

RANCANG BANGUN ALAT UKUR SEISMIK MENGUNAKAN INERTIAL MEASUREMENT UNIT (IMU) BERBASIS IoT

¹Muhammad Sakhalish Zayyan, ² Kartiko Ardi Widodo, ³ Bima Romadhon Parada Dian Palevi
Institut Teknologi Nasional Malang, Malang, Indonesia
¹ sakhablit26@gmail.com, ²e-mail, ³e-mail

Abstract— Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membangun alat ukur seismik menggunakan inertial measurement unit (IMU) berbasis Internet of Things (IoT). Gempa bumi merupakan fenomena alam yang dapat menyebabkan kerusakan pada manusia dan infrastruktur. Oleh karena itu, pengukuran dan pemantauan aktivitas seismik menjadi penting untuk mengurangi risiko gempa. Dalam penelitian ini, kami menggunakan teknologi IMU, yang terdiri dari akselerometer dan giroskop, untuk mengukur perubahan getaran dan gerak di permukaan bumi. IMU terhubung ke platform IoT, yang memungkinkan transmisi data waktu nyata di Internet. Informasi yang diperoleh dari alat pengukur ini dapat memberikan informasi penting tentang kekuatan dan karakteristik seismik daerah tersebut. Perancangan alat pengukur seismik ini meliputi pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras terdiri dari modul IMU, mikrokontroler, modul komunikasi nirkabel dan baterai cadu daya. Pada saat yang sama, perangkat lunak ini berfungsi untuk mengumpulkan, menganalisis, dan menampilkan data seismik yang diterima oleh IMU.

Kata Kunci—alat ukur seismik, Inertial Measurement Unit (IMU), Internet of Things (IoT), pengukuran seismik, mitigasi risiko gempa.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Gempa bumi adalah jenis pelepasan energi secara tiba-tiba yang menimbulkan getaran di permukaan bumi melalui penjarangan gelombang seismik. Gempa bumi dapat bervariasi intensitasnya, dari gempa kecil yang terlihat hingga gempa yang sangat besar yang dapat menyebabkan kerusakan parah. Kejadian seismik tidak hanya meliputi kerusakan struktur, tetapi juga kejadian primer seperti penurunan muka tanah dan rekahan permukaan, serta kejadian sekunder seperti pergerakan batuan, tsunami, rekahan, likuifaksi dan tanah longsor [1].

Dinamika geografis, demografis, sosiologis, meteorologis, dan iklim Indonesia tidak hanya membuat Indonesia kaya akan sumber daya alam, tetapi juga menjadikan Indonesia rawan bencana (bencana alam, nonalam, dan sosial). Ruang ini dapat dijadikan sebagai laboratorium untuk menghasilkan pakar kebencanaan, pengetahuan dan teknologi di Indonesia. Sejarah bencana di Indonesia menunjukkan bahwa jumlah bencana dan korban bencana semakin meningkat dan semakin kompleks [2].

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana merubah dari kejadian seismik yang terjadi dan di baca oleh sensor seismik ?
2. Bagaimana mengirimkan data dari sensor melalui embedded sistem menuju server menggunakan esp32 IoT ?

C. Tujuan

Tujuan pada skripsi ini adalah :

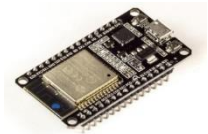
1. Membuat rancang bangun alat ukur seismik menggunakan sensor IMU (Inertial Measurement Unit) Berbasis IoT.
2. Tujuan dengan adanya Alat ini dapat memberikan informasi secara real time kepada operator seberapa parah gempa yang terjadi khususnya vulkanik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. ESP-32

ESP 32 adalah mikrokontroler yang diperkenalkan oleh Espressif System Descendants dari mikrokontroler ESP8266. Modul WiFi tersedia dalam mikrokontroler ini dalam sebuah chip, yang secara signifikan mendukung pembuatan sistem aplikasi untuk Internet of Things [3].

