

**RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN  
PERGERAKAN TANAH MENGGUNAKAN SENSOR  
ROTARY ENCODER, MIKROKONTROLER ESP32,  
MODUL RF 915MHZ DAN TAMPILAN BERBASIS  
PYTHON**

**SKRIPSI**

Untuk memenuhi sebagian syarat  
memperoleh derajat Sarjana S1

Program Studi Fisika



Diajukan oleh:

Hanif Fata Mustaqiim

17106020033

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

**2022**



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

### PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-755/Un.02/DST/PP.00.9/04/2022

Tugas Akhir dengan judul : RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN PERGESERAN TANAH MENGGUNAKAN ROTARY ENCODER, MIKROKONTROLER ESP32, MODUL RF 915MHZ DAN TAMPILAN BERBASIS PYTHON

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama	: HANIF FATA MUSTAQIIM
Nomor Induk Mahasiswa	: 17106020033
Telah diujikan pada	: Kamis, 31 Maret 2022
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: 624654985947F



Pengaji I

Drs. Nur Untoro, M.Si.  
SIGNED



Pengaji II

Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, S.Si., M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 6234567890123456



Yogyakarta, 31 Maret 2022

UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

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

Valid ID: 6256551c1c7d4a



**SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal : Persetujuan Skripsi  
 Lam : -

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	:	Hanif Fata Mustaqim
NIM	:	17106020033
Judul Skripsi	:	RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN PERGESERAN TANAH MENGGUNAKAN SENSOR ROTARU ENCODER, MIKROKONTROLER ESP32, MODUL RF 915MHZ, DAN TAMPILAN BERBASIS PYTHON

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

Dengan ini kami mengharapkan agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut dia atas dapat segera dimunaqosahkan. Atas perhatian kami ucapka terima kasih.

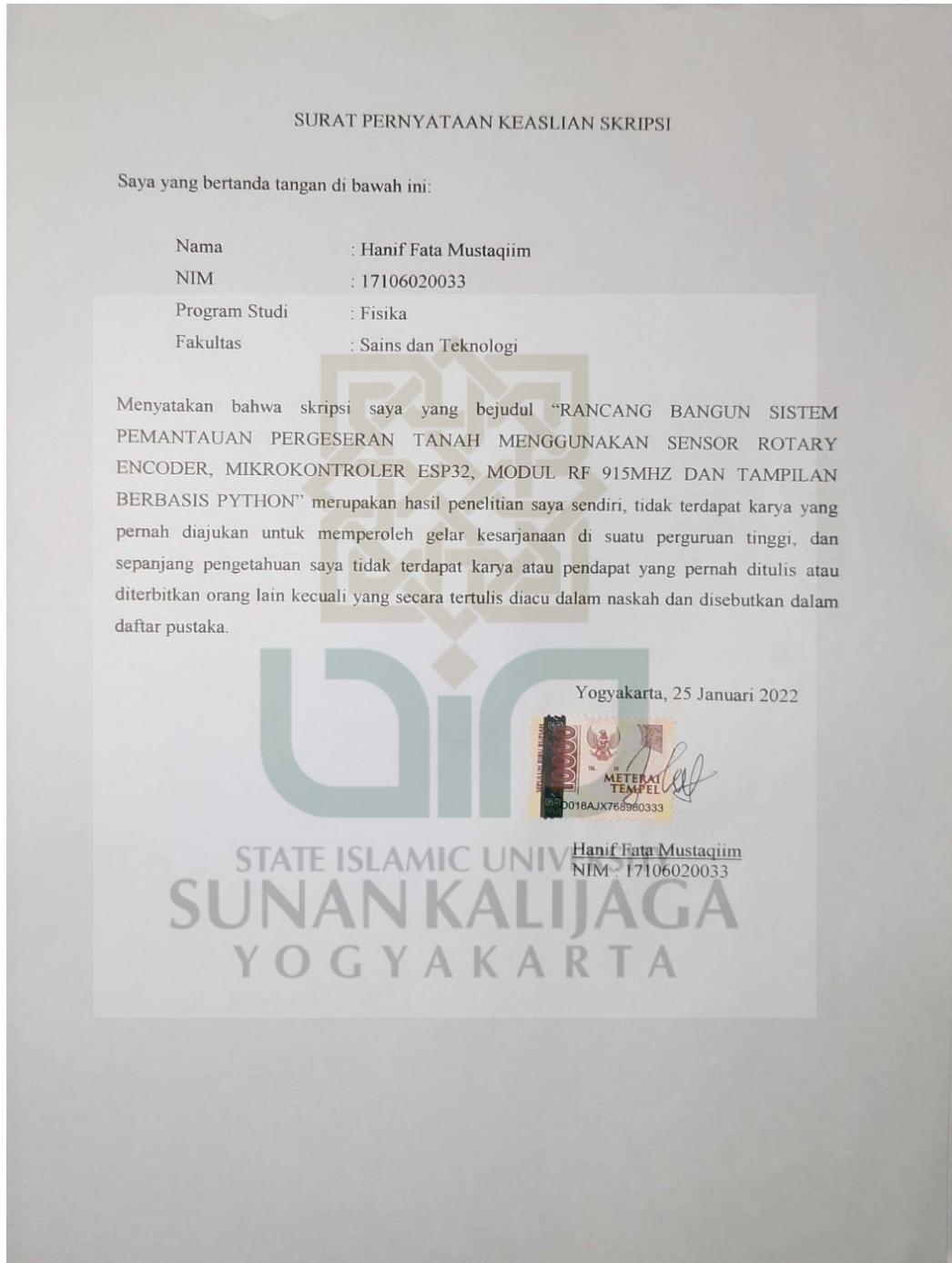
*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
 YOGYAKARTA

