

**RANCANG BANGUN DAN KARAKTERISASI
ALAT UKUR PERGESERAN TANAH
BERBASIS SENSOR *ROTARY ENCODER* DAN
MIKROKONTROLER ESP32 UNTUK MENDUKUNG
PENDETEKSIAN TANAH LONGSOR**

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian syarat
memperoleh Sarjana S1

Program Studi Fisika



Disusun oleh :

Ayu Sakila Arum

17106020015

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2021



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1082/Un.02/DST/PP.00.9/07/2021

Tugas Akhir dengan judul : RANCANG BANGUN DAN KARAKTERISASI ALAT UKUR PERGESERAN TANAH BERBASIS SENSOR ROTARY ENCODER DAN MIKROKONTROLER ESP32 UNTUK Mendukung Pengetahuan Tanah Longsor

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : AYU SAKILA ARUM
Nomor Induk Mahasiswa : 17106020015
Telah diujikan pada : Kamis, 24 Juni 2021
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 60dbedda2708c



Penguji I

Dr. Tha'qibul Fikri Niyartama, S.Si., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 60de979421389



Penguji II

Dr. Nita Handayani, S.Si, M.Si
SIGNED

Valid ID: 60dc0b7217b96



Yogyakarta, 24 Juni 2021
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 60dea239deaa8

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ayu Sakila Arum
NIM : 17106020015
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “RANCANG BANGUN DAN KARAKTERISASI ALAT UKUR PERGESERAN TANAH BERBASIS SENSOR ROTARY ENCODER DAN MIKROKONTROLER ESP32 UNTUK Mendukung PENDETEKSIAN TANAH LONGSOR” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 31 Mei 2021

Penulis



Ayu Sakila Arum
NIM.17106020015



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara :

Nama : AYU SAKILA ARUM

NIM : 17106020015

Judul Skripsi : RANCANG BANGUN DAN KARAKTERISASI ALAT UKUR
PERGESERAN TANAH BERBASIS SENSOR ROTARY
ENCODER DAN MIKROKONTROLER ESP32 UNTUK
MENDUKUNG PENDETEKSIAN TANAH LONGSOR

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Fisika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 27 Mei 2021
Pembimbing

Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc.
NIP. 19780510 200501 1 003

RANCANG BANGUN DAN KARAKTERISASI ALAT UKUR PERGESERAN TANAH BERBASIS SENSOR *ROTARY ENCODER* DAN MIKROKONTROLER ESP32 UNTUK Mendukung PENDETEKSIAN TANAH LONGSOR

Ayu Sakila Arum
17106020015

INTISARI

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh banyaknya kasus bencana tanah longsor yang terjadi di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membuat, dan menguji alat ukur pergeseran tanah berbasis sensor *rotary encoder* dan mikrokontroler ESP32 untuk mendukung pendeteksian tanah longsor. Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahapan, yaitu perancangan, pembuatan, dan pengujian alat ukur pergeseran tanah. Rancangan alat dibuat menggunakan perangkat lunak Sketchup dan rancangan skema rangkaian menggunakan perangkat lunak Proteus. Pembuatan alat dilakukan dalam dua tahapan, yakni pembuatan perangkat lunak dan pembuatan perangkat keras. Pembuatan perangkat keras dimulai dari mempersiapkan alat dan bahan, membuat PCB, merakit komponen, dan mengecek alat. Pengujian alat yang meliputi akurasi dan presisi dilakukan dengan memvariasi pergeseran tanah sebanyak 20 kali dengan interval jarak sejauh 2 cm. Masing-masing pergeseran dilakukan pengulangan sebanyak 10 kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat ukur pergeseran tanah berbasis sensor *rotary encoder* dan mikrokontroler ESP32 telah berhasil dirancang, dibuat, dan diuji. Akurasi alat ukur pergeseran tanah bagian *rotary A* sebesar 99,97% dan bagian *rotary B* sebesar 99,92%. Selain itu, alat yang telah dibuat juga memiliki presisi (*repeatability*) sebesar 99,12% untuk bagian *rotary A* dan 99,96% untuk bagian *rotary B*.

KATA KUNCI: Alat ukur pergeseran tanah, tanah longsor, sensor *rotary encoder*, dan mikrokontroler ESP32.

**DESIGN AND CHARACTERIZATION OF SOIL SHIFT
MEASURING INSTRUMENT BASED ON
ROTARY ENCODER SENSORS AND ESP32 MICROCONTROLLER
TO SUPPORT OF SLIDE DETECTION**

**Ayu Sakila Arum
17106020015**

ABSTRACT

This research was motivated by the many cases of landslides that have occurred in Indonesia. This study aimed to design, manufacture, and test soil shift measuring instrument based on rotary encoder sensors and ESP32 microcontroller to support of slide detection. This research was conducted in three stages, namely designing, manufacturing, and testing of soil shift measuring instrument. The design of the instrument was made using Sketchup software and the schematic design used by Proteus software. Instrument manufacturing were done in two stages, namely software and hardware manufacturing. Hardware manufacturing were started from preparing tools and materials, making a pcb, assembling components, and checking of the instrument. The testing of the instrument includes by accuracy and precision were carried out by varying the soil shift measuring instrument of 20 times with a distance interval of 2 cm. In each shift was repeated of 10 times. The results showed that soil shift measuring instrument based on rotary encoder sensors and ESP32 microcontroller has been designed, manufactured, and tested successfully. The accuracy of the soil shift measuring instrument for rotary A was 99.97% and for rotary B was 99.92%. In addition, the precision (repeatability) of the instrument that has been made was 99.12% for rotary A and was 99.96% for rotary B.

Keywords: soil shift measuring instrument, landslides, rotary encoder sensors, and ESP32 microcontroller.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Lihatlah ke atas untuk memacu semangat dan lihatlah ke bawah untuk mensyukuri nikmat Allah swt.”

- Rizka Lestari Irsha -



Skripsi ini penulis persembahkan untuk :

Allah swt.

Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga.

Bapak, Ibu, dan Adik tercinta untuk setiap do'a dan kasih sayangnya.

Teman yang selalu mendukung dalam situasi apapun.

