motivasi serta dedikasinya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Endi Suhendi, M.Si. selaku ketua program studi fisika FPMIPA UPI yang telah memberikan arahan, motivasi, serta membimbing penulis selama penulis berkuliah di Program Studi Fisika Jenjang S-1 FPMIPA UPI.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen beserta staff Tata Usaha dan Laboratorium Departemen Pendidikan Fisika yang telah membantu peneliti selama penelitian ini berlangsung.
7. Bapak Isra Budi Septa dan Ibu Rismaniar selaku orang tua penulis, Fadiya Mahadika selaku adik kandung penulis yang senantiasa memberikan semangat, motivasi, dan dukungan dalam bentuk do'a.
8. Febrianti Meisa, Nadifa, Firrizki, Radito, Disa, Fajma, dan Defni, selaku saudara penulis, serta keluarga besar Muslim Ibrahim, dan Bujang 9 yang telah memberikan semangat, motivasi, dan dukungan dalam bentuk do'a.
9. Taufik Syah Mauludin dan Imelda Rara Rahmawati selaku ketua dan wakil ketua kelas yang selalu membantu dalam proses perkuliahan.
10. Fanny Maulida dan Erni Nuraini selaku rekan seperjuangan dalam penelitian GMR.

11. Annisa Turrahmah, Erlia Wiky R S, Erni Nuraini, Fanny Maulida, Putri Ekarani, Siti Maryam, dan Imelda Rara Rahmawati (Poopita) yang telah berjuang bersama dan memberikan semangat dan motivasi selama perkuliahan di Program Studi Fisika UPI.
12. Rekan-rekan kantor dan instrumentasi 2019, Abdul Aziz, Ihza Maessa Cahyadi, Mochamad Subarkah Ramadhani, Thifal Nurrifqi Ariel Kurniawan
13. Seluruh rekan-rekan Arsa Ananta (Fisika 2019) yang selalu memberikan dukungan serta motivasi selama perkuliahan hingga selesai perkuliahan.

## ABSTRAK

Penurunan muka tanah merupakan fenomena pergerakan tanah secara vertikal yang dapat memberikan dampak terhadap komponen-komponen yang berada diatas permukaannya. Sistem pemantauan penurunan muka tanah terus dikembangkan untuk mendapatkan hasil yang akurat. Salah satunya yaitu dengan menggunakan sensor GMR. Sensor GMR merupakan sensor magnet yang dapat mendeteksi pergeseran, hal ini dapat dimanfaatkan untuk membuat sistem pengukur penurunan muka tanah. Penelitian ini dilakukan dengan merancang sistem pengukur penurunan muka tanah, membuat sistem pengukur penurunan muka tanah, serta pengujian dan analisis data. Sistem ini dirancang menggunakan sistem mekanik pegas sehingga pergeseran dapat diamati dari perubahan panjang pegas. Sistem sensor dibuat berdasarkan hasil pengujian karakteristik sensor. Berdasarkan hasil pengujian karakteristik sensor GMR, pergeseran terbesar yang dapat dideteksi oleh sensor GMR adalah 2,5 *cm*. Sensor GMR berada pada keadaan sensitif ketika sensor dan sumber medan magnet berada pada jarak 1,5 – 5,5 *mm*. Pada pengukuran berulang, tegangan keluaran yang dihasilkan oleh sensor GMR cukup konsisten. Medan magnet bumi memberikan pengaruh yang sangat kecil sehingga tidak mengganggu pengukuran. Hal ini menunjukkan bahwa sensor dapat mendeteksi dengan baik di berbagai arah. Monitoring penurunan tanah dilakukan menggunakan mikrokontroler ATmega328p dan hasil pengukuran ditampilkan pada layar LCD 16 × 2. Pada pengujian alat ukur penurunan muka tanah sensor GMR mampu mengukur pergeseran setiap 0,5*mm* dengan sensitivitas sebesar 0,014 *V/mm*. Jarak terbesar yang mampu terukur oleh sensor adalah 4,42 *mm* dengan jarak awal sensor 1,5 *cm* dari sumber medan magnet.