Yogyakarta, 21 Maret 2022  
 Pembimbing



Frida Agung Rakhmadi, S. Si., M. Sc.  
 NIP : 19780510200511003



## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Kamu tidak perlu mengerti semua hal untuk sukses”

- Warren Buffet -



**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 kehadirat Allah swt yang telah memberikan rahmat, nikmat, dan hidayah -Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "**RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN PEGERAKAN TANAH MENGGUNAKAN SENSOR ROTARY ENCODER, MIKROKONTROLER ESP32, MODUL RF 915MHZ DAN TAMPILAN BERBASIS PYTHON**" dengan baik dan lancar. Tidak lupa shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada beliau, Rasullah Muhammad saw, semoga kita mendapatkan syafaatnya di yaumalqiyamah 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, sepututnya penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ummi dan Abi 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. Ibu 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; Fatiah, Amar, Fathin, Cindy, Ayu, dan Dina 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, 22 Februari 2022

Penulis



**RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN PERGERAKAN TANAH  
MENGGUNAKAN SENSOR *ROTARY ENCODER*, MIKROKONTROLER ESP32,  
MODUL RF 915MHZ DAN TAMPILAN BERBASIS PYTHON**

**Hanif Fata Mustaqiim  
17106020033**

**INTISARI**

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh banyaknya bencana tanah longsor. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membuat dan menguji sistem pemantauan pergerakan tanah menggunakan *rotary encoder*, mikrokontroler ESP32, modul RF 915MHz tampilan berbasis Python. Pada penilitian ini terdapat tiga tahapan, yaitu perancangan, pembuatan, dan pengujian sistem pemantauan pergerakan tanah. Tahap perancangan sistem dilakukan menggunakan perangkat lunak Eagle dan Blender. Pembuatan sistem dilakukan mulai dari persiapan alat dan bahan, pembuatan perangkat keras, pembuatan perangkat lunak 1, pengambilan *dataset*, penentuan fungsi transfer, dan pembuatan perangkat lunak 2. Pengujian sistem meliputi akurasi, presisi, dan kelayakan dilakukan dengan mengambil data pergerakan tanah dengan memvariasikan jarak mulai dari 1 mm hingga 10 mm menggunakan interval 1 mm dan pengulangan sebanyak 10 kali tiap variasinya. Sistem telah berhasil dirancang, dibuat dan diuji dengan akurasi sebesar 98,842% untuk *rotary A* dan 99,990% untuk *rotary B*, presisi senilai 98,498% untuk *rotary A* dan 99,681% untuk *rotary B*, serta kelayakan *rotary A* sebesar 0,983 dan *rotary B* senilai 0,960.

**KATA KUNCI:** tanah longsor, pergerakan tanah, *rotary encoder*, mikrokontroler ESP32, dan modul RF 915MHz.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
YOGYAKARTA

**DESIGN AND CONSTRUCTION OF GROUND MOVEMENTS SYSTEM USING ROTARY ENCODER SENSOR, ESP32 MICROCONTROLLER, 915MHZ RF MODULE AND PYTHON BASED DISPLAY**

**Hanif Fata Mustaqiim**  
**17106020033**

**ABSTRACT**

*This research was motivated by the number of landslide disaster. This study aimed to design, manufacture and test ground movements monitoring system using rotary encoder, ESP32 microcontroller, 915MHz RF module, and Python based display. In this research, there were three stages, namely designing, manufacturing, and testing of the ground movements monitoring system. The system design stage was carried out using Eagle and Blender software. System manufacturing started from preparation of tools and materials, hardware manufacture, software creation 1, dataset retrieval, determination of transfer function, and software creation 2. System testing included accuracy, precision, and feasibility was carried out by taking ground movements data by varying the distance ranging from 1 mm to 10 mm using 1 mm intervals and repetitions of 10 times for each variation. The system has been successfully designed, manufactured and tested with an accuracy of 98.842% for rotary A and 99.990% for rotary B, precision of 98.498% for rotary A and 99.681% for rotary B, as well as the feasibility of rotary A of 0.983 and rotary B of 0.960.*

**KEYWORDS:** landslide, ground movements, rotary encoder, ESP32 microcontroller, and 915MHz RF module.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
YOGYAKARTA

## DAFTAR ISI

PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI .....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
INTISARI.....	ix
<i>ABSTRACT</i> .....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah.....	5
C. Tujuan Penelitian .....	6
D. Batasan Penelitian .....	6
E. Manfaat Penelitian .....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Studi Pustaka.....	8
B. Landasan Teori.....	14
1. Tanah Longsor.....	14
2. <i>Incremental Rotary Encoder</i> .....	15
3. <i>Rotary Encoder</i> LPD 3806 .....	17
4. ESP LoLin32 Lite.....	18
5. LoRa SX1276 .....	20
6. Dioda Zener .....	22
7. Arduino IDE .....	24
8. Python.....	26
9. Fungsi Transfer.....	30