Bapak Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc.

Study Club Fisika Instrumentasi UIN Sunan Kalijaga.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur atas kehadiran Allah swt yang telah memberikan rahmat, nikmat, dan hidayah -Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“RANCANG BANGUN DAN KARAKTERISASI ALAT UKUR PERGESERAN TANAH BERBASIS SENSOR ROTARY ENCODER DAN MIKROKONTROLER ESP32 UNTUK Mendukung Pendeteksian Tanah Longsor”** dengan baik dan lancar. Tidak lupa shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada beliau, Rasulullah Muhammad saw, semoga kita mendapatkan syafaatnya di *yaumulqiyamah* kelak. Amiin.

Penyusunan skripsi ini merupakan suatu bentuk kewajiban bagi penulis untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan serta untuk mendapatkan gelar sarjana. Penulis berharap penelitian ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang terkait demi perkembangan dan kemajuan ilmu pengetahuan. Dalam penyusunan serta pelaksanaan tugas akhir ini penulis telah mendapat banyak bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, sepatutnya penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ayah dan Ibu selaku orang tua yang selalu memberikan doa dan dukungan.
2. Bapak Prof. Dr. Phil. Al Makin, S.Ag., M.A. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Bapak Dr. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

4. Ibu Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
5. Bapak Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc selaku Dosen Pembimbing dalam penulisan skripsi ini, terimakasih banyak atas waktu dan kesabaran yang diberikan dalam memberikan bimbingan, nasehat, serta motivasi yang tiada henti-hentinya.
6. Seluruh Dosen Fisika Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan bimbingan beserta ilmunya.
7. Mas Angga selaku alumni Fisika yang telah membantu dalam segi materi, ide, dan ilmu dalam penelitian ini, terimakasih banyak atas ide-ide yang telah diberikan.
8. Teman-teman seperjuangan; Dina, Hanip, Depa, Cindy, Fatiah, Ivanna, Ika, Fathin, Eguh dan Amar yang selama ini selalu mendukung dan menghibur.
9. Teman-teman Prodi Fisika angkatan 2017 UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
10. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang telah membantu penulis dalam serangkaian proses penulisan skripsi.

Selain ucapan terima kasih, penulis juga memohon maaf apabila dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan baik dari sistematika penyusunan, isi, hingga proses yang telah dilaporkan ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, bagi penulis pribadi maupun bagi para pembaca.

Yogyakarta, 10 April 2021

Penulis



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	1
PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	iv
INTISARI	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN GAMBAR	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	6
C. Tujuan Penelitian	6
D. Batasan Penelitian.....	7
E. Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
A. Studi Pustaka.....	9
B. Landasan Teori.....	13
1. Tanah Longsor	13
2. <i>Rotary Encoder</i>	15
3. Mikrokontroler ESP32	18
4. Arduino IDE.....	22
5. LCD 16×2 I2C.....	24
6. Dioda Zener.....	27
7. Modul <i>stepdown</i> LM2596 dan modul <i>stepup</i> XL6009.....	28
8. Karakteristik Alat ukur.....	30

9. Wawasan Islam tentang Pergeseran Tanah	33
BAB III METODE PENELITIAN	36
A. Waktu dan Tempat Penelitian	36
1. Waktu Penelitian	36
2. Tempat Penelitian.....	36
B. Alat dan Bahan Penelitian.....	37
1. Alat Penelitian.....	37
2. Bahan Penelitian.....	38
C. Prosedur Penelitian	39
1. Perancangan Alat Ukur Pergeseran Tanah.....	39
2. Pembuatan Alat Ukur Pergeseran Tanah.....	41
3. Pengujian Alat Ukur Pergeseran Tanah	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	50
A. Hasil Penelitian	50
1. Hasil Perancangan Alat Ukur Pergeseran Tanah.....	50
2. Hasil Pembuatan Alat Ukur Pergeseran Tanah	52
3. Hasil Pengujian Alat Ukur Pergeseran Tanah.....	55
B. Pembahasan.....	55
1. Pembahasan Hasil Perancangan dan Pembuatan Alat Ukur Pergeseran Tanah	55
2. Pembahasan Hasil Pengujian Alat Ukur Pergeseran Tanah.....	60
BAB V PENUTUP	66
A. Kesimpulan	66
B. Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Alur waktu penelitian.....	36
Tabel 3. 2 Daftar alat perancangan alat ukur pergeseran tanah.	37
Tabel 3. 3 Daftar alat pembuatan alat ukur pergeseran tanah.	37
Tabel 3. 4 Daftar alat pengujian alat ukur pergeseran tanah.....	37
Tabel 3. 5 Daftar bahan perancangan alat ukur pergeseran tanah.....	38
Tabel 3. 6 Daftar bahan pembuatan alat ukur pergeseran tanah.	38
Tabel 3. 7 Kalibrasi alat ukur pergeseran tanah berbasis sensor <i>rotary encoder</i> dan mikrokontroler ESP32.	45
Tabel 3. 8 Tabel data <i>Rotary A</i> alat ukur pergeseran tanah berbasis sensor <i>rotary encoder</i> dan mikrokontroler ESP32.....	48
Tabel 3. 9 Tabel data <i>Rotary B</i> alat ukur pergeseran tanah berbasis sensor <i>rotary encoder</i> dan mikrokontroler ESP32.....	49
Tabel 4. 1 Hasil pengujian akurasi dan presisi <i>Rotary A</i> alat ukur pergeseran tanah berbasis sensor <i>rotary encoder</i> dan mikrokontroler ESP32.....	55
Tabel 4. 2 Hasil pengujian akurasi dan presisi <i>Rotary B</i> alat ukur pergeseran tanah berbasis sensor <i>rotary encoder</i> dan mikrokontroler ESP32.....	55



