

RANCANG BANGUN SISTEM PERINGATAN GEMPA MENGUNAKAN SENSOR ADXL 345 BERBASIS LORA DENGAN ESP 32

Alwi Basyrah Siregar, Ezwarsyah, Habib Muharry Yusdartono, Fakhruddin Ahmad Nasution

Teknik Elektro Universitas Malikussaleh
Jln. Batam, Kampus Bukit Indah, Blang Pulo, Muara Satu, Kota Lhokseumawe, Aceh, 24355
E-mail : alwy.180150046@mhs.unimal.ac.id

Abstrak — Wilayah Indonesia merupakan daerah rawan gempa dengan macam-macam gempa seperti gempa tektonik maupun gempa vulkanik. Gempa yang terjadi secara tiba-tiba pada daerah yang terkena dari dampak getaran gempa yang dirasakan, menimbulkan banyak korban yang tidak dapat menyelamatkan diri karena terjebak disuatu tempat atau lambatnya pemberitahuan akan informasi gempa yang terjadi pada lokasi tersebut. Pada penelitian ini membuat sebuah *prototype* untuk menanggulangi masalah tersebut, dengan cara membuat sistem peringatan gempa menggunakan sensor *accelerometer* ADXL 345. Alat ini bekerja mulai dari sensor *accelerometer* yang mendeteksi adanya getaran kemudian diproses ke dalam besaran Skala Richter oleh ESP 32. Selanjutnya digunakan LoRa sx1278 sebagai media komunikasi lalu ditampilkan dalam bentuk grafik menggunakan Ubidots untuk *monitoring*. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa sistem pendeteksi gempa bumi dan peringatan gempa bumi berjalan sesuai dengan perancangan sistem dan dapat mendeteksi sebuah getaran. Sinyal yang diberikan pada sistem *Wireless Sensor Network* dengan menggunakan LORA SX1278 ini dipengaruhi oleh jarak komunikasi antar node 1 dan node 2, kualitas sinyal masih baik sampai dengan jarak 70 meter tanpa menggunakan perangkat antenna tambahan.

Keywords — Gempa Bumi, Sensor *accelerometer* ADXL 345, ESP 32, LoRa.

I. PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia rentan terhadap semua jenis gempa, termasuk gempa vulkanik dan tektonik. Wilayah Indonesia terbentuk akibat tumbukan lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai wilayah tektonik dengan aktivitas dan kompleksitas tertinggi. Karena letaknya di persimpangan lempeng tektonik aktif, pegunungan aktif, dan zona iklim tropis, sebagian besar wilayah Indonesia rentan terhadap bencana alam. Jika dibandingkan dengan negara lain, bencana tersebut memiliki jumlah korban yang sangat tinggi. Jenis bencana dan jumlah korban jiwa keduanya meningkat, menurut data terbaru. Akibatnya, Indonesia dapat dianggap sebagai wilayah rawan bencana. Akibatnya, Mengambil langkah-langkah untuk mengurangi dan menghindari bencana itu sangat penting. [1]



Gambar 1.1 Peta Tektonik Kepulauan Indonesia

Gempa bumi adalah getaran bumi yang disebabkan oleh pelepasan energi secara tiba-tiba dari batuan yang berubah bentuk. Aktivitas kegempaan yang tinggi ini dapat dilihat pada catatan gempa besar Indonesia yang terjadi antara tahun 2004 hingga 2018: gempa Aceh 2004 dengan tsunami (9,2 SR), gempa Nias 2005 (8,7 SR), gempa Jogja 2006 (6,3 SR), gempa Tasik tahun 2009 (7,4 SR), gempa Padang tahun 2009 (7,6 SR), gempa Kepulauan Mentawai tahun 2010 (7,7 SR), gempa Pidie Jaya tahun 2016 (6,5 SR). Berikut adalah tabel bencana dan jumlah korban jiwa yang terjadi dalam rentang waktu tahun 2004-2018.[2]