IoT sebagai alat komunikasi dari sensor ke operator. IoT sendiri adalah perangkat yang tertanam dalam elektronik, sirkuit, perangkat lunak, dll. Hal ini memungkinkan perangkat ini untuk mengumpulkan dan bertukar data. Internet of Things dapat dikendalikan dari jarak jauh melalui infrastruktur jaringan yang ada, menciptakan peluang untuk integrasi fisik yang lebih langsung dengan sistem komputer, yang mengarah pada peningkatan yang lebih efisien dan akurat [4]



Gambar 2.1 ESP-32

B. Sensor Grove - 9dof IMU

Grove - 9dof IMU, sensor ini adalah modul pelacakan gerak 9 sumbu yang akurat yang dikendalikan oleh MPU-9250. MPU-9250 adalah pelacak gerak 9 sumbu terintegrasi pertama di dunia yang dirancang untuk daya rendah, biaya rendah, dan kinerja tinggi. Perangkat ini juga terdapat pada perangkat elektronik masa kini yaitu smartphone, tablet, dll. MPU-9250 mencakup tiga ADC 16-bit untuk mendigitalkan keluaran gyro, tiga ADC 16-bit untuk mendigitalkan keluaran akselerometer, dan tiga ADC 13-bit ke Bit ADC untuk mendigitalkan output magnetometer. Selain itu, Invensense memproduksi sensor ini dengan antarmuka komunikasi I2C [5]

Gambar 2.2 Sensor Grove - 9dof IMU



C. Software

- Perangkat Lunak Mikrokontroler:

Mikrokontroler yang digunakan dalam penelitian ini adalah Arduino karena diperlukan perangkat lunak pendukung untuk membuat perangkat lunak yang tertanam di dalam mikrokontroler. Perusahaan Arduino menawarkan dua program gratis, yaitu: Editor Web Arduino dan Arduino IDE. Salah satu dari dua program pendukung yang digunakan untuk membuat software mikrokontroler tersebut adalah Arduino IDE versi 1.8.10.

- Google Sheet

Google Sheet adalah salah satu dari tiga suite kantor berbasis web gratis dari Google Docs. Dimiliki dan dioperasikan oleh Google Drive. Google Sheets tersedia sebagai aplikasi Web, aplikasi seluler untuk Android, iOS, Windows, dan aplikasi desktop dalam berbagai format Kompatibel dengan format file Microsoft Excel.



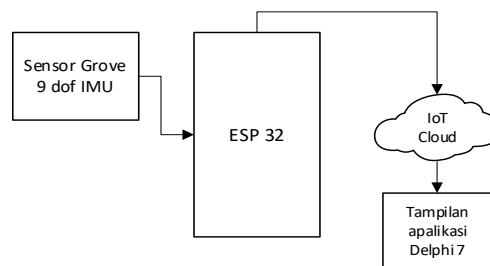
Gambar 2.3 Aplikasi Arduino IDE

III. METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan langkah-langkah penelitian berupa desain sistem yang terbagi menjadi dua bagian yaitu desain Perangkat keras dan perangkat lunak. Bagian-bagiannya diatur untuk secara sistematis membuat sistem yang sesuai merencanakan dan dapat bertindak sesuai dengan tugasnya.

A. Diagram Blok

Berikut adalah diagram blok dari sistem yang akan dibangun. Dibahas juga penggunaan sistem komponen yang ada dan menjelaskan hubungan antar komponen yang ada.



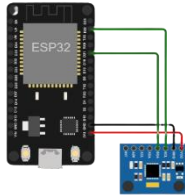
Gambar 3.1 Diagram Blok Keseluruhan Sistem

Keterangan setiap komponen blok sebagai berikut :

1. Sensor Grove 9 dof IMU berfungsi untuk mengukur getaran pada tanah saat terjadinya gempa.
2. ESP 32 berfungsi sebagai penerima data dari sensor lalu diproses menjadi output yang diinginkan.
3. IoT Cloud berfungsi sebagai perantara pengiriman semua data sensor yang dikirim dari ESP 32.
4. Aplikasi Delphi 7 berfungsi memvisualisasikan semua data sensor dari Cloud ke pada operator.