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Contoh timbunan longsor (Lela, 2019).	14
Gambar 2. 2 <i>Rotary Encoder</i> LPD3806 (Haber, 2020).	15
Gambar 2. 3 Skema <i>rotary encoder</i> (Ermansyah, 2016).	16
Gambar 2. 4 Susunan piringan pada <i>incremental encoder</i>	17
Gambar 2. 5 Gambaran sinyal keluaran <i>incremental encoder</i>	18
Gambar 2. 6 ESP32 Wemos Lolin32 Lite (Anwar, 2019).	21
Gambar 2. 7 Tampilan antarmuka Arduino IDE.....	23
Gambar 2. 8 Bentuk LCD 16×2 (Fahmizal, 2010).	25
Gambar 2. 9 Modul I2C (Iman, 2017).	25
Gambar 2. 10 Bentuk LCD 16×2 I2C (Putri, 2020).....	26
Gambar 2. 11 Simbol dioda zener (Rifqi, 2012).....	27
Gambar 2. 12 Susunan komponen DC <i>buck converter</i> pada	29
Gambar 2. 13 Modul XL6009 (Tjeret, 2017).....	30
Gambar 2. 14 Grafik penentuan ketidakpresisian (Fraden, 2010).	33
Gambar 3. 1 Diagram blok alat ukur pergeseran tanah berbasis sensor <i>rotary encoder</i> dan mikrokontroler ESP32.....	40
Gambar 3. 2 Pin-pin yang digunakan pada skema rangkaian alat ukur pergeseran tanah.	41
Gambar 3. 3 Diagram alir perangkat lunak alat ukur pergeseran tanah berbasis sensor <i>rotary encoder</i> dan mikrokontroler ESP32.....	47
Gambar 4. 1 Rancangan 2D alat ukur pergeseran tanah berbasis sensor <i>rotary encoder</i> dan mikrokontroler ESP32.....	50
Gambar 4. 2 Rancangan 3D perancangan alat ukur pergeseran tanah berbasis sensor <i>rotary encoder</i> dan mikrokontroler ESP32.....	51
Gambar 4. 3 Rancangan konfigurasi pin-pin pada rangkaian alat ukur pergeseran tanah berbasis sensor <i>rotary encoder</i> dan mikrokontroler ESP32, (a) rangkaian skematik, (b) rangkaian PCB.	51
Gambar 4. 4 Perangkat keras alat ukur pergeseran tanah berbasis	53
Gambar 4. 5 Perangkat keras alat ukur pergeseran tanah berbasis sensor <i>rotary encoder</i> dan mikrokontroler ESP32.....	53
Gambar 4. 6 Hasil pembuatan <i>sketch</i> program alat ukur pergeseran tanah.	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Proses perancangan alat ukur pergeseran tanah	73
Lampiran 2 : Proses pembuatan alat ukur pergeseran tanah	74
Lampiran 3 : Proses pengujian alat ukur pergeseran tanah.....	79
Lampiran 4 : Hasil pengujian (karakterisasi) alat ukur pergeseran tanah	83
Lampiran 5 : Hasil pengolahan data	87
Lampiran 6 : Curriculum Vitae.....	93



DAFTAR LAMPIRAN TABEL

Tabel 1 Data hasil pengujian <i>Rotary A</i>	83
Tabel 2 Data hasil pengujian <i>Rotary B</i>	84
Tabel 3 Data hasil kalibrasi bagian <i>Rotary A</i>	85
Tabel 4 Data hasil kalibrasi bagian <i>Rotary B</i>	86
Tabel 5 Data hasil pengolahan bagian <i>Rotary A</i>	87
Tabel 6 Data hasil pengolahan bagian <i>Rotary B</i>	90



DAFTAR LAMPIRAN GAMBAR

Gambar 1 Proses perancangan alat ukur pergeseran tanah dengan perangkat lunak Sketchup.....	73
Gambar 2 Proses perancangan konfigurasi pin-pin pada rangkaian alat ukur pergeseran tanah dengan perangkat lunak Proteus.....	73
Gambar 3 Alat dan bahan.	74
Gambar 4 Proses pembuatan PCB.	74
Gambar 5 Proses perakitan komponen.....	75
Gambar 6 Proses pengecekan alat.....	75
Gambar 7 Proses penulisan <i>sketch</i> program	76
Gambar 8 Proses kalibrasi alat.....	78
Gambar 9 Posisi beban ketika di atas, input pergeseran 20 cm dilakukan penarikan kawat seling pada <i>Rotary A</i> (beban 0,5 kg).....	79
Gambar 10 Posisi beban ketika di bawah, input pergeseran 2 cm pada <i>Rotary A</i>	79
Gambar 11 Pengujian ketika input pergeseran 6 cm pada <i>Rotary A</i>	80
Gambar 12 Pengujian ketika input pergeseran 10 cm pada <i>Rotary A</i>	80
Gambar 13 Tampilan output pada <i>Rotary A</i>	80
Gambar 14 Pengujian ketika beban di bawah, input pergeseran 4 cm dilakukan penarikan kawat seling pada <i>Rotary B</i> (beban 0,5 kg)	81
Gambar 15 Pengujian ketika input pergeseran 6 cm pada <i>Rotary B</i>	81
Gambar 16 Pengujian ketika beban diatas, input pergeseran 20 cm pada <i>Rotary B</i>	82
Gambar 17 Tampilan output pada <i>Rotary B</i>	82
Gambar 18 Grafik akurasi alat ukur pergeseran tanah bagian <i>Rotary A</i>	89
Gambar 19 Grafik akurasi alat ukur pergeseran tanah bagian <i>Rotary B</i>	91

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanah longsor didefinisikan sebagai pergerakan batuan, detritus, atau tanah yang disebabkan oleh gaya gravitasi. Perbedaan tanah longsor dapat diketahui dari bentuk massa gravitasi lainnya, dapat didefinisikan juga bahwa sebagian besar material yang bergerak harus memiliki massa jenis paling sedikit 10% lebih besar dari massa jenis air (Blasio, 2011). Tanah longsor juga dapat diartikan sebagai bencana alam di mana terjadinya pergerakan massa tanah dengan arah miring atau vertikal dari kedudukan awal. Tanah longsor dapat juga diartikan sebagai proses perpindahan suatu massa batuan/tanah akibat adanya gaya gravitasi (Nalunggara, 2017).