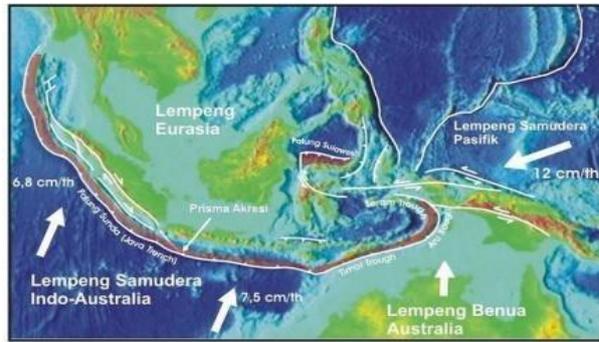
Prototype ini memungkinkan menyederhanakan pengukuran data dan menyediakan Sistem Deteksi Getaran seismik yang lebih efektif. Diperlukan teknologi yang tepat untuk menempatkan sistem peringatan dini bencana alam. Salah satu teknologi yang sering digunakan dalam pembuatan sistem berbasis teknologi terkini adalah simulasi sistem informasi pendeteksian bencana berbasis Internet of Things (IoT).

II. DASAR TEORI

A. Gempa Bumi

Lempeng Eurasia, Lempeng India-Australia, dan Lempeng Pasifik semuanya bertemu di Indonesia. Lempeng Eurasia yang meliputi sebagian besar daratan Indonesia dan bergerak ke selatan bertabrakan dengan Lempeng India-

Australia yang bergerak ke utara. Subduksi adalah proses dimana ketiga lempeng ini bergerak dan bertabrakan, menghasilkan pembentukan palung, distribusi gempa terbesar. Karena berada di tengah pegunungan Pasifik dan Mediterania yang bersinggungan di sana, Indonesia berada di *ring of fire* yang memiliki risiko bencana alam yang tinggi. Selain itu, pada pertemuan geologis di Indonesia, lempeng Indo-Australia di selatan, lempeng Euro-Asia di utara, dan lempeng Pasifik di timur semuanya bertemu. [2]



Gambar 2.1 Kepulauan Indonesia terletak pada zona interaksi 3 lempeng bumi

B. Mikrokontroler ESP32

Espressif Systems memproduksi mikrokontroler ESP-32, yang menggunakan seri chip berdaya rendah (SoC) berbiaya rendah yang mencakup modul Wi-Fi dan Bluetooth dua mode. Chip ESP32-S0WD, ESP32-D0WD, ESP32-D2WD, dan ESP32-D0WDQ6 adalah anggota keluarga ESP-32 dan menggunakan sistem ESP32-PICO-D4 (SiP). Mikroprosesor Tensilica Xtensa LX6 *single-core* dan *dual-core* dengan kecepatan hingga 240 MHz tersedia di mikrokontroler ESP32. Amplifier daya, filter, amplifier penerima dengan kebisingan rendah, sakelar antena terintegrasi, modul manajemen daya, dan balun RF adalah bagian dari alat ini.

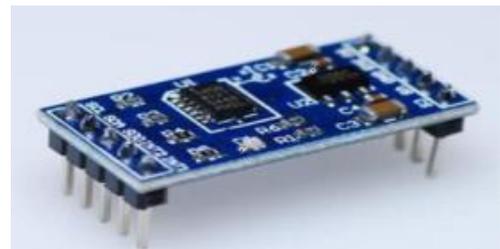


Gambar 2.2 Mikrokontroler ESP32

C. Sensor Accelerometer ADXL345

Akselerasi diukur dengan alat yang dikenal sebagai akselerometer, *vibration* (getaran), dan percepatan yang disebabkan oleh gravitasi (juga dikenal sebagai kemiringan). Kendaraan, mesin, bangunan, sistem keamanan, dan akselerasi semuanya dapat diukur dengan akselerometer. Akselerometer juga dapat digunakan untuk mengukur

aktivitas gempa dan perangkat elektronik seperti game 3-D, telepon, dan mouse komputer. Sensor ini banyak digunakan untuk navigasi dalam aplikasi yang lebih maju. Perubahan kecepatan relatif terhadap waktu disebut percepatan. Akselerasi adalah peningkatan kecepatan secara bertahap dari waktu ke waktu. Perlambatan, di sisi lain, terjadi ketika kecepatan turun di bawah level sebelumnya. Karena percepatan adalah penurunan kecepatan kuantitas vektor itu juga bergantung pada arah/orientasi. Mengarahkan pengembangan artikel juga akan menyebabkan peningkatan kecepatan. Diperlukan proses integral ganda pada keluaran sensor untuk mendapatkan data jarak dari sensor.