B. Rangkaian Sensor Grove 9 dof IMU

Sensor Grove IMU dengan 9 depth of field mengukur gerakan tanah saat terjadi gempa. Pengukuran magnitudo seismik ditampilkan dalam satuan skala Richer (SR). Tegangan suplai yang dibutuhkan oleh sensor IMU adalah 3,3V hingga 5V. ESP32 memiliki puncak suplai 3.3V yang cukup untuk memberi daya pada sensor IMU.



Gambar 3.2 Rangkaian Sensor Grove 9 dof IMU

Tabel 3.1 Konfigurasi PIN Sensor Grove 9 dof IMU dengan ESP32

Sensor Grove 9dof IMU	ESP32	Catu Daya
VCC	-	3,3V
GND	-	GND
SCL	D22	-
SDA	D21	-

C. Perancangan Perangkat Lunak

Tahap perancangan perangkat lunak ini menggunakan program dari ESP32 untuk sensor Grove 9 dof IMU yang berfungsi untuk kalibrasi dan pengukuran dalam bahas C++ melalui perangkat lunak Arduino IDE.

- Program Kalibrasi Sensor Grove 9 dof IMU
Program kalibrasi sensor digunakan untuk menguji kelayakan sensor untuk menghasilkan hasil sesuai dengan indikator yang diinginkan yaitu akurasi dan presisi.

```

COM12
...
load:0x3fff0030,len:1344
load:0x40078000,len:13924
...
Mag Factory Calibration Values:
X-Axis sensitivity offset value 1.20
Y-Axis sensitivity offset value 1.20
Z-Axis sensitivity offset value 1.16
Mag Calibration: Wave device in a figure eight until done!
mag x min/max:
-243
26
mag y min/max:
-141
139
mag z min/max:
-568
0
Mag Calibration done!
AK8963 mag biases (mG)
-193.56, -1.80, -492.36
AK8963 mag scale (mG)
1.36, 1.31, 0.67
Mag Factory Calibration Values:
X-Axis sensitivity offset value 1.20
Y-Axis sensitivity offset value 1.20
Z-Axis sensitivity offset value 1.16
< calibration parameters >
accel bias [g]:
2.26, 29.71, 35.97
gyro bias [deg/s]:
-1.03, 1.05, 1.51
mag bias [mG]:
-193.56, -1.80, -492.36
mag scale [I]:
1.36, 1.31, 0.67
    
```

Gambar 3.3 Tampilan Serial Monitor Kalibrasi sensor Grove 9 dof IMU

- Program Pengukuran Sensor Grove 9 dof IMU
Program pengukuran sensor IMU Grove 9 dof digunakan untuk mengukur sumbu x, y, dan z pada akselerometer, giroskop, dan magnetometer. Output dari sensor adalah sinyal digital dengan resolusi 16-bit. Sinyal digital tersebut kemudian diterjemahkan menjadi nilai sumbu x, y dan z menggunakan satuan dari masing-masing sensor menggunakan library MPU9250_asukiaaa.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan hasil serta pembahasan dari pengujian sensor. Kegiatan yang dilakukan dalam pengujian adalah menguji sensor yang digunakan untuk menampilkan data, serta pengujian untuk keseluruhan sistem. Hasil dari pengujian alat ini tidak hanya menjadi dasar dalam pengambilan kesimpulan, akan tetapi juga berbagai aspek yang perlu untuk ditingkatkan agar sesuai dengan kinerja alat dengan perancangan yang telah dibuat sebelumnya.

```

COM12
sensorId: 113
accelX: -0.00
accelY: -0.02
accelZ: -1.03
accelSqrt: 1.03
gyroX: 1.16
gyroY: -1.22
gyroZ: -1.22
magX: 2.39
magY: 109.13
magZ: -119.09
horizontal direction: 1.25
at 42105ms

sensorId: 113
accelX: -0.00
accelY: -0.02
accelZ: -1.02
accelSqrt: 1.02
gyroX: 1.22
gyroY: -1.16
gyroZ: -1.28
magX: 2.39
magY: 110.93
magZ: -120.25
horizontal direction: 1.24
at 42299ms

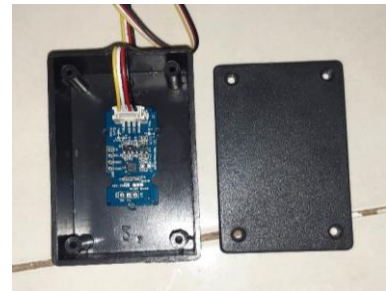
sensorId: 113
accelX: -0.00
accelY: -0.02
accelZ: -1.03
accelSqrt: 1.03
gyroX: 1.16
gyroY: -1.16
gyroZ: -1.22
magX: 2.39
magY: 110.93
magZ: -120.25
horizontal direction: 1.24
at 42413ms
    
```