Indonesia merupakan negara paling rawan terhadap longsor. Hal ini diketahui berdasarkan data statistik yang dikeluarkan oleh *United Nations International Strategy for Disaster Reduction* (UNISDR) (BBC, 2011). UNISDR melaporkan bahwa bencana tanah longsor di Indonesia menduduki peringkat pertama dari 165 negara, dengan jumlah korban manusia sebesar 197.327 orang (Endaryono, 2015). Pusat data informasi dan Humas Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mendukung data yang dikeluarkan dari UNISDR bahwa bencana alam dengan korban jiwa terbanyak di Indonesia terjadi akibat tanah longsor hingga November 2016 (Mardhatillah, 2017).

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mencatat bahwa sepanjang tahun 2020 telah terjadi 2.925 kejadian bencana alam. Bencana tersebut didominasi dengan bencana alam hidrometeorologi termasuk bencana tanah longsor (BNPB, 2020). Terdapat delapan ratus kejadian bencana tanah longsor sepanjang 2020 (Annur, 2020). Pulau Jawa termasuk pulau yang rawan terjadinya bencana tanah longsor. Secara umum wilayah di Pulau Jawa yang memiliki potensi paling banyak terjadinya longsor berada di wilayah Jawa Tengah, Jawa Barat, dan Jawa Timur (Istiawan, 2018).

Semua peristiwa dan bencana yang kita saksikan di atas bumi dan alam semesta ini termasuk tanah longsor tidak ada yang terjadi begitu saja dengan sendirinya, melainkan sesuai kehendak dan ketentuan Tuhan Penciptanya yakni Allah *Ta'ala*. Hal itu merupakan *sunnatullah*. Menurut 'Abdulrahim (1995), *sunnatullah* mempunyai tiga sifat utama yaitu pasti, tetap dan obyektif.

Wawasan mengenai sifat *sunnatullah* yang pertama yaitu pasti dapat ditemukan dalam QS al-Furqan ayat 2.

الَّذِي لَهُ مُلْكُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَلَمْ يَتَّخِذْ وَلَدًا وَلَمْ يَكُنْ لَهُ شَرِيكٌ فِي الْمُلْكِ وَخَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ فَقَدَرَهُ تَقْدِيرًا ۚ

Artinya : “Yang kepunyaan-Nya-lah kerajaan langit dan bumi, dan Dia tidak mempunyai anak, dan tidak ada sekutu bagi-Nya dalam kekuasaan (Nya), dan dia telah menciptakan segala sesuatu, dan Dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya.” (Departemen Agama RI, 2013).

Dalam ayat di atas segala sesuatu pada alam ini baik di langit maupun di bumi adalah makhluk-Nya. Dialah Penciptanya dan tidak ada Pencipta selain Dia. Semua berada di bawah kekuasaan-Nya dan tunduk patuh kepada sunnah dan peraturan

yang telah ditetapkan-Nya. Sifat pasti ini adalah suatu jaminan yang memberi kemudahan bagi manusia dalam merencanakan sesuatu berdasarkan perhitungan. Bagi siapapun yang memanfaatkan *sunnatullah* dalam merencanakan sesuatu yang baik maka Allah swt telah menjamin kesuksesannya.

Sifat *sunnatullah* yang kedua yaitu tetap. Tetapnya *sunnatullah* ini dapat dilihat QS al-An'am ayat 115. Pada QS al-An'am ayat 115 dapat dijelaskan bahwa *sunnatullah* itu tidak berubah terhadap waktu. Apabila berubah terhadap waktu, perubahannya memerlukan waktu yang cukup lama. Hal ini semakin mempermudah manusia dalam mempelajari sesuatu yang telah terjadi.

Selain itu, sifat *sunnatullah* yang ketiga ialah obyektif. Sifat obyektif ini mempunyai arti bahwa siapapun yang mematuhi *sunnatullah* maka akan memperoleh keberhasilan sedangkan yang tidak mematuhi maka akan dapat petaka. Sifat obyektif ini berlaku bagi siapapun.

Pergerakan massa tanah atau yang sering disebut longsor merupakan *sunnatullah*. Secara *sunnatullah*, pada tanah yang miring perlu ditanami pepohonan agar tanah diperkuat oleh akar-akar pohon. Jika *sunnatullah* ini tidak dipatuhi, maka jika musim penghujan tanah tidak dapat menahan air sehingga memicu gerakannya tanah mengikuti gravitasi dan terjadinya longsor.

Namun faktanya masih banyak masyarakat yang enggan menanami tanahnya dengan pepohonan sehingga bencana tanah longsor masih kerap terjadi. Apabila tanah longsor terjadi, maka ia akan menimpa apapun yang ada di bawahnya. Tentunya hal ini merupakan sesuatu yang tidak diinginkan. Oleh karenanya, diperlukan upaya untuk meminimalkan kerugian materi maupun kerugian jiwa

akibat bencana longsor tersebut. Salah satu upaya untuk meminimalkan kerugian akibat bencana longsor dapat dilakukan dengan teknologi pemantauan pergeseran tanah.

Sistem pemantauan pergeseran tanah untuk mendeteksi tanah longsor telah dibuat oleh beberapa peneliti. Jawwad (2015) telah membuat sensor extensometer berbasis *rotary encoder*. Suraya (2015) telah membuat sistem pergeseran tanah menggunakan sensor *draw wire* berbasis mikrokontroler dengan informasi SMS *gateway*. Pada tahun 2017 Kartika dkk telah membuat perancangan peringatan awal longsor menggunakan *rotary encoder* berbasis Arduino Uno. Pada 2018 telah dibuat sistem *monitoring* pergeseran tanah menggunakan Arduino dengan komunikasi radio sebagai peringatan dini bencana tanah longsor oleh Innasanti. Sistem pendeteksian tanah longsor dengan sensor *rotary encoder* berbasis IoT juga telah dibuat oleh Anwar dkk (2020).