10. Karakteristik Alat Ukur .....	31
11. Wawasan Islam Tentang Bencana Tanah Longsor.....	36
BAB III METODE PENELITIAN.....	38
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	38
B. Alat dan Bahan Penelitian.....	38
C. Prosedur Penelitian.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	60
A. Hasil Penelitian .....	60
1. Hasil Perancangan Sistem .....	60
2. Hasil Pembuatan Sistem .....	61
3. Hasil Pengujian Sistem.....	65
B. Pembahasan.....	66
1. Perancangan dan Pembuatan Sistem Pemantauan Pergerakan Tanah.....	66
2. Pengujian Sistem Pemantauan Pergerakan Tanah .....	73
3. Integrasi-Interkoneksi .....	77
BAB V PENUTUP.....	79
A. Kesimpulan .....	79
B. Saran.....	80
DAFTAR PUSTAKA .....	82
LAMPIRAN .....	89

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1.</b> Komponen Incremental Rotary Encoder .....	15
<b>Gambar 2. 2.</b> Susunan piringan untuk incremental rotary encoder .....	16
<b>Gambar 2. 3.</b> Skema pinout dari Lolin32 Lite .....	18
<b>Gambar 2. 4.</b> Tampak LoRa SX1276 .....	20
<b>Gambar 2. 5.</b> Tampak Dioda Zener .....	22
<b>Gambar 2. 6.</b> Dioda zener dipasang secara terbalik pada rangkaian paralel (kiri) dan seri (kanan) .....	23
<b>Gambar 2. 7.</b> Logo Arduino IDE .....	24
<b>Gambar 2. 8.</b> Logo Python .....	26
<b>Gambar 3. 1.</b> Diagram blok sistem pemantauan pergerakan tanah .....	40
<b>Gambar 3. 2.</b> Diagram alir ESP32 subsistem akuisisi dan pemancar data .....	46
<b>Gambar 3. 3.</b> Diagram alir ESP32 penerima data.....	48
<b>Gambar 3. 4.</b> Diagram alir perangkat lunak tampilan berbasis Python .....	50
<b>Gambar 3. 5.</b> Hasil pengukuran sistem pergerakan tanah (pulsa) .....	52
<b>Gambar 3. 6.</b> Diagram alir perangkat lunak tampilan berbasis Python yang kedua .....	54
<b>Gambar 3. 7.</b> Hasil pengukuran sistem pergerakan tanah (panjang) .....	56
<b>Gambar 4. 1.</b> Hasil rancangan (a) subsistem akuisisi dan pemancar data, (b) subsistem penerima data, dan (c) subsitem pengolah data dan penampil hasil ....	59
<b>Gambar 4. 2. .</b> Hasil skema rangkaian (a) subsistem akuisisi dan pemancar data dan (b) subsistem penerima data .....	60
<b>Gambar 4. 3.</b> Hasil pembuatan subsistem akuisisi dan pemancar data (a) dan rangkaianya (b).....	61
<b>Gambar 4. 4.</b> Hasil pembuatan subsistem penerima data (a) dan rangkaianya (b) .....	62
<b>Gambar 4. 5.</b> Hasil pembuatan subsistem pengolah data dan penampil hasil ....	63
<b>Gambar 4. 6.</b> Hasil pembuatan perangkat lunak penampil.....	64
<b>Gambar 4. 1.</b> Hasil rancangan (a) subsistem akuisisi dan pemancar data, (b) subsistem penerima data, dan (c) subsitem pengolah data dan penampil hasil ....	59
<b>Gambar 4. 2. .</b> Hasil skema rangkaian (a) subsistem akuisisi dan pemancar data dan (b) subsistem penerima data .....	60
<b>Gambar 4. 3.</b> Hasil pembuatan subsistem akuisisi dan pemancar data (a) dan rangkaianya (b).....	61

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1.</b> Klasifikasi kerusakan yang timbul oleh pergerakan tanah.....	14
<b>Tabel 2. 2.</b> Spesifikasi <i>Rotary Encoder</i> LPD3806.....	17
<b>Tabel 2. 3.</b> Spesifikasi ESP32 LoLin32 Lite .....	19
<b>Tabel 2. 4.</b> Pin LoRa SX1276.....	20
<b>Tabel 2. 5.</b> Taraf signifikansi 5% (0,05) dan 1% (0,01).....	34
<b>Tabel 3. 1.</b> Alat perancangan sistem.....	37
<b>Tabel 3. 2.</b> Alat pembuatan sistem .....	38
<b>Tabel 3. 3.</b> Bahan pembuatan sistem .....	38
<b>Tabel 3. 4.</b> Alat pengujian sistem .....	39
<b>Tabel 3. 5.</b> Bahan pengujian sistem.....	39
<b>Tabel 3. 6.</b> Tabel Pengukuran Sistem Pergerakan Tanah (Pulsa).....	53
<b>Tabel 3. 7.</b> Tabel Pengukuran Sistem Pergerakan Tanah (Panjang) .....	57
<b>Tabel 4. 1.</b> Hasil pengujian akurasi sistem pemantauan pergerakan tanah .....	64
<b>Tabel 4. 2.</b> Hasil pengujian presisi sistem pemantauan pergerakan tanah .....	64
<b>Tabel 4. 3.</b> Hasil pengujian kelayakan alat sistem pemantauan pergerakan tanah	64



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Menurut info bencana oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana, setidaknya terjadi 1944 kejadian bencana di seluruh daerah Indonesia pada 1 Januari 2020 hingga 3 September 2020. Dari 1944 kejadian tersebut telah menelan jumlah korban sebanyak 272 jiwa meninggal. Pada periode tersebut telah terjadi bencana tanah longsor setidaknya 368 kali (BNPB, 2020).