Gambar 2.3 Sensor Accelerometer ADXL345.

D. LoRa SX1278

Semtech mengusulkan teknologi komunikasi nirkabel spektrum penyebaran daya rendah yang dikenal sebagai LoRa (*Long Range*) pada tahun 2013. Karena beroperasi pada pita frekuensi Sub-GHz, tingkat komunikasi keseluruhan rendah, yang meningkatkan masa pakai baterai dan memperluas kapasitas jaringan. Satu lagi atribut LoRa adalah kerentanannya, yang memungkinkannya untuk mencakup wilayah yang cukup luas, khususnya dalam kondisi pembangunan metropolitan yang kompleks. Karena banyak fiturnya, LORA sangat ideal untuk penerapan skala besar dengan biaya rendah. Beberapa teknologi komunikasi nirkabel yang paling banyak digunakan adalah Bluetooth, RFID, Wifi, dan ZigBee sebelum pengembangan teknologi *Long Range* (LoRa).



Gambar 2.4 LoRa SX1278

E. *Buzzer*

Buzzer adalah komponen sistem elektronik yang mengubah getaran listrik menjadi getaran untuk menghasilkan suara. Dering, mirip dengan *amplifier*, memiliki kawat yang terhubung ke perut. Kumparan kemudian diberi energi untuk berfungsi sebagai elektromagnet. Tergantung pada polaritas magnet dan arah arus, kawat akan ditarik masuk atau keluar. Karena diafragma melekat pada kawat, setiap gerakan kawat akan menyebabkan diafragma bergerak bolak-balik, menggetarkan udara dan menghasilkan suara.

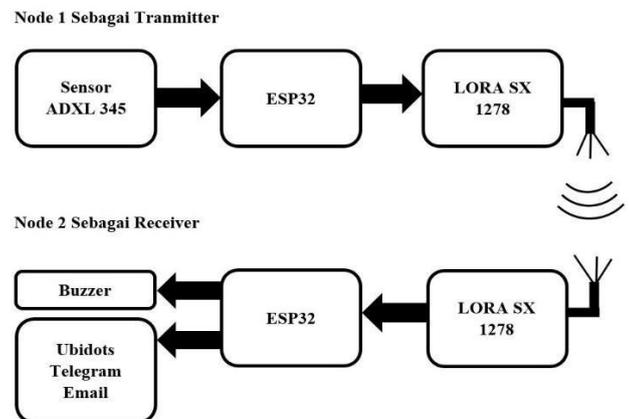
F. Baterai *Lithium Ion*

Baterai *lithium-ion (Li-on)* merupakan jenis baterai yang bisa *recharge*, menurut Wikipedia. Baterai *lithium-ion* semakin banyak digunakan dalam aplikasi militer dan kedirgantaraan, serta elektronik portabel dan kendaraan listrik. Selama pengisian dan pengosongan, ion litium berjalan melalui elektrolit dari elektroda negatif ke elektroda positif. Pada elektroda positif baterai *lithium-ion*, bahannya biasanya grafit, dengan senyawa litium interkalasi berfungsi sebagai bahan pada elektroda negatif. Namun, karena adanya elektrolit yang mudah terbakar dan potensi ledakan dan kebakaran jika rusak atau tidak diisi dengan benar, bahan ini menimbulkan risiko keselamatan.

- Ubidots merupakan aplikasi yang digunakan untuk mengakses *monitoring* dalam bentuk grafik.
- Email dan Telegram merupakan aplikasi yang digunakan untuk memberi peringatan gempa.