Dasar dari sistem pemantauan pergeseran tanah adalah alat ukur pergeseran tanah. Sebagaimana alat ukur lainnya, alat ukur pergeseran tanah mempunyai komponen utama yaitu sensor, mikrokontroler, dan penampil data. Sensor pergeseran tanah dapat dibuat menggunakan beberapa sensor yang ada, mulai dari multiturn sensor, *draw wire* sensor, sensor *rotary encoder* dan sebagainya. Pada penelitian ini akan dibuat alat ukur pergeseran tanah berbasis sensor *rotary encoder*. Sensor *rotary encoder* merupakan sensor optik yang outputnya berupa pulsa yang dapat diartikan sebagai gerakan atau posisi. Penggunaan sensor *rotary encoder* dalam alat ukur pergeseran tanah karena sensor ini memiliki resolusi yang tinggi berdasarkan tipe pulsa pada sensor *rotary encoder*. Selain itu, ia dapat melaporkan

perubahan posisi dengan adanya bantuan mikrokontroler. Lain daripada itu, pada sensor *rotary encoder* kalibrasi hanya dibutuhkan saat pembuatan sistem, sehingga memudahkan dalam instalasi ketika kawat seling yang digunakan putus. Sensor *rotary encoder* ini juga masih dapat digunakan, sehingga cukup dilakukan penyambungan pada kawat seling.

Alat ukur pergeseran tanah ini memerlukan mikrokontroler untuk membaca hasilnya karena menggunakan sensor *rotary encoder*. Mikrokontroler yang dapat digunakan meliputi Arduino Uno, ATmega128, ESP32 dan lain-lain. Pada penelitian ini mikrokontroler yang digunakan yaitu ESP32. ESP32 dikembangkan oleh *Espressif System* penerus dari mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler ini *compatible* dengan Arduino IDE. ESP32 ini bekerja dengan daya yang sangat rendah melalui fitur hemat daya, dilengkapi modul *Wi-Fi* dan kemampuan *bluetooth low energy*.

Selain itu, terdapat komponen yang berfungsi sebagai penampil data yang disebut LCD. Jenis LCD yang digunakan ialah LCD 16×2 dengan modul I2C. Modul I2C digunakan untuk menghemat penggunaan pin pada ESP32 jika dibandingkan dengan pemakaian LCD 16×2 tanpa I2C. LCD 16×2 I2C dalam penelitian ini bertujuan untuk menampilkan data yang dihasilkan oleh alat ukur. Manfaat dalam penggunaan LCD 16×2 I2C ini ialah mempermudah dalam pembacaan hasil data pada alat ukur.

Sebelum dilakukan pembuatan alat ukur pergeseran tanah perlu dilakukan perancangan terlebih dahulu. Perancangan ini termasuk dasar dari pembuatan alat.

Manfaat dalam perancangan ini yaitu sebagai pedoman dalam pembuatan alat ukur pergeseran tanah berbasis sensor *rotary encoder*, mikrokontroler ESP32.

Setelah alat berhasil dibuat, dilanjutkan dengan tahapan pengujian. Pengujian pada alat ini untuk mengetahui karakteristik dari alat ukur tersebut. Pengujian ini dilakukan untuk menilai bahwa alat ukur ini menunjukkan kriteria baik atau tidak. Jika alat ukur pergeseran tanah berbasis sensor *rotary encoder*, mikrokontroler ESP32 yang telah dibuat memiliki kriteria baik, maka dapat dikembangkan sistem pemantauan pergeseran tanah.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka permasalahan dalam penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Bagaimana rancang bangun alat ukur pergeseran tanah berbasis sensor *rotary encoder* dan mikrokontroler ESP32 untuk mendukung pendeteksian tanah longsor?
2. Bagaimana hasil kinerja dari alat ukur pergeseran tanah berbasis sensor *rotary encoder* dan mikrokontroler ESP32 untuk mendukung pendeteksian tanah longsor?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah penelitian, tujuan penelitian dapat diturunkan sebagai berikut.

1. Merancang alat ukur pergeseran tanah berbasis sensor *rotary encoder* dan mikrokontroler ESP32 untuk mendukung pendeteksian tanah longsor.

2. Membuat alat ukur pergeseran tanah berbasis sensor *rotary encoder* dan mikrokontroler ESP32 untuk mendukung pendeteksian tanah longsor.
3. Mengkarakterisasi alat ukur pergeseran tanah berbasis sensor *rotary encoder* dan mikrokontroler ESP32 untuk mendukung pendeteksian tanah longsor.

D. Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi hanya pada hal-hal sebagai berikut.

1. Desain alat menggunakan perangkat lunak Sketchup 2021 dan skema rangkaian menggunakan perangkat lunak Proteus.
2. *Rotary encoder* yang digunakan yaitu jenis *incremental rotary encoder*.
3. LCD yang digunakan yaitu LCD 16×2 dengan modul I2C.
4. Sumber tegangan menggunakan *adaptor*.
5. Pengujian yang dilakukan sebatas skala laboratorium.
6. Karakterisasi yang dilakukan hanya sebatas akurasi dan presisi.

E. Manfaat Penelitian

Jika alat ukur pergeseran tanah berhasil dirancang dan dibuat menggunakan sensor *rotary encoder* dan mikrokontroler ESP32 serta berhasil dikarakterisasi dengan hasil karakterisasi menunjukkan karakteristik alat ukur yang baik, maka dapat dikembangkan *early warning system* (EWS) pergeseran tanah untuk mendukung pendeteksian tanah longsor. Dengan berhasil dikembangkannya *early warning system* (EWS) pergeseran tanah, maka dapat membantu dalam meminimalisir tingkat kerugian materi maupun kerugian jiwa pada bencana longsor.