Kata Kunci: Penurunan Muka Tanah; Pergeseran; Sensor GMR; Mikrokontroler ATmega328p;



## **ABSTRACT**

*Land subsidence is a phenomenon of vertical soil movement that can have an impact on the components above the surface. The subsidence monitoring system continues to be developed to obtain accurate results. One of them is by using GMR sensors. The GMR sensor is a magnetic sensor that can detect shifts, this can be utilized to create a subsidence measuring system. This research was conducted by designing a subsidence measuring system, making a subsidence measuring system, as well as testing and analyzing data. The system is designed using a spring mechanical system so that the shift can be observed from the change in spring length. The sensor system is made based on the test results of the sensor characteristics. Based on the test results of the GMR sensor characteristics, the largest shift that can be detected by the GMR sensor is 2.5 cm. The GMR sensor is in a sensitive state when the sensor and the magnetic field source are at a distance of 1.5 - 6 mm. In repeated measurements, the output voltage produced by the GMR sensor is quite consistent. The earth's magnetic field has a very small influence that does not interfere with the measurement. This shows that the sensor can detect well in various directions. Monitoring of land subsidence is done using an ATmega328p microcontroller and the measurement results are displayed on a 16×2 LCD screen. In testing the GMR sensor land subsidence measuring instrument is able to measure shifts every 0.5mm with a sensitivity of 0.014 V/mm. The largest distance that the sensor can measure is 4.42 mm with an initial sensor distance of 1.5 cm from the magnetic field source.*

*Keyword: Land Subsidence; Displacement; GMR Sensor; ATmega328p Microcontroller;*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN.....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah Penelitian.....	5
1.3    Tujuan Penelitian .....	5
1.4    Manfaat Penelitian .....	5
1.5    Sistematika Penulisan .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1    Penurunan Muka Tanah ( <i>Land Subsidence</i> ) .....	7
2.3    Sensor <i>Giant Magnetoresistance</i> (GMR) .....	10
2.3.1    Struktur dan prinsip kerja GMR.....	10
2.3.2    Kelebihan dan aplikasi dari sensor GMR.....	12
2.4    Mikrokontroler .....	13
2.5    Gaya dan Konstanta Pegas .....	14
BAB III METODE PENELITIAN.....	16
3.1    Waktu dan Tempat Penelitian .....	16
3.2    Metode Penelitian.....	16

3.3	Prosedur Penelitian.....	17
3.3.1	Perancangan Alat Ukur Penurunan Muka Tanah.....	17
3.3.2	Perancangan Sistem Elektronik Pengukur Penurunan Muka Tanah	18
3.3.3	Perancangan Sistem Penurunan Tanah .....	19
3.3.4	Uji Karakteristik Sensor GMR.....	19
3.3.5	Pembuatan Sistem .....	20
3.3.6	Pembuatan Prototipe Sistem Pengukur Penurunan Muka Tanah....	20
3.3.7	Pengujian Alat.....	21
3.3.8	Pengambilan Data .....	21
3.3.9	Analisis Data .....	21
3.3.10	Kesimpulan Data.....	21
3.4	Alat dan Bahan.....	21
3.5	Diagram Blok .....	22
3.6	Sensor GMR NVE AB001-02.....	23
3.7	Penguat Instrumentasi AD620 .....	26
3.8	Analog to Digital Conversion (ADC) .....	27
3.9	Arduino ATmega328p .....	28
3.9.1	Perangkat keras Arduino .....	29
3.9.2	Perangkat lunak Arduino.....	30
3.10	Liquid Crystal Display (LCD) .....	31
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>32</b>
4.1	Pengujian Karakteristik Sensor GMR.....	32
4.1.1	Pengujian Jangkauan Deteksi Sensor GMR terhadap Perubahan Medan Magnet .....	33
4.1.2	Pengujian Daerah Linearitas Sensor GMR .....	33
4.1.3	Pengujian <i>Repeatability</i> Sensor GMR .....	34

4.1.4	Pengaruh Medan Magnet Bumi terhadap Keluaran Sensor GMR.....	36
4.2	Pengujian Penguat Instrumentasi AD620 .....	37
4.3	Pengujian Karakteristik Pegas.....	38
4.4	Rancangan Pemrograman Mikrokontroler .....	40
4.5	Hasil Desain Prototipe Sistem Pengukur Penurunan Muka Tanah .....	42
4.6	Pengujian Alat Ukur Penurunan Muka Tanah .....	44
BAB V PENUTUP.....		47
5.1	Kesimpulan .....	47
5.2	Saran.....	47
LAMPIRAN.....		53
Lampiran 1	Data Uji Karakteristik Penguat AD620.....	53
Lampiran 2	Data Uji Jangkauan Sensor GMR.....	53
Lampiran 3	Data Uji Linearitas Sensor GMR.....	53
Lampiran 4	Data Uji Repeatability Sensor GMR .....	54
Lampiran 5	Data Uji Pengaruh Medan Magnet Bumi terhadap Medan Keluaran Sensor GMR.....	54
Lampiran 6	Data Uji Karakteristik Pegas .....	54
Lampiran 7	Data Uji Alat Ukur Penurunan Muka Tanah .....	55