Bencana tanah longsor memberikan bahaya dan ancaman bagi kehidupan manusia. Dampak dari bencana yang ditimbulkan ialah rusaknya infrastruktur, harta benda hingga dapat merenggut nyawa seseorang. Perlindungan terhadap bahaya dan ancaman bencana tanah longsor harus diprioritaskan demi keberlangsungan kehidupan masyarakat (Isnaini, 2019). Perlindungan terhadap bahaya dan ancaman bencana tanah longsor dapat dilakukan dengan cara mengamati kondisi tanah yang berpotensi terjadinya tanah longsor (Khoa dan Takayama, 2018).

Perintah untuk mengamati dan mempelajari alam semesta termasuk tanah longsor terdapat dalam beberapa ayat. Salah satu ayat yang memerintahkan hal itu adalah Q.S. Al-Ghasiyah [88] ayat 17-20.

أَفَلَا يَنْظُرُونَ إِلَى الْإِلَيْلِ كَيْفَ خُلِقَتْ ١٧ وَإِلَى السَّمَاءِ  
 كَيْفَ رُفِعَتْ ١٨ وَإِلَى الْجِبَالِ كَيْفَ نُصِبَتْ ١٩ وَإِلَى  
 الْأَرْضِ كَيْفَ سُطِحَتْ ٢٠

**Artinya :** “Maka tidaklah mereka memperhatikan unta, bagaimana diciptakan? dan langit, bagaimana ditinggikan? dan gunung-gunung bagaimana ditegakkan? Dan bumi bagaimana dihamparkan?” (Kementerian Agama, 2021)

Pada ayat tersebut, Allah SWT memerintahkan untuk memperhatikan ciptaan-Nya meliputi bagaimana terciptanya unta, bagaimana langit ditinggikan, gunung gunung ditegakkan, dan bagaimana bumi dihamparkan. Kata “memperhatikan” mengandung makna mempelajari dan meneliti dengan fakta dan metode tertentu sehingga mendapatkan kebenaran dan manfaatnya (Mardeli dkk, 2011). Oleh karena itu, sebagai seorang mukmin sebaiknya kita ikut mengamati ciptaan-Nya sebagai bentuk rasa nikmat dan syukur.

Pengamatan terhadap tanah yang berpotensi longsor dapat dilakukan dengan cara memantau faktor-faktor penting pada kondisi tanah (Khoa dan Takayama, 2018). Tanah longsor adalah gerakan batu ataupun tanah yang terjadi karena adanya gravitasi (Blasio, 2011). Karena tanah longsor merupakan gerakan tanah (*mass movement*), maka pemantauan gerakan tanah merupakan hal yang perlu untuk dilakukan (Zakaria, 2009). Pemantau pergerakan tanah dapat dilakukan dengan cara

mengamati secara langsung dengan mata telanjang atau menggunakan bantuan teknologi sistem pemantauan pergerakan tanah.

Sistem pemantauan pergerakan tanah telah dibuat oleh peneliti-peniliti sebelumnya menggunakan sensor LVDT; potensiometer (Priyanto dkk, 2015); *draw wire position* (Innasanti, 2018); *accelerometer*; *soil moisture* (Artha dkk, 2018) yang mana sensor-sensor tersebut masih dapat dioptimasi dengan sensor yang lebih baik. Pada tahun 2021 Cholidina menggunakan *rotary encoder* untuk membuat sistem peringatan dini. Selain itu, Cholidina menggunakan *Internet of Things* sebagai sarana telemetri. Namun sistem tersebut memiliki kelemahan yaitu memerlukan koneksi internet yang stabil, sedangkan tidak semua daerah mempunyai internet yang stabil.

Berdasarkan kelemahan sistem di atas, perlu dikembangkan sistem pemantauan menggunakan sensor yang lebih optimal. Selain itu, sistem yang dikembangkan harus tidak bergantung pada koneksi internet, mengingat tidak semua daerah memiliki koneksi internet yang stabil.

Penilitian kali ini, sistem akan dibuat menggunakan sensor *rotary encoder*, mikrokontroller ESP32 dan telemetri dengan radio frekuensi. Selain itu sistem juga akan disimpan dan ditampilkan oleh komputer melalui *software* yang dibuat menggunakan bahasa pemrograman Python.

*Rotary encoder* adalah sensor yang dapat mengukur perubahan posisi sudut. Sensor ini bekerja dengan cara mengubah perubahan posisi sudut menjadi sinyal digital berupa pulsa (Ermansyah, 2016). Sensor ini hampir digunakan diseluruh bidang robotika karena akurasi dan resolusinya yang tinggi (Dolsak, 2008).

ESP32 adalah mikrokontroler penerus ESP8266 oleh *Espressif System*. Keunggulan dari mikrokontroler ini adalah jumlah pin yang banyak, *memory* yang besar, terdapat WiFi dan Bluetooth. Selain itu keunggulan yang menjadi pokok dipilihnya mikrokontroler ini ialah arsitekturnya yang menggunakan 32bit dan CPU dengan kecepatan 160MHz. Hal ini memungkinkan mikrokontroler melakukan tugasnya dengan cepat dan merangkap berbagai tugas yang diberikan (Muliadi dkk, 2020).

Modul RF915MHz adalah perangkat yang digunakan untuk mengirim atau menerima sinyal radio. Modul RF sering digunakan untuk aplikasi pembuka garasi, sistem alarm nirkabel, dan lainlain.(Setyawan dkk, 2017). Modul ini dipilih sebagai perangkat telemetri karena harga yang cukup terjangkau dan dapat diaplikasikan pada jarak yang jauh (Firmansyah dkk, 2018).