Lain daripada itu, alat ukur pergeseran tanah yang telah berhasil dirancang dan dibuat menggunakan sensor *rotary encoder*, mikrokontroler ESP32 serta berhasil dikarakterisasi dengan hasil karakterisasi menunjukkan karakteristik yang baik, maka dapat memberikan pengaruh baik dalam bidang teknologi dan informasi di Indonesia. Dengan majunya teknologi dan Informasi di Indonesia, maka dapat mewujudkan revolusi industri yang bermanfaat di mana teknologi ini dapat dijadikan alat untuk meringankan dan mempermudah lembaga yang berwenang dalam mencegah bencana longsor.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasannya, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Alat ukur pergeseran tanah berbasis sensor *rotary encoder* dan mikrokontroler ESP32 telah berhasil dirancang menggunakan perangkat lunak Sketchup. Hasil rancangan tersebut telah digunakan sebagai pedoman dalam pembuatan alat tersebut.
2. Alat ukur pergeseran tanah telah berhasil dibuat menggunakan sensor *rotary encoder* yang dirakit dengan *bearing*, *shaft coupling*, *pulley*, as besi, mikrokontroler ESP32 yang dirakit pada PCB dengan dioda zener, modul LM2596, modul XL6009, dan LCD 16×2 I2C yang terdapat pada permukaan kotak pelindung.
3. Alat ukur pergeseran tanah telah berhasil diuji dengan nilai akurasi tinggi (sensor *rotary* A sebesar 99,97 % dan sensor *rotary* B sebesar 99,92 %) serta telah melampaui batas minimal SNI dan SI. Selain itu, alat ukur pergeseran tanah yang dibuat memiliki nilai presisi (sensor *rotary* A sebesar 97,12 % dan sensor *rotary* B sebesar 97,96 %) serta telah melampaui batas minimal SNI dan SI. Oleh karena itu, dapat dikatakan alat ukur pergeseran tanah yang telah dibuat layak digunakan.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperbaiki pada pengembangan penelitian yang akan dilakukan berikutnya. Oleh karena itu, disarankan melakukan hal-hal diantaranya sebagai berikut.

1. Alat ukur pergeseran tanah yang telah dibuat dan diuji ini perlu dikembangkan untuk peringatan dini bencana longsor dengan output yang dapat memberikan informasi secara cepat dan akurat. Jika penelitian lanjutan ini dilakukan, maka dapat membantu dan mempermudah lembaga yang berwenang dalam mencegah bencana longsor.
2. Cakupan parameter pengujian alat ukur pergeseran tanah ini hanya akurasi dan presisi saja. Oleh karenanya, perlu dilakukan penelitian pengujian lanjutan dengan menggunakan parameter kinerja lainnya agar dapat mengetahui kinerja alat secara lebih detail.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Khalifi, A. Q. 2020. *Kamus Besar Bahasa Arab Indonesia Indonesia Arab*. Pustaka Baru Press.
- Annur, C. M. 2020. 2.127 *Bencana Terjadi di Indonesia Per September 2020*. Diakses pada tanggal 5 Maret 2021 dari <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2020/09/22/2127-bencana-terjadi-di-indonesia-per-september-2020>.
- Anonim. 2003. *Datasheet XL6009*. Diakses pada 26 April 2021 dari <https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=XL6009>.
- Anwar, A. C. 2019. *Audio Spectrum Analyzer menggunakan STM32F103C8*. Diakses pada tanggal 3 Maret 2021 dari <https://embedded.stei.itb.ac.id/2019/01/>.
- Anwar, M. I., Murti, A., dan Mukhtar, H. 2020. Perancangan Sistem Pendeteksi Tanah Longsor Menggunakan Sensor *Rotary Encoder* Berbasis IoT. *e-Proceeding of Engineering*, **Vol.7 No.1 April 2020** : 170 – 177.
- Anwarsyam, Y. 2010. *Membuat Teks Berjalan Menggunakan Module Display LCD 16X2 dan Arduino Uno*. Diakses pada 2 April 2021 dari <https://yoskin.wordpress.com/arduino/liquid-crystal-display-lcd-16-x-2/>.
- Arga. 2018. *Pengertian dan Fungsi Mikrokontroler*. Diakses pada 31 Desember 2020 dari <https://pintarelektro.com/pengertian-mikrokontroler/>.
- Arifin, B. 2017. *Perancangan Sistem Keamanan Kunci Pintu Hotel dengan E-KTP Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO*. (Tugas Akhir), Jurusan Sistem Komputer, STIKOM Dinamika Bangsa, Jambi.
- Atim, M. 2017. *Bukti di Alam Semesta*. Diakses pada tanggal 25 Februari 2021 dari <http://muhaatim.blogspot.com/2017/03/panduan-al-quran-alam-adalah-tanda.html>.
- Azlina, M. 2013. *Pembuatan Alat Ukur Kecepatan Angin Dan Penunjuk Arah Angin Berbasis Mikrokontroler AT-Mega 8535*. (Tugas Akhir), Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- BBC. 2011. *Indonesia Negara Rawan Bencana*. Diakses 26 Oktober 2020, 10.39 WIB dari https://www.bbc.com/indonesia/beritaindonesia/2011/08/110810_indonesia_tsunami.
- Blasio, F.V.D. 2011. *Introduction to the Physics of Landslides: Lecture Notes on the Dynamics of Mass Wasting*. Springer, Rome.
- BNPB. 2020. *Sebanyak 2.925 Bencana Alam Terjadi Pada 2020 di Tanah Air, Bencana Hidrometeorologi Mendominasi*. Diakses pada tanggal 8 Maret 2021 dari <https://www.bnpb.go.id/berita/sebanyak-2-925-bencana-alam-terjadi-pada-2020-di-tanah-air-bencana-hidrometeorologi-mendominasi>.
- Datasheet. 2014. *ISC3806 Encoder*. Diakses 26 Juni 2021 dari <https://datasheetspdf.com/pdf/848713/Scantech/ISC3806/1>.