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Metode-Metode Pemantauan Penurunan Muka Tanah.....	2
Tabel 2. 1 Perbedaan sensor GMR dengan sensor magnet lainnya .....	13
Tabel 3. 1 Alat-alat Pembuatan Prototipe Pengukur Penurunan Muka Tanah .....	21
Tabel 3. 2Bahan-bahan Pembuatan Prototipe Pengukur Penurunan Muka Tanah	22
Tabel 4. 1Hasil Pengujian Repeatability dan Persentase Deviasi .....	35

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Lapisan Akuifer .....	9
Gambar 2. 2 Struktur Multilayer ketika Tidak Diberi Medan Magnet Luar (a), dan Diberi Medan Magnet luar .....	11
Gambar 2. 3 Ilustrasi transport elektron pada lapisan feromagnetik untuk magnetisasi paralel (a), dan antiparalel (b) .....	12
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....	17
Gambar 3. 2 Desain Prototipe Pengukur Penurunan Muka Tanah .....	18
Gambar 3. 3 Rancangan Sistem Elektronik untuk Mengukur Penurunan Muka Tanah.....	18
Gambar 3. 4 Sistem Penurunan Muka Tanah.....	19
Gambar 3. 5 Skema Pengujian Karakteristik Sensor .....	20
Gambar 3. 7 Diagram Blok Sistem Penurunan Muka Tanah.....	23
Gambar 3. 8 (a) Arah Sensitivitas Sensor GMR AB001-02, (b) Diagram Blok Fungsional Sensor GMR AB001-02 .....	24
Gambar 3. 9 Grafik Performa Sensor GMR pada Temperature Tertentu .....	25
Gambar 3. 10Skema Modul Penguat AD620 (protosupplies.com, 2023).....	26
Gambar 3. 11Mikrokontroler ATmega328p (arduinoindonesia.id, 2022).....	28
Gambar 3. 12 Struktur Mirokontroler ATmega328p.....	29
Gambar 3. 13 Tampilan Awal <i>Software</i> Arduino IDE.....	30
Gambar 3. 14 Fitur LCD .....	31
Gambar 4. 1 Pengujian <i>Karakteristik</i> Sensor GMR.....	32
Gambar 4. 2 Grafik Pengujian Jangkauan Sensor GMR terhadap Perubahan Jarak Sumber Medan Magnet.....	33
Gambar 4. 3 Grafik Pengujian Pada Kondisi Sensitif Sensor GMR.....	34
Gambar 4. 4 Pengujian Pengaruh Medan Magnet Bumi terhadap Hasil Pendeteksian Sensor GMR.....	36
Gambar 4. 5 Grafik Pengujian Pengaruh Magnet Bumi Terhadap Tegangan Keluaran Sensor GMR .....	36
Gambar 4. 6 Pengujian Karakteristik Penguat Instrumentasi AD620.....	37
Gambar 4. 7 Grafik Hubungan Tegangan Keluaran terhadap Tegangan Masukan pada Penguat AD620.....	38

Gambar 4. 8 Pengujian Karakteristik Pegas.....	38
Gambar 4. 9 Grafik Hubungan Gaya Pegas terhadap Perubahan Panjang Pegas .	39
Gambar 4. 10 Prototipe Sistem Pengukur Penurunan Muka Tanah.....	42
Gambar 4. 11 Alat Ukur Penurunan Muka Tanah .....	43
Gambar 4. 12 Sensor GMR AB001-02 .....	44
Gambar 4. 13 Sistem Elektronik untuk Mengukur Penurunan Muka Tanah.....	44
Gambar 4. 14 Pengujian Alat Ukur Penurunan Muka Tanah, (b) Tampilan Penurunan Muka Tanah pada LCD.....	45
Gambar 4.15 Grafik Respon Sensor GMR terhadap Penurunan Muka Tanah .....	45

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Data Uji Karakteristik Penguat AD620 .....	53
Lampiran 2 Data Uji Jangkauan Sensor GMR.....	53
Lampiran 3 Data Uji Linearitas Sensor GMR.....	53
Lampiran 4 Data Uji Repeatability Sensor GMR .....	54
Lampiran 5 Data Uji Pengaruh Medan Magnet Bumi terhadap Medan Keluaran Sensor GMR.....	54
Lampiran 6 Data Uji Karakteristik Pegas .....	54