Python adalah bahasa pemrograman yang popular digunakan untuk berbagai keperluan pembuatan perangkat lunak seperti aplikasi web dan

*videogames*. Keunggulan dari bahasa pemrograman ini ialah mudah digunakan, mudah dimengerti, *library* yang banyak, dan pendukung perangkat keras yang baik seperti IoT (Kadarina dan Hajar, 2019).

Sebelum dilakukan pembuatan sistem pemantauan pergerakan tanah, perlu dilakukan perancangan sistem terlebih dahulu. Perancangan diperlukan agar pembuatan sistem menjadi lebih baik dan mudah. Setelah perancangan selesai, maka sistem dapat dibuat berpedoman pada desain yang telah dirancang.

Setelah sistem pemantauan pergerakan tanah berhasil dibuat, diperlukan proses pengujian skala laboratorium. Hal ini dilakukan untuk mengetahui seberapa layak sistem pemantauan pergerakan tanah. Jika sistem pemantauan pergerakan tanah berhasil diuji pada skala laboratorium dengan hasil yang layak, maka sistem pemantauan pergerakan tanah dapat ditindak lanjuti dengan uji skala lapangan.

## B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka permasalahan yang akan diteliti dalam penelitian ini dapat dirumuskan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana rancang bangun sistem pemantauan tanah menggunakan sensor *Rotary Encoder*, mikrokontroler ESP32, modul RF 915MHz, dan tampilan berbasis python?

2. Bagaimana karakteristik sistem pemantauan pergerakan tanah menggunakan sensor *Rotary Encoder*, mikrokontroller ESP32, modul RF 915 MHz, dan tampilan berbasis python yang akan dibuat?

### C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Merancang sistem pemantauan pergerakan tanah menggunakan sensor *rotary encoder*, mikrokontroler ESP32, Modul RF 915MHz dan tampilan berbasis *Python*.
2. Membuat sistem pemantauan pergerakan tanah menggunakan sensor *rotary encoder*, mikrokontroler ESP32 Modul RF 915MHz dan tampilan berbasis *Python*.
3. Menguji sistem pemantauan pergerakan tanah menggunakan sensor *rotary encoder*, mikrokontroler ESP32, Modul RF 915MHz dan tampilan berbasis *Python*.

### D. Batasan Penelitian

Penelitian hanya dilakukan pada hal-hal sebagai berikut:

1. Sensor yang digunakan adalah *rotary encoder* dengan jenis *incremental* dan seri LPD3806;
2. Modul RF 915MHz yang digunakan adalah SX1276;
3. Mikrokontroler ESP32 yang digunakan adalah ESP32 Lolin32 Lite
4. Pengujian dilakukan berskala laboratorium.

5. Parameter uji meliputi akurasi, presisi dan kelayakan alat;

#### **E. Manfaat Penelitian**

Penelitian hanya dilakukan pada hal-hal sebagai berikut:

1. Sensor yang digunakan adalah *rotary encoder* dengan jenis *incremental* dan seri LPD3806;
2. Karakterisasi yang dilakukan untuk mencari nilai akurasi, presisi dan kelayakan alat;
3. Modul RF 915MHz yang digunakan adalah SX1276;
4. Mikrokontroler ESP32 yang digunakan adalah ESP32 Lolin32 Lite
5. Pengujian dilakukan berskala laboratorium.



## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Penelitian yang telah dilakukan membawa hasil yang dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Sistem pemantauan pergerakan tanah menggunakan sensor *rotary encoder*, mikrokontroler ESP32, modul RF 915MHz dan tampilan berbasis Python telah berhasil dirancang.
2. Sistem pemantauan pergerakan tanah telah berhasil dibuat dari besi yang disusun bersamaan dengan *rotary encoder*, as besi, *bearing*, *shaft coupling*, dan *pulley*, serta mikrokontroler ESP32 dirakit pada PCB bersama LoRa SX1276, diode zener, USB *female*, dan ditutup menggunakan kotak hitam.
3. Sistem pemantauan pergerakan tanah berhasil diuji. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem telah diterima dan dianggap baik untuk mengukur pergerakan tanah dengan nilai akurasi sebesar 98,842% pada *rotary A* dan 99,990% pada *rotary B*. Selain itu, *rotary A* dianggap sudah baik sedangkan *rotary B* belum baik dengan nilai presisi yang didapatkan pada *rotary A* sebesar 98,498% dan *rotary B* sebesar 99,681%. Nilai kelayakan alat menyatakan sistem sudah layak digunakan dengan *rotary A* sebesar 0,983 dan *rotary B* sebesar 0,960.

## B. Saran

Pada penelitian ini terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperbaiki maupun dikembangkan. Adapun beberapa catatan peniliti disarankan untuk dilakukan pada penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Sistem pemantauan pergerakan tanah telah dapat mengukur pergerakan yang terjadi, namun sangat mungkin sistem dikembangkan untuk mengukur kecepatan dan percepatan pergerakan untuk memantau aktifitas tanah. Aktifitas tanah yang terpantau dapat menjadi acuan sistem peringatan dini.
2. Penelitian ini menggunakan sumber tegangan melalui adaptor, dengan begitu sistem memerlukan sumber tegangan dari PLN. Karena sistem akan dipasang pada lokasi yang jauh dari sumber PLN, maka diperlukan sumber tegangan yang dapat disimpan seperti baterai.
3. Pergerakan yang dilakukan pada tahap pengujian ini bersumber dari pergerakan kayu oleh tangan manusia. Pengujian ini masih perlu diuji pada objek yang lebih nyata seperti prototipe menggunakan tanah atau langsung pada lapangan.
4. Karena sistem menggunakan sistem telemetri, waktu pemrosesan data dan jarak antar subsistem dianggap penting untuk diketahui supaya menjadi pedoman pengembangan sistem peringatan dini. Oleh karena itu, sistem perlu dilakukan pendataan waktu proses pemrosesan data dan memvariasikan jarak antar subsistem.