- Departemen Agama RI. 2013. *Al-Qur'an dan Terjemahannya Al-Fatih (First Edition)*. PT. Insan Media Pustaka, Jakarta
- Endaryono, B. 2015. *Bencana, Perubahan Iklim, dan Pohon Kurma*. Diakses 26 Oktober 2020 dari <https://www.kompasiana.com/bimaendaryono/552fc4d36ea834c2348b4595/bencana-perubahan-iklim-dan-pohon-kurma>.
- Ermansyah, S. D. 2016. *Implementasi System Voice Recognition Dan Rotary Encoder Pada Mobile Dan Perhitungan Posisi Robot*. (Tugas Akhir), Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jawa Timur.
- Erlangga A, Y. 2010. *Membuat Teks Berjalan Menggunakan Module Display LCD 16X2 dan Arduino Uno*. Diakses pada 2 April 2021 dari <https://yoskin.wordpress.com/arduino/liquid-crystal-display-lcd-16-x-2/>.
- Espressif Series Datasheet. 2021. Diakses pada 3 Februari 2021 dari https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
- Fahmizal. 2010. *Aplikasi LCD 2*16 dengan Mikrokontroler ATmega8535*. Diakses pada 11 Maret 2021 dari <https://fahmizaleeits.wordpress.com/2010/04/10/aplikasi-lcd-dengan-mikrokontroler-atmega8535/>
- Fauzan., Mustofa, I., dan Masruchin. 2019. *Metpde Tafsir Maudu'i (Tematik) Kajian AyATA Ekologi. Jurnal Studi Ilmu Al-Qur'an Dan Al-Hadits, UIN Raden Intan Lampung, Vol. 13 No. 2 Desember 2019 : 195 – 228.*
- Fraden, J. 2010. *Handbook of Modern Sensors Physics, Designs, and Applications (Fourth Edition)*. Springer. San Diego, California.
- Fraden, J. 2004. *Handbook of Modern Sensors: Physics, Design, and Applications*, Springer-Verlag New York, Inc., New York.
- Haber, A. 2020. *Incremental Rotary Encoders with Raspberry Pi – LPD3806 – 600BM*. Diakses pada 31 Desember 2020 dari <https://aleksandarhaber.com/incremental-rotary-encoders-with-raspberry-pi-lpd3806-600bm/>.
- Hendry, I. 2019. *ESP32 Development using the Arduino IDE*. Diakses pada 11 Februari 2021 dari <http://infinity.wecabrio.com/B07RHBSFG9-esp32-development-using-the-arduino-ide-english-e.pdf>.
- Hidayatullah, M. S. 2013. *Perspektif Al-Qur'an Tentang Bencana Alam*. UIN Syarif Hidayatullah, **Vol.7 No.2 Desember 2013 : 261 – 278.**
- Iman, K. 2017. *LCD dengan I2C Module untuk Arduino*. Diakses pada 28 Januari 2021 dari <https://khoiruliman.wordpress.com/2016/06/07/lcd-dengan-i2c-module-untuk-arduino>.
- Innasanti, L. H. 2018. *Rancang Bangun Sistem Monitoring Pergeseran Tanah Menggunakan Arduino Dengan Komunikasi Radio Sebagai Peringatan Dini Bencana Tanah Longsor*. (Tugas Akhir), Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta.

- Istiawan. 2018. *Pulau Jawa Paling Rawan Terjadi Longsor*. Diakses pada tanggal 8 Maret 2021 dari <https://jatimnet.com/pulau-jawa-paling-rawan-terjadi-longsor>.
- Jawwad, M. D. 2015. *Rancang Bangun Dan Karakterisasi Sensor Extensometer Berbasis Incremental Rotary Encoder Sebagai Pendeteksi Dini Tanah Longsor*. (Tugas Akhir), Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Kartika, D., Ramadhan, M. I., Charvia, L., Irham, H., Aminah, N. S., dan Djamal, M. 2017. Perancangan Peringatan Awal Longsor Menggunakan Rotary Encoder Berbasis Arduino UNO. *PROSIDING SNIPS 2017, Juli 2017* : 52 – 55, Jurusan Fisika Teori Energi dan Instrumentasi, Fakultas MIPA, ITB, Bandung.
- Lela, M. 2019. *Warga Keluhkan Timbunan Tanah Longsor di Jalan Pomorow*. Diakses pada 31 Desember 2020 dari <https://manadoline.com/warga-keluhkan-timbunan-tanah-longsor-di-jalan-pomorow/>.
- Mardhatillah, E. 2017. Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor Berbasis Mikrokontroler ATmega328 Menggunakan Metode Penginderaan Berat. *Jurnal Fisika Unand, Vol.6 No.2 April 2017* : 162 - 168.
- Morris, A. S., dan Langari, R. 2012. *Measurement and Instrumentation Principles*. Linacre House, Jordan Hill, Oxford.
- Morris, A. S., dan Langari, R. 2016. *Measurement And Instrumentation Theory And Application (Second Edition)*. Elsevier, Oxford.
- Mulyanto, A. 2009. *Sistem Informasi Konsep dan Aplikasi*. Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Munawwir, A. W. 1997. *Al-Munawwir*. Pustaka Progresi, Surabaya.
- Nalunggara, A. 2017. *Analisis Potensi Tanah Longsor Di Kecamatan Dlingo, Kabupaten Bantul Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) Tahun 2016*. (Tugas Akhir), Jurusan Geografi, Fakultas Geografi, UMS, Surakarta.
- Naryanto, H. S. 2013. Analisis dan Evaluasi Kejadian Bencana Tanah Longsor di Cililin, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat Tanggal 25 Maret 2013. *JSTMB, Vol.8 No.1 Tahun 2013* : pp. 39-49.
- Naryanto, H. S., Kristijono, A., Suwandita, H., Ganesha, D., Prawiradisstra, F., Udrek. 2017. *Analisis Kejadian Bencana Tanah Longsor (Gerakan Tanah) di Dusun Tangkil, Desa Banaran, Kecamatan Pulung, Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur Tanggal 1 April 2017*. Laporan Kajian Cepat, PTRRB, BPPT.
- Pandapotan, N., Pratama, I. R., Anshori, I. Fitriyani, C. 2014. *Simulasi Pengaturan dan Pendeteksi Kecepatan Motor DC dengan Potensiometer dan Encoder*.
- Parapat, A., dan Syaechurodji, S. 2020. Rekayasa Perangkat Lunak Alat Kendali Jemuran Otomatis Menggunakan Arduino Dan Sensor Hujan/Air, Kelembaban DHT11 Dan Cahaya LDR. *Jurnal UNBAJA, Vol.4 N0.1 Februari 2020* : 19 – 26.