Gambar 3.4 Tampilan Serial Monitor Pengukuran Sensor Grove 9 dof IMU

A. Hasil Perancangan Mekanik



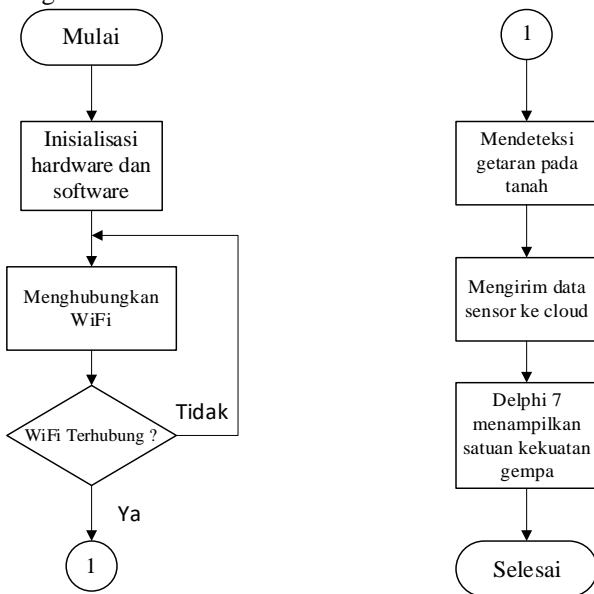
Gambar 4.1 Wadah ESP-32



Gambar 4.2 Wadah Sensor Grove 9 dof IMU

D. Diagram Alir

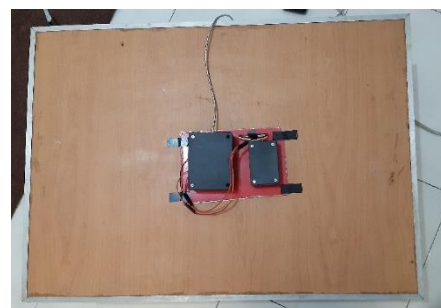
Diagram Alir ini menjelaskan tentang struktur kerja alat secara berurutan yang diawali dengan Mulai dan di akhiri dengan Selesai.



Gambar 3.5 Diagram Alir Sistem Kerja Alat

B. Pengujian Sensor Grove 9 dof IMU

Pengujian sensor IMU ini dimaksudkan untuk mengetahui sensor bekerja dengan baik untuk mendeteksi pergerakan sensor utamanya yaitu akselerometer dengan sumbu X, Y dan Z dengan cara meletakkan sensor pada sebuah meja menghadap ke utara, lalu memberikan gaya pada meja tersebut sesuai dengan sumbu X, Y dan Z