5. Penelitian ini menggunakan benang yang berpotensi terjadinya penyusutan ataupun pelonggaran. Serta pengujian sistem yang dilakukan hanya mencakup akurasi, presisi dan kelayakan alat saja. Oleh sebab itu, pengujian pada parameter kinerja lain perlu dilakukan untuk mempersiapkan sistem agar dapat digunakan dengan lebih optimal.



## DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, A. C. 2019. *Perbandingan Prosesor Atmega328p, Stm32, Esp32, Lpc1769.* Diakses 10 Juni 2021 dari <https://embedded.stei.itb.ac.id/2019/01/03/perbandingan-prosesor-atmega328p-stm32-esp32-lpc1769/>.
- Arduino. 2021. *Arduino Libraries.* Diakses 7 Juni 2021 dari <https://www.arduino.cc/en/main/libraries>.
- Anonim. *Tabel Nilai-nilai r Product Moment.* Diakses 7 Juni 2021 dari <http://library.walisongo.ac.id/digilib/files/disk1/10/jptiain-gdl-s1-2005-ekhwanudin-473-LAMPIRAN-7.pdf>
- Aroeboesman, F. N. 2019. Analisis Kinerja LoRa SX128 Menggunakan Topologi Star Berdasarkan Jarak dan Besar Data pada WSN. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer.* Vol. 3 No. 4 April 2019: 3860-3865.
- Arsyad, U., Barkey, R., Wahyuni, dan Matandung, K. 2018. Karakteristik Tanah Longsor di Daerah Aliran Sungai Tangka. *Jurnal Hutan dan Masyarakat.* Vol. 10 no.1 Juli 2018: 203-214.
- Artha, O. Rahmadya, dan B. Putri, R. 2018. Sistem Peringatan Dini Bencana Longsor Menggunakan Sensor Accelerometer dan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Android. *Journal of Information Technology and Computer Engineering.* Vol. 2 no.2 September 2018: 14-20.
- Arum, A. S. 2021. *Rancang Bangun dan Karakerisasi Alat Ukur Pergeseran Tanah Berbasis Sensor Rotary Encoder dan Mikrokontroler ESP32 untuk Mendukung Pendekslsian Tanah Longsor.* (Skripsi), Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta.
- Blasio, F. V. D. 2011. *Introduction of The Physics of Landslide.* Springer: New York.
- Bridgewater, L. L. Braid, R. B. Eaton, A. D. dan Rice E. W.. 2017. *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater.* American Public Health Association: Washington

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. *Update Bencana di Indonesia 3 September 2020.* Diakses 27 Maret 2022 dari <https://www.bnrb.go.id/index.php/infografis/update-bencana-di-indonesia-3-september-2020>
- Bui, T. A. Fathani, T. F. dan Wilopo, W. 2019. Landslide Risk Assessment for Designing Monitoring and Early Warning System. *Journal of Applied Geology.* **Vol. 4 no. 1 2019:** 1-8.
- Champbell, S. 2016. *Basics of The SPI Communication Protocol.* Diakses 11 Juni 2021 dari <https://www.circuitbasics.com/basics-of-the-spi-communication-protocol/>.
- Cholidina, D. I. 2021. *Rancang Bangun Early Warning System Bencana Tanah Longsor Berbasis Sensor Incremental Rotary Encoder, Internet of Things, dan SMS Gateway dibuat menggunakan sensor rotary encoder, ESP32 yang terhubung dengan ponsel melalui internet dan SMS.* (Skripsi), Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta.
- Cosijns, S. J. A. G. dan Jansen.M. K. *Advanced Optical Incremental Sensors: Encoders and Interferometer.* Woodhead Publishing.
- Data Flair. 2018. *Python Libraries – Python Standard Library & List of Important Library.* Diakses 7 Juni 2021 dari <https://data-flair.training/blogs/python-libraries/#:~:text=A%20Python%20library%20is%20a,a%20collection%20of%20core%20modules>.
- Dewi, D. Ningsih, F. Armoko, D. dan Shobari, I. Desain Mapping dan Komunikasi LoRa SX1276 pada Sistem Deteksi Radiasi Menggunakan Drone. *PRIMA.* **Vol. 17 no. 2 November 2020.**
- Dhaker, P. 2018. *Introduction to SPI Interface.* Diakses 11 Juni 2021 dari <https://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/introduction-to-spi-interface.html#>.
- Dolsak, A. 2008. The Design and Application of Rotary Encoders. *Sensor Review.* **Vol. 28 2008:** 150-158.
- Ermansyah, S. 2016. *Implementasi System Voice Recognition dan Rotary Encoder pada Mobile Robot Sebagai Sistem Navigasi dan Perhitungan Posisi Robot.*