B. Diagram Blok

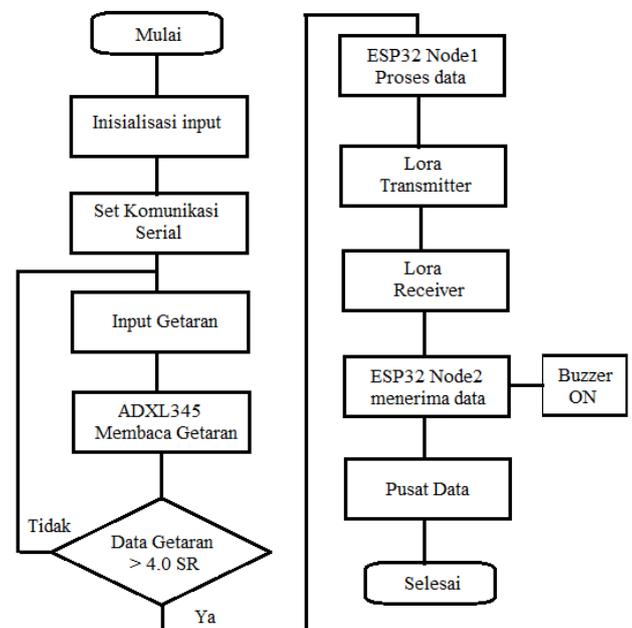
Diagram blok terlebih dahulu dibuat, dan diagram blok ini akan berfungsi sebagai kerangka gambaran untuk membuat alat sesuai keinginan sebelum tahap desain dimulai. Diagram blok desain alat dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Blok

C. Diagram Alir (*Flowchart*)

Untuk mempermudah dalam membuat program maka perlu dibuat sebuah *Flowchart* atau diagram alir. *Flowchart* disini dapat menjadi acuan dalam mempermudah pembuatan dan pengoperasian program, sehingga dengan demikian dapat meminimalisir kesalahan. Cara kerja alat ini dapat dijelaskan dari gambar 3.2



Gambar 3.2 *Flowchart*

III. METODELOGI

A. Alat dan Bahan

Perangkat keras dan perangkat lunak merupakan bahan dan alat yang akan digunakan dalam penelitian. diantaranya:

1. Perangkat keras (*Hardware*)

Terdapat beberapa perangkat keras (*Hardware*) yang akan dipergunakan pada penelitian ini yaitu:

- sensor *Accelerometer* ADXL345 digunakan membaca kemiringan dan pergerakan tanah.
- ESP32 dipergunakan untuk menangani informasi dari sensor dan mengirimkan informasi ke modul LORA SX 1278
- LORA SX1278 digunakan sebagai modul LORA yang berfungsi sebagai node sensor dan *header node*.
- Baterai Lithium Ion digunakan sebagai sumber tegangan dan daya.
- *Buzzer* digunakan sebagai alarm peringatan jika ada gempa.

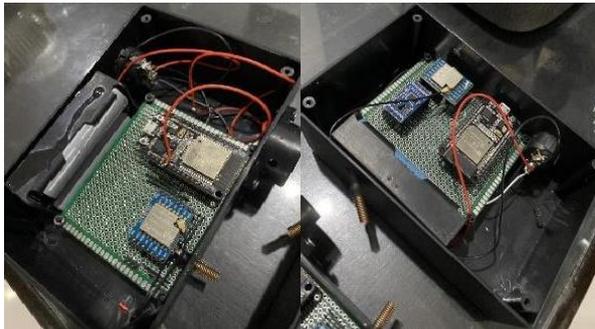
2. Perangkat Lunak (*software*)

Penelitian ini menggunakan perangkat lunak sebagai berikut:

- Arduino IDE merupakan *software* yang dipergunakan untuk memprogram ESP32 dan LORA SX1278.