## DAFTAR PUSTAKA

- 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). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1280/2/022065>
- Aminudin, A., Tjahyono, D. H., Suprijadi, Djamel, M., Zaen, R., B, A., & Nandiyanto, D. (2017). Solution Concentration and Flow Rate of Fe<sup>3+</sup>-modified Porphyrin (Red Blood Model) on Giant Magnetoresistance (GMR) Sensor Efficiency. *Journal of Physics: Conference Series*, 755(1), 3–8. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/755/1/011001>
- arduinoindonesia.id. (2022). *Arduino UNO ATmega328p*. <https://www.arduinoindonesia.id/2022/08/Pengertian-Dan-Penjelasan-Arduino-Uno.html>.
- Blalock, B. J. (2017). Analog-to-Digital Converters. *Extreme Environment Electronics*, 153, 579–584. <https://doi.org/10.1201/b13001-51>
- Buckner, C. A., Lafrenie, R. M., Dénommée, J. A., Caswell, J. M., Want, D. A., Gan, G. G., Leong, Y. C., Bee, P. C., Chin, E., Teh, A. K. H., Picco, S., Villegas, L., Tonelli, F., Merlo, M., Rigau, J., Diaz, D., Masuelli, M., Korrapati, S., Kurra, P., ... Mathijssen, R. H. J. (2016). We are IntechOpen , the world ' s leading publisher of Open Access books Built by scientists , for scientists TOP 1 % . *Intech*, 11(tourism), 13.
- Chandra, R. K., & Supriharjo, R. D. (2013). Mitigasi Bencana Banjir Rob di Jakarta Utara. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), 25–30.
- Dharmawan, H. A. (2017). *Mikrokontroler Konsep Dasar dan Praktik* (Tim UB Press, Ed.). UB Press.
- Djamel, M., Sanjaya, E., Wirawan, R., & Abstrak, A. H. (2011). Sensor, Teknologi dan Aplikasinya. In *Prosiding Seminar Kontribusi Fisika*.
- Djamel, M., Wirawan, R., & Sanjaya, E. (2011). Sensor Magnetik GMR , Teknologi dan Aplikasi Pengembangannya. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXV HFI*, 1–8.
- Evgeny Tsymbal, Tsymbal, E. Y., Pettifor, D. G., Tsymbal, E. Y., & Pettifor, D. G. (2001). Perspectives of Giant Magnetoresistance Perspectives of Giant

- Magnetoresistance Perspectives of Giant Magnetoresistance. In *Research Papers in Physics and Astronomy*.  
<https://digitalcommons.unl.edu/physicstsymbal>
- GMR CATALOG NVE COORP*. (2012).
- Gumilar, I., Abidin, H. Z., Hutasoit, L. M., Hakim, D. M., Sarsito, D. A., Andreas, H., & Sidiq, T. P. (2012). Studi Pemantauan Penurunan Muka Tanah di Cekungan Bandung dengan Metode Survei GPS dan InSAR. *Indonesian Journal of Geospatial*, 1(4), 44–53.
- Handoko, E. Y., Kurniawan, A., & M, A. S. (2018). Land Subsidence Di Surabaya (2007-2010). *Geoid*, 7(1), 40–43.
- I Putu Pudja, C. (2018). Analisis Penurunan Muka Tanah Dki Jakarta Dengan Metode Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar (Dinsar). *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 2(2), 88–99. <https://doi.org/10.24198/jiif.v2i2.19712>
- Ivansyah, O., Sampurno, J., Fisika, J., & Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F. (2017). Physics Communication Identifikasi sebaran anomali magnetik di perairan Kabupaten Sambas Kalimantan Barat dengan menggunakan metode Geomagnet. In *Phys. Comm* (Vol. 1, Issue 1).  
<http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/pc>
- Joseph, T. J., & Kartik, V. (2016). *Nanometer Resolution Dynamic Displacement Measurement in Industrial/High Noise Environments*.
- Jundi Fakhri Islam, L., Presetyo, Y., & Sudarsono, B. (2017). Jurnal Geodesi Undip April 2016 Jurnal Geodesi Undip April 2016. *Jurnal Gedesi Undip*, 6(April).
- Karnawati, D. (2007). the Mechanism of Rock Mass Movements As the Impact of Earthquake ; *Dinamika Teknik Sipil*, 7(1979), 179–190.
- Kompas.com. (2022). *Prediksi Tenggelamnya Jakarta dan Penurunan Muka Tanah Kian Parah*.  
<https://megapolitan.kompas.com/read/2022/02/02/07292911/prediksi-tenggelamnya-jakarta-dan-penurunan-muka-tanah-yang-kian-parah?page=all>
- Kurniawan, R., & Anjasmara, I. M. (2016). Pemanfaatan Metode Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar (DInSAR) untuk Pemantauan Deformasi Akibat Aktivitas Eksploitasi Panasbumi. *Jurnal Teknik ITS*, 5, 2337–3539.