Gambar 4.3 Pengujian sensor untuk getaran pada meja

Sensor IMU sudah dipastikan terpasang dengan baik pada meja dan posisi berada di tengah meja, dan sensor IMU sudah terkalibrasi sebelumnya. Untuk melakukan pengukuran *baseline* atau referensi pada meja dalam kondisi diam atau tanpa getaran, yang dimana berfungsi untuk memberi titik awal yang dapat digunakan sebagai perbandingan dengan pengukuran selanjutnya

Tabel 4.1 Tabel nilai pengukuran baseline sensor IMU pada meja

Tanggal	Waktu	ACC X	ACC Y	ACC Z	GYRO X	GYRO Y	GYRO Z
25/06/2023	09.28.57	0.01	0.01	-1.01	1.22	-1.95	-1.28
25/06/2023	09.29.01	-0.01	0.00	-1.04	1.22	-0.61	-1.53
25/06/2023	09.29.04	-0.01	-0.00	-1.03	1.16	-1.10	-1.28
25/06/2023	09.29.07	-0.00	-0.00	-1.02	1.22	-1.04	-1.46
25/06/2023	09.29.11	-0.01	-0.00	-1.02	1.40	-1.22	-1.16

Lalu selanjutnya untuk memberi getaran pada meja, yaitu dengan cara memberi pukulan pada meja dengan arah dan kekuatan yang ditentukan sesuai sumbu yang ingin diuji. Pengujian pertama dengan memberikan pukulan pada meja dengan sumbu X atau posisi arah barat dan timur meja.

Tabel 4.2 Tabel nilai pengukuran sumbu X sensor IMU pada meja

Tanggal	Waktu	ACC X	ACC Y	ACC Z	GYRO X	GYRO Y	GYRO Z
25/06/2023	09.31.32	-0.36	0.08	-1.12	-0.67	17.88	-2.93
25/06/2023	09.35.16	0.08	-0.00	-1.03	1.34	-1.10	-1.65

Dapat diketahui hasil dari pengujian sensor pada meja yang diberikan getaran pada sumbu X. Pemberian getaran pada meja sebelah Barat akan menghasilkan nilai positif 0.08g (0,78 m/s²) karena meja akan mengarah ke arah sebaliknya, Sedangkan untuk pemberian getaran pada meja sebelah Timur akan menghasilkan nilai negatif -0.36g (-3,5 m/s²) karena meja akan mengarah kearah sebaliknya.

Lalu berikutnya untuk menentukan nilai pada sumbu Y, yang dapat diartikan dengan memberi getaran pada meja yang memiliki posisi arah utara dan selatan meja.

Tabel 4.3 Tabel nilai pengukuran sumbu Y sensor IMU pada meja

Tanggal	Waktu	ACC X	ACC Y	ACC Z	GYRO X	GYRO Y	GYRO Z
25/06/2023	09.33.27	0.01	0.24	1.10	-9.70	-2.26	-0.06
25/06/2023	09.33.40	0.10	0.37	0.32	-19.35	3.30	-0.18

Dapat diketahui hasil dari pengujian sensor pada meja yang diberikan getaran pada sumbu Y. Pemberian getaran pada meja sebelah Utara akan menghasilkan nilai negatif -0.24g (-2,35 m/s²) karena meja akan mengarah ke arah sebaliknya, sedangkan untuk pemberian getaran pada arah Selatan akan menghasilkan nilai positif 0.37g (3,62 m/s²) karena meja akan mengarah ke arah sebaliknya.

Lalu selanjutnya untuk menentukan nilai pada sumbu Z, yang dapat diartikan dengan memberikan getaran pada posisi tepat di bawah meja.

