

**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 Mustaqim

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
MENGUNAKAN 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



Kema Sidang

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

Valid ID: 624a5d85947f



Penguji I

Drs. Nur Untoro, M.Si.
SIGNED

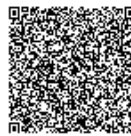
Valid ID: 624efca68271b



Penguji II

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

Valid ID: 6254cc7a88362



Yogyakarta, 31 Maret 2022

UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

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

Valid ID: 625655c1c7d6a



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 Mustaqiim
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.

Yogyakarta, 21 Maret 2022
Pembimbing

Erida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc.
NIP : 197805102005011003

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hanif Fata Mustaqiim
NIM : 17106020033
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN PERGESERAN TANAH MENGGUNAKAN SENSOR ROTARY ENCODER, MIKROKONTROLER ESP32, MODUL RF 915MHZ DAN TAMPILAN BERBASIS PYTHON” 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 dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 25 Januari 2022



Hanif Fata Mustaqiim
NIM : 17106020033

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 kehadiran 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, 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. 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
MENGUNAKAN 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 penelitian 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.

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.*

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.....	Error! Bookmark not defined.
A. Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
B. Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
C. Tujuan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
D. Batasan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
E. Manfaat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
A. Studi Pustaka.....	Error! Bookmark not defined.
B. Landasan Teori.....	Error! Bookmark not defined.
1. Tanah Longsor.....	Error! Bookmark not defined.
2. <i>Incremental Rotary Encoder</i>	Error! Bookmark not defined.
3. <i>Rotary Encoder</i> LPD 3806	Error! Bookmark not defined.
4. ESP LoLin32 Lite.....	Error! Bookmark not defined.
5. LoRa SX1276	Error! Bookmark not defined.
6. Dioda Zener	Error! Bookmark not defined.
7. Arduino IDE	Error! Bookmark not defined.
8. Python.....	Error! Bookmark not defined.
9. Fungsi Transfer.....	Error! Bookmark not defined.

10. Karakteristik Alat Ukur	Error! Bookmark not defined.
11. Wawasan Islam Tentang Bencana Tanah Longsor. Error! Bookmark not defined.	
BAB III METODE PENELITIAN.....	Error! Bookmark not defined.
A. Waktu dan Tempat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
B. Alat dan Bahan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
C. Prosedur Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
A. Hasil Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1. Hasil Perancangan Sistem	Error! Bookmark not defined.
2. Hasil Pembuatan Sistem	Error! Bookmark not defined.
3. Hasil Pengujian Sistem	Error! Bookmark not defined.
B. Pembahasan.....	Error! Bookmark not defined.
1. Perancangan dan Pembuatan Sistem Pemantauan Pergerakan Tanah	Error! Bookmark not defined.
2. Pengujian Sistem Pemantauan Pergerakan Tanah..	Error! Bookmark not defined.
3. Integrasi-Interkoneksi	Error! Bookmark not defined.
BAB V PENUTUP.....	79
A. Kesimpulan	79
B. Saran.....	80
DAFTAR PUSTAKA	82
LAMPIRAN	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

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

DAFTAR TABEL

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

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Penelitian yang telah dilakukan membuahkan 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 peneliti 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/jtptiain-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 Karakterisasi Alat Ukur Pergeseran Tanah Berbasis Sensor Rotary Encoder dan Mikrokontroler ESP32 untuk Mendukung Pendeteksian 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.bnpb.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 5th 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 ground monitoring. *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 (O₂). *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://josefntd.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 Started With 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>.
- Paradisetrionic. 2021. *868MHz SX1276 LoRa Breakout Board with Antenna*. Diakses 12 Mei 2021 dari <https://paradisetrionic.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/#.YJWcpsQxXIU>.
- 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/>.
- Sulistiadji, 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 Monitoring 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**.

CURICULUM VITAE

Nama : Hanif Fata Mustaqim
Tempat Tanggal Lahir: Sleman, 19 Mei 1998
Jenis Kelamin : Laki-laki
Jurusan/ Fakultas : Fisika/ Sains dan Teknologi
Perguruan Tinggi : UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
No Hp : 0895328830504
Email : hanfamus@gmail.com
Alamat : Gumawang, Belitang, OKU Timur, Sumatra Selatan



Riwayat Pendidikan :

- SD Negeri 03 Gumawang (2004 - 2010)
- SMP Negeri 1 Belitang (2010 - 2013)
- SMA Negeri 1 Belitang (2013 - 2016)
- Program S1 Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta (2017 – 2022)