- (Skripsi), Program Studi Strata 1 Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.
- Faridah, D. N., Erawan, D. Sutriah, K. Hadi, A. dan Budiantari, F. 2018. *Implementasi SNI ISO/IEC 17025:2017*. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta.
- Ferre, G. Giremus, A. 2018. LoRa Physical Layer Principle and Performance Analysis. *ICECS 2018 5<sup>th</sup> IEEE International Conference on Electronics Circuits and Systems*.
- Fezari, M. Dahoud, A. 2018. *Integrated Development Environment “IDE” For Arduino*. Al Zaytoona University.
- Firmansyah, R. Bagaskara, S. Kurdyanto, R. dan Muizz, M. 2018. Penerapan Modul RF 915 dalam Pengukuran Intensitas Cahaya Menggunakan Sensor LDR Berbasis Arduino. *Indonesian Journal of Electrical and Electronic Engineering*. Vol. 1 no. 1 2018: 0-37.
- Fraden, J. 2016. *Handbook of Modern Sensors: Fifth Edition*. Springer: San Diego.
- Hakim, A. 2013. Makna Bencana Menurut Al-Qur'an. *Hermeunetik*. Vol. 7 no. 2 Desember 2013.
- Hidayati, T. N. 2015. *Sunnatullah dalam Surat Al-Fath Ayat 23 Menurut M. Quraish Shihab dan Ahmad Musthofa Al-Maraghi*. (Thesis), Prodi Ilmu Alquran dan Tafsir, Fakultas Ushuluddin dan Filsafat, UIN Sunan Ampel, Surabaya.
- Hidayatullah, M. S. 2009. Tinjauan Islam Soal Bencana Alam. *Jurnal Studi Al-Qur'an*. Vol. 5 no. 1. 2009: 2239-2614.
- Highland, L. M. dan Bobrowsky, P. 2008. *The Landslide Handbook – A Guide to Understanding Landslides*. U.S. Geology Survey: Virginia.
- Isnaini, R. 2019. Analisis Bencana Tanah Longsor di Wilayah Jawa Tengah. *Islamic Management and Empowerment Journal*. Vol. 1 2018: 143-160.
- Innasanti, L. 2018. *Rancang Bangun Sistem Monitoring Pergerakan Tanah Menggunakan Arduino dengan Komunikasi Radio Sebagai Peringatan Dini Bencana Tanah Longsor*. (Skripsi), Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta.

- Intrieri, E. Gigli, G. Gracchi, T. Nocentini, M. Lombardi, L. Mugnai, F. Frodella, W. Bertolini, G. Carnevale, E. Favalli, M. Fornaciai, A. Alavedra, J. Mucchi, L. Nannipieri, L. Lloveras, X. Pizziolo, M. Schina, R. Trippi, F. dan Casagli, N. 2018. Application of an ultra-wide band sensor-free wireless network for groundmonitoring. *Engineering Geology.* Vol. 238 2018: 1-14.
- Kadarina, T. dan Hajar M. 2019. Pengenalan Bahasa Pemrograman Python Menggunakan Aplikasi Games Untuk Siswa/I Di Wilayah Kembangan Utara. *Jurnal Abdi Masyarakat.* Vol. 5 no. 1 September 2019: 11-16.
- Kementrian Agama. 2021. *Qur'an Kemenag.* Diakses pada 10 Juni 2021 dari <https://quran.kemenag.go.id>.
- Khoa, V. dan Takayama, S. 2018. Wireless Sensor Network in Landslide Monitoring System with Remote Data Management. *Measurement.* Vol. 118 Maret 2018: 214-229.
- Kumalasari, A. Panggabean, A. dan Akkas, E. 2017. Pengembangan Metode Rapid Test dalam Penentuan Ash Content dan Calorific Value Batubara di Laboratorium PT Jasa Mutu Mineral Indonesia. *Jurnal Atomik.* Vol. 2 No. 12 2017: 121-127.
- Latif, Z. Wahjudi, A. dan Sudarmanta B. 2014. Rancang Bangun Sistem Pengukuran Pada Alat Kalibrasi Sensor Gas Oksigen ( $O_2$ ). *Jurnal Teknik Pomits.* Vol. 1 No. 2 2014: 2301-9271.
- Mardeli. 2011. Konsep Al-Qur'an tentang Metode Pendidikan Islam. *Ta'dib.* Vol. 16 No. 1. 2011.
- Matondang, J. 2018. *LoRa Modulation Basics.* Diakses 10 Mei 2021 dari <https://josefmtd.com/2018/08/02/lora-modulation-basics/>.
- Muliadi, M. Imran, A. dan Rasul, M. 2020. Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan ESP32. *Jurnal Media Elektrik.* Vol. 17 No. 2 April 2020.
- Morris, A. 2001. *Measurement and Instrumentation Principles.* Butterworth-Heinemann. Woburn.
- Neary, M. 2021. *Getting StartedWith Python IDLE.* Diakses 16 Mei 2021 dari <https://realpython.com/python-idle/>.
- Nedelkovski, dan Dejan. 2016. *How Rotary Encoder Works and How To Use It with Arduino.* Diakses 26 maret 2021 dari <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/rotary-encoder-works-use-arduino/>.