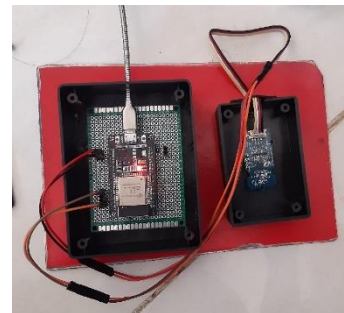
Tabel 4.3 Tabel nilai pengukuran sumbu Z sensor IMU pada meja

Tanggal	Waktu	ACC X	ACC Y	ACC Z	GYRO X	GYRO Y	GYRO Z
25/06/2023	09.37.03	0.10	0.03	0.57	-1.34	-11.72	0.49

Dapat diketahui hasil dari pengujian sensor pada meja yang diberikan getaran pada sumbu Z. Pemberian getaran pada meja yang mengarah ke atas akan menuju nilai positif, nilai yang di dapatkan yaitu -0,57g (-5,59 m/s²) karena sensor menuju ke atas saat diberi getaran dari bawah, maka nilai akan menuju ke positif.

C. Pengujian Pengiriman Keseluruhan Data IMU dengan IoT

Setelah melakukan pengujian pada sensor IMU, tahap selanjutnya merupakan merapikan alat yang ditempatkan pada kemasan dan menghubungkan ESP-32 ke Cloud menggunakan platform IoT ke Gsheet untuk penampilan data



Gambar 4.3 Rangkaian Kesluruhan Alat

Pengujian pengiriman data sensor Grove 9 dof IMU dengan IoT ini dimaksudkan untuk mengetahui, apakah pengiriman data yang di baca sensor dapat terkirim dengan baik dalam mendeteksi getaran pada tanah. Untuk melakukan pengujian pengiriman data sensor Grove 9 dof IMU dengan IoT ini untuk pertama kali menyiapkan *Spreadsheet* pada *Google Sheet*. Membuat header kolom, sesuai dengan data IMU yang dikirim.

Tabel 4.4 Data Pegujian sensor IMU

Tanggal	Waktu	ACC X	ACC Y	ACC Z	GYRO X	GYRO Y	GYRO Z
25/06/2023	09.31.32	0.36	0.08	1.12	-0.67	17.88	-2.93
25/06/2023	09.33.27	0.01	0.24	1.10	-9.70	-2.26	-0.06
25/06/2023	09.35.16	0.08	0.00	1.03	1.34	-1.10	-1.65
25/06/2023	09.33.40	0.10	0.37	0.32	-19.35	3.30	-0.18
25/06/2023	09.37.03	0.10	0.03	0.57	-1.34	-11.72	0.49

Gambar 4.4 Tampilan data baseline sensor pada Gsheet

Gambar 4.5 Tampilan data pergerakan sensor pada Gsheet

Pada Gambar 4.4 merupakan tampilan yang memperlihatkan nilai *baseline* atau nilai pada saat sensor dalam keadaan tidak mendeteksi getaran, sedangkan pada Gambar 4.5 merupakan tampilan yang dimana sensor mendeteksi pergerakan disekitarnya, terlihat pada tabel excel nomor 752, nilai sumbu X yang mencapai 0,39g.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan setelah dilakukannya rancang bangun, pengujian, serta analisis data dari sensor IMU berbasis IoT adalah sebagai berikut.

1. Rancang bangun alat ukur seismik menggunakan sensor IMU (Inertial Measurement Unit) berbasis IoT ini memiliki potensi besar dalam mendukung perkembangan dalam pemantauan gempa bumi khususnya vulkanik secara efektif.

- Alat ukur seismik menggunakan sensor IMU berbasis IoT dapat mendeteksi, merekam dan menganalisis data hasil perekaman seismik secara real time. Hal ini dapat memungkinkan para ahli seismologi dan pihak berwenang dengan cepat merespon kejadian gempa vulkanik dan mengambil tindakan mitigasi yang diperlukan.
- Integrasi alat dengan platform IoT (Internet of Things) dapat memungkinkan terhubung dengan jaringan komunikasi yang lebih luas. Sehingga data seismik yang terekam otomatis terkirim ke pusat pemantauan dan dianalisis secara real time. Sehingga hal ini dapat mempermudah dalam pengumpulan data, pemantauan secara jarak jauh dan dalam pengambilan keputusan bisa lebih cepat.
- Dalam hal keandalan dan ketangguhan alat ukur seismik menggunakan IMU berbasis IoT ini perlu diperhatikan dalam proses perancangannya, dengan kata lain ini dapat meliputi aspek daya tahan fisik terhadap lingkungan sekitar tempat peletakan alat, tersedianya daya yang memadai untuk alat, serta sistem penyimpanan data yang mumpuni. Faktor-faktor di atas bisa mempengaruhi keberhasilan pengimplementasian alat ukur seismik dalam jangka panjang.
- Secara fungsi alat ukur seismik menggunakan sensor IMU berbasis IoT ini dapat berpotensi untuk digunakan dalam berbagai pengaplikasian, contohnya pemodelan untuk struktur bawah tanah, pemantauan dan peringatan dini gempa bumi dan vulkanik serta berfungsi untuk penelitian seismologi.