- Pareta, K., dan U, Pareta. 2012. Landslide Modeling and Susceptibility Mapping of Giri River Watershed, Himachal Pradesh (India). *International Journal of Science and Technology*, **Vol.1 No.2 February 2012** : pp. 91-104.
- Pulungan, A.B., Sukardi., Ramadhan, T. 2018. Buck Converter Sebagai Regulator Aliran Daya Pada Pengereman Regeneratif. *Jurnal EECCIS*, **Vol. 12 No.2 Oktober 2018** : 93-97.
- Purwanti, G. 2019. *Alat Pengering Tangan Otomatis Menggunakan Sensor Inframerah Berbasis Arduino UNO*. (Tugas Akhir), Jurusan Teknik Komputer, Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Putri, M. O. 2020. *Rancang Bangun Sistem Penyimpanan Data di Mikro SD untuk Keperluan Pengukuran Besaran Listrik Berbasis Mikrokontroler*. (Tugas Akhir), Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara.
- Rifqi, I. 2012. *Dioda Zener dan LED*. Diakses pada 10 Februari 2021 dari <http://blog.umy.ac.id/clasicboy/2012/04/23/dioda-zener-dan-led/>.
- Riyanto. 2012. *Validasi & Verifikasi Metode Uji (sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi)*. Deepublish, Yogyakarta.
- Rizky, S. 2011. *Konsep Dasar Rekayasa Perangkat Lunak*. PT. Prestasi Pustakaraya, Jakarta.
- Rizqiawan, A. 2009. *Sekilas Rotary Encoder*. Diakses pada tanggal 15 Januari 2021 dari <https://konversi.wordpress.com/2009/06/12/sekilas-rotary-encoder/>.
- Sudiby, N. H. 2015. Pendeteksian Tanah Longsor Menggunakan Sensor Cahaya. *Jurnal TIM Darmajaya*, **Vol.01 N0.02 Oktober 2015** : 218 – 227.
- Suraya, N. M. 2015. Perancangan Sistem Pergeseran Tanah Menggunakan Sensor Draw Wire Berbasis Mikrokontroler Dengan Informasi SMS Gateway. *Prosiding SENATEK Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Purwokerto 2015*, **November 2015** : 144 – 150, Jurusan Teknik Informatika dan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND, Yogyakarta.
- Teguh, R., Oktaviyani, E. D., dan Mempun, K. A. 2018. Rancang Bangun Desain Internet Of Things Untuk Pemantauan Kualitas Udara Pada Studi Kasus Polusi Udara. *Jurnal Teknologi Informasi*, **Vol.12 No.2 Agustus 2018** : 140 – 156.
- Texas Instruments. 2020. *LM2596 SIMPLE SWITCHER Power Converter 150-kHz 3-A Step-Down Voltage Regulator*. SNVS124E –NOVEMBER 1999–REVISED FEBRUARY 2020. Diakses pada 29 Januari dari https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2596.pdf?ts=1611874172677&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F
- Tjeret. 2017. *Step-Up XL6009 as Constant Current Boost LED Driver*. Diakses pada 26 April 2021 dari <http://tjeret.blogspot.com/2017/04/step-up-xl6009-as-constant-current.html>
- Widodo, L. 2019. *Rancang Bangun Sistem Deteksi Posisi Sapi berbasis Smartphone*. (Tugas Akhir), Jurusan Teknik Komputer, Fakultas Teknologi Informasi dan Elektro, Universitas Teknologi Yogyakarta.

- Wiyudha, B. E. 2017. *Sistem Monitoring Demineralize Water Sebagai Air Umpan Boiler Menggunakan SMS (Short Message Service) di PT.Petro Jordan Abadi*. Undergraduate thesis, Universitas Muhammadiyah Gresik.
- Yunus, H. M. 1972. *Kamus Arab-Indonesia*. Yay. PP/Penafsiran Al-Qur'an.
- Zakaria, Z. 2009. *Analisi Kestabilan Lereng Tanah*. (Tugas), Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik Geologi, UNPAD, Bandung.
- Zaruba, Q., dan Mecl, V. 1976. *Engineering geology*, Elsevier Publisher, Co., Amsterdam, 504 p.
- Zimmermann, M.J.Y., dan Curtis. 2020. LED Zappelin': An open source LED controller for arbitrary spectrum visual stimulation and optogenetics during 2-photon imaging. *Jurnal Perangkat kerasX*, **Vol.8 Oktober 2020**.

Lampiran 6 : Curriculum Vitae**Curriculum Vitae****Data Pribadi :**

1. Nama : Ayu Sakila Arum
2. Tempat Tanggal Lahir : Bekasi , 26 Desember 1999
3. Tinggi/Berat Badan : 170cm/55kg
4. Alamat : Kp. Pedurenan Jl.H.Misan Rt.08/Rw.02 No.74
Jatiluhur Jatiasih Bekasi 17425
5. E-mail : ayutmlnsn@gmail.com
6. No.handphone : 0821-1187-7365

Pendidikan :

1. 2005 – 2011 : SDN Jati Asih 1 Kota Bekasi
2. 2011 – 2014 : SMPN 9 Bekasi Kota Bekasi
3. 2014 – 2017 : SMAN 11 Kota Bekasi
4. 2017 – 2021 : S1 FISIKA UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Prestasi :

1. Penghargaan sebagai mahasiswa berprestasi Jurusan Fisika UIN Sunan Kalijaga Tahun 2018
2. Penghargaan sebagai Presenter ICSE Tahun 2019
3. Penghargaan sebagai mahasiswa berprestasi Jurusan Fisika UIN Sunan Kalijaga Tahun 2020

Riwayat Organisasi :

1. Sekretaris SC Fisika Instrumentasi periode 2019-2020
2. Anggota Dokumentasi Fisika Festival 2019

Pengalaman Kerja :

1. Konsultan Belajar di PT Inovasi Solusi Nusantara Jaya Tahun 2019
2. Asisten Praktikum Elektronika Dasar Tahun 2019
3. Asisten Praktikum Fisika Dasar Tahun 2020
4. Talent Model di bymahabbah Tahun 2020

Keahlian Tambahan :

1. Keahlian Komputer (Ms.Word, Ms.Excel, Ms.PowerPoint)
2. Keahlian Bahasa (Bahasa Inggris)