- Nurdian, W. 2019. *Arduino IDE, Pengertian dan Istilah yang Sering Digunakan.* Diakses 11 Juni 2021 dari <https://www.idebebas.com/arduino-ide/>.
- Ottoragam. 2015. *Magnetic Incremental Rotary Encoder.* Diakses 31 maret 2021 dari <https://hackaday.io/project/8418-magnetic-incremental-rotary-encoder>.
- Paradisetric. 2021. *868MHz SX1276 LoRa Breakout Board with Antenna.* Diakses 12 Mei 2021 dari <https://paradisetric.com/en/add-on-boards/868mhz-sx1276-lora-breakout-board-antenna>.
- PNPB. 2019. *Info Bencana edisi Januari 2019.* PusatdatinKK.
- Prabowo, E. 2010. *Identifikasi Kelayakan Alat Praktek Instalasi Listrik Sub Alat Ukur Avometer Untuk Mendukung Tujuan Kurikulum Di SMK N 5 Semarang.* (Skripsi), Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UNS, Semarang.
- Priyanto, J. Subagiyo, H. dan Madona, P. 2015. Rancang Bangun Peringatan Bahaya Longsor dan Monitoring Pergerakan Tanah Menggunakan Komunikasi Berbasis GSM. *Jurnal ELEMENTER. Vol. 1 no. 2 November 2015.*
- Projects DIY. 2017. *Wemos LoLin32 Lite, More Compact Revision of The LoLin32 to \$4.90.* Diakses 8 Mei 2021 dari <https://diyprojects.io/wemos-lolin32-lite-compact-revision-lolin32-4-90/#.YJWcpsQxIU>.
- Purnomo, E. 2015. *Dioda Zener: Pengertian dan Cara Kerja.* Diakses 13 Mei 2021 dari <https://www.nulis-ilmu.com/dioda-zener/>.
- Rezkia, S. M. 2020. *Python: Kompetensi Python untuk Pemula.* Diakses 11 Juni 2021 dari <https://www.dqlab.id/belajar-pyton-dengan-pahami-3-librarynya#:~:text=Apa%20yang%20dimaksud%20dengan%20library,pemula%2C%20bisa%20belajar%20dengan%20gratis!>.
- Riyanto. 2014. *Validasi & Verifikasi Metodi Uji.* Yogyakarta: Deepublish.
- Rotaru, A. Oajdea, D. dan Raileanu, P. 2007. Analysis of The Landslide Movements. *International Journal of Geology. Vol. 1 2007.*
- Santos, B. 2021. *ESP32 vs ESP 8266 – Pros and Cons.* Diakses pada 10 Juni 2021 dari <https://makeradvisor.com/esp32-vs-esp8266/#:~:text=The%20ESP32%20is%20the%20ESP8266,4.2%20and%20Bluetooth%20low%20energy>.

- Semtech. 2016. *SX1276/77/78/79 – 137 MHz to 1020 MHz Low Power Long Range Transceiver.* Diakses 11 Juni 2021 pada <https://www.mouser.com/datasheet/2/761/sx1276-1278113.pdf>.
- Setyawan, F. Fikri, A. Fuad, A. Rohim, R. dan Firmansyah, R. 2017. Telemetri Flowmeter Menggunakan Rf Modul 915mhz Berbasis Arduino. *Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA.* Vol. 1 no. 1 2017.
- Simplilearn. *Introduction To Python.* Diakses 15 Mei 2021 dari <https://www.simplilearn.com/learn-the-basics-of-python-article>.
- Sinuarduino. *Apa itu Arduino IDE dan Arduino Sketch ?.* Diakses 14 Mei 2021 dari <http://allgoblog.com/apa-itu-arduino-ide-dan-arduino-sketch/>.
- Sulistadijji, K. dan Pitoyo, J. 2009. *Alat Ukur dan Instrumen Ukur.* BBP Mektan: Serpong
- Tirtasari, N. 2017. Uji Kalibrasi (Ketidakpastian Pengukuran) Neraca Analitik di Laboratorium Biologi FMIPA UNNES. *Indonesian Journal of Chemical Science.*
- Virgono, A. Sunarya, U. dan Jauhariah, S. W. 2016. Perancangan Sistem Pengendali dan Monbitoring Kecelakaan Mobil Berbasis *Vehicular AD HOC Network (VANET)* Menggunakan Sensor *Limit Switch* dan *Rotary Encoder*. *E-Proceeding of Engineering.* Vol. 3 no. 1 April 2016: 778.
- Wahyuni, N. 2014. *Uji Validitas dan Reliabilitas,* Diakses 7 Juni 2021 dari <https://qmc.binus.ac.id/2014/11/01/u-j-i-v-a-l-i-d-i-t-a-s-d-a-n-u-j-i-r-e-l-i-a-b-i-l-i-t-a-s/>
- Wahyuni, S. 2015. *Rancang Bangun Perangkat Lunak pada Semi Otomatis Alat Tenun Selendang Songket Palembang Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 128.* (Tesis), Politeknik Negeri Sriwijaya, Sumatera Selatan.
- Weya, S. Hasanuddin, B. dan Arda, A. 2019. Sistem Peringatan Dini Bencana Tanah Longsor Berbasis Wireless Sensor Network di Kecamatan Sentani Jayapura. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi.* Vol. 9 no. 2 Desember 2019: 113-122.
- Wijaya SN, O. 2015. Kendali Motor DC Menggunakan Sensor SRF (Sonar Range Finder) Pada Robot Webcam Berbasis Android.

Yunus, M. *Sistem Komunikasi Wireless Jarak Jauh dan Berdaya Rendah*. Diakses 12 Mei 2021 dari <https://yunusmuhammad007.medium.com/1-lora-sistem-komunikasi-wireless-jarak-jauh-dan-berdaya-rendah-70dfc4d3c97d>.

Zakaria, Z. 2009. *Analisis Kestabilan Lereng Tanah*. Laboratorium Geologi Teknik, Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Geologi, Universitas Padjadjaran.

Zourmand, A. Hung, C. Hing, A. dan Rehman, M. 2019. Internet of Things (IoT) using LoRa Technology. *IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems*. Juni 2019.