- Links, T. E. (2016). *NEO STARDUINO - Pemrograman LCD 16x2 Mode 4-Bit*.  
<https://teknikelektrolinks.com/starduino/starduino-lcd-16x2-4bit.htm>
- Liu, S. P., Shi, B., Gu, K., Zhang, C. C., Yang, J. L., Zhang, S., & Yang, P. (2020). Land subsidence monitoring in sinking coastal areas using distributed fiber optic sensing: a case study. *Natural Hazards*, *103*(3), 3043–3061.  
<https://doi.org/10.1007/s11069-020-04118-1>
- Louis, L. (2016). Working Principle of Arduino and Using it as a Tool for Study and Research. *International Journal of Control, Automation, Communication and Systems*, *1*(2), 21–29. <https://doi.org/10.5121/ijcacs.2016.1203>
- 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>
- Marfai, M. A., & King, L. (2007). Monitoring land subsidence in Semarang, Indonesia. *Environmental Geology*, *53*(3), 651–659.  
<https://doi.org/10.1007/s00254-007-0680-3>
- Michael J. Haji-Sheikh. (2013). *Compass Applications Using Giant Magnetoresistance Sensors (GMR)*. *6*, 157–158. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-37172-1>
- Prasetyo, Y., Amarrohman, F. J., & Panggabean, M. I. (2021). Monitoring Penurunan Muka Tanah Akibat Galian Dan Timbunan Pada Jalur Kontruksi Jalan Tol Semarang-Demak Segmen Sta 17-22 Berbasis Teknologi Uav (Unmanned Aerial Vehicle). *Elipsoida : Jurnal Geodesi Dan Geomatika*, *4*(01), 34–41. <https://doi.org/10.14710/elipsoida.2021.11498>
- Pratama, C. P., & Wulandari, D. (2020). *Rancang Bangun Aplikasi Trainer Hukum Hooke dengan Menggunakan Sensor Ultrasonic*.  
 protosupplies.com. (2023). *AD620 Instrumentation Amplifier Module*.  
<https://protosupplies.com/product/ad620-instrumentation-amplifier-module/>
- Ramadhanis, Z. (2017). Jurnal Geodesi Undip Juli 2014. A. *Pengukuran*, *3*(January), 44–55.

- Ramdhani, A., Aminudin, A., & Danawan, A. (2017). Rancang Bangun Sistem Pengukur Kecepatan Kendaraan Menggunakan Sensor Magnetik. *Wahana Fisika*, 2(1), 28. <https://doi.org/10.17509/wafi.v2i1.7021>
- Smith, C. H. (2004). *Eddy-Current Testing with GMR Magnetic Sensor Arrays*. 23, 406–413. <https://doi.org/10.1063/1.1711651>
- Suwarno. (2017). BAHAYA PEMOMPAAN AIR TANAH TERHADAP LAND. *Prosiding Simposium II - UNIID 2017, September*, 978–979.
- Tipler, A. P. (2003). *Fisika untuk Sains dan Teknik* (L. Prasetyo & W. R. Adi, Eds.; 3rd, Cet. 1 ed., Vol. 1). Erlangga.
- University of Windsor, Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE Circuits and Systems Society, & University of Louisiana at Lafayette. (n.d.). *2018 IEEE 61st International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS)*.
- Weiss, R., Mattheis, R., & Reiss, G. (2013). Advanced giant magnetoresistance technology for measurement applications. In *Measurement Science and Technology* (Vol. 24, Issue 8). Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/0957-0233/24/8/082001>
- Wijonarko, W. W., Sasmito, B., & Nugraha, A. L. (2015). Jurnal Geodesi Undip. *Jurnal Geodesi Undip. ANALISIS KETERTIBAN TATA LETAK BANGUNAN TERHADAP SEMPADAN SUNGAI DI SUNGAI BANJIR KANAL TIMUR KOTA SEMARANG (Studi Kasus : Sepanjang Banjir Kanal Timur Dari Muara Sampai Jembatan Brigjend Sudiarto (STA 0-STA 7))*, 4(April), 86–94.
- Wikipedia.org. (2023, January 9). *Akuifer*. Wikipedia.Org. <https://id.wikipedia.org/wiki/Akuifer>
- Wirawan, A. R., Yuwono, B. D., & Sabri, L. M. (2016). *Jurnal Geodesi Undip Januari 2016 Jurnal Geodesi Undip Januari 2016*. 5(1), 174–183.
- Yulianti, E. (2013). (Square Pile) Studi Kasus Pada Pembangunan Terminal. *Jurnnal Teknik Sipil UNTAN*, 13.