B. Saran

Penelitian Rancang bangun alat ukur seismik menggunakan sensor IMU berbasis IoT tidak lepas dari berbagai kekeliruan dan kekurangan, baik dalam hal perancangan, pengujian, maupun alat yang telah dibuat. Sehingga untuk pengembangan dapat dilakukan dengan lebih baik dari sebelumnya. Saran yang dapat disampaikan sebagai berikut.

- Dalam konteks alat prototipe dapat mengembangkan prototipe alat ukur seismik yang lebih canggih atau maju khususnya dalam peningkatan kinerja dan fungsional alat. Dapat menyelidiki penggunaan sensor IMU dengan sensitifitas yang lebih baik serta mengeksplorasi teknologi baru untuk IoT agar dapat meningkatkan kemampuan alat.
- Untuk melakukan validasi dan verifikasi lebih lanjut pada alat ukur seismik yang dikembangkan. Pengembangan alat ukur seismik dapat melakukan pengujian lapangan yang lebih luas dan dapat melibatkan banyak lokasi yang berbeda memiliki data yang lebih bervariasi dan diverifikasi dengan data seismik referensi.
- Pengembangan alat ukur seismik selanjutnya dapat meningkatkan algoritma yang lebih canggih untuk pengolahan data seismik yang rekam oleh alat. Metode yang

dapat ditambahkan ke sistem alat ukur seismik ini yaitu metode analisis sinyal yang lebih kompleks serta dapat mengintegrasikan teknik machine learning agar mendapatkan informasi yang lebih detail tentang gempa bumi.

Daftar Pustaka

- [1] Mainak Choudhury, Sajal Verma, and Purna Saha, "EFFECTS OF EARTHQUAKE ON THE SURROUNDING ENVIRONMENT: AN OVERVIEW," 2016.
- [2] Dedy Hartono, Rio Khoirudin Apriyadi, Tri Winugroho, and Aprilyanto Aprilyanto, "Analisis Sejarah, Dampak, Dan Penanggulangan Bencana Gempa Bumi Pada Saat Pandemi Covid-19 Di Sulawesi Barat," 2021.
- [3] Muliadi, Al Imran, and Muh. Rasul, "PENGEMBANGAN TEMPAT SAMPAH PINTAR MENGGUNAKAN ESP32. ." 2020.

- [4] Pradyumna Gokhale, Omkar Bhat, and Sagar Bhat, "Introduction to IOT," 2018.
- [5] Muhammad Asrofi, Sumardi, and Budi Setiyono, "STABILISASI ROBOT BERKAKI 6 (HEXAPOD) PADA BIDANG MIRING MENGGUNAKAN 9 DOF IMU BERBASIS INVERS KINEMATIC," 2015.
- [6] L. V. Fauzia, "Pembuatan Kalender Konten dengan Google Sheet dan Template Unggahan sebagai Upaya Pengelolaan Media Sosial Instagram Komunitas Kantong Pintar," p. 57, 2021.

BIODATA PENULIS

FOTO
MAHA
SISWA

Biodata disusun dalam bentuk alinea, menceritakan riwayat pendidikan penulis, tempat tanggal lahir, alamat email serta keahlian yang dikuasai. Beri foto resmi pada biodata