D. Perancangan Perangkat Keras

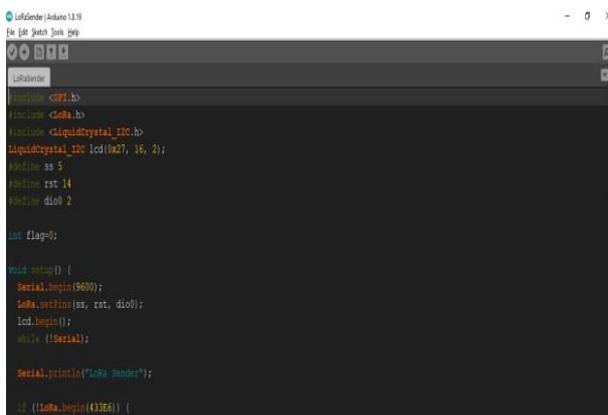
Mikrokontroler ESP 32 berfungsi sebagai otak sistem saat merancang perangkat keras ini. Sensor yang digunakan adalah sensor *Accelerometer* ADXL 345. Perangkat lain yang digunakan adalah LoRa sx1278 sebagai media transmitter dan receiver data. *Buzzer* sebagai *output* berupa suara apabila sensor mendeteksi adanya getaran. Hasil dari bacaan sensor akan di olah terlebih dahulu oleh ESP 32 kemudian di tampilkan kedalam bentuk grafik menggunakan Ubidots dan dikirim peringatan melalui email dan telegram. Tata letak perangkat keras yang digambarkan pada Gambar 3.3 adalah seperti berikut:



Gambar 3.3. Rancangan Perangkat Keras

E. Perancangan Perangkat Lunak

Tahapan pembuatan perangkat lunak yang memanfaatkan perangkat lunak Arduino IDE akan dibahas dalam pemrograman ini. Tujuan pembuatan perangkat lunak ini adalah untuk memudahkan dalam memasukkan atau menanamkan pemrograman ke dalam mikrokontroler dengan menggunakan perangkat lunak Arduino IDE. Pemrograman ini bertujuan untuk memprogram Mikrokontroler agar dapat mengolah data yang telah dibaca oleh sensor dengan media komunikasi LoRa sertadapat di *monitoring* melalui platform Ubidots. Program yang akan digunakan pada Gambar 3.4 dapat dilihat seperti berikut ini.



Gambar 3.4 Rancangan Perangkat Lunak

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

1. Media Uji coba

Pada percobaan ini, media tanah dan pasir ditempatkan dalam wadah berukuran panjang 60 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 40 cm yang di ibaratkan sebagai bumi/lempeng benua dimana nantinya sensor akan ditanamkan kedalam media uji coba dengan jarak yang telah di tentukan. Berikut adalah media uji coba di gambar 4.1.



Gambar 4.1 Media Uji Coba

Pada tahap ini beban digunakan sebagai ilustrasi pergerakan tanah itu yang akan di tabrakkan agar menimbulkan getaran yang akan di deteksi oleh sensor. Beban batu seberat 1 kg, 1,5 kg, dan 2 kg.

Dengan menanamkan sensor ke dalam media uji atau tanah, yang dihubungkan dengan kabel jumper, rangkaian alat diuji pada titik ini. Sensor ditanam kedalam wadah uji coba sesuai jarak yang telah di tentukan.



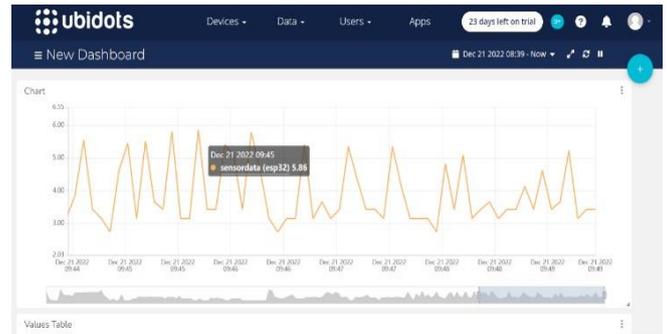
4.2 Mekanisme alat pengujian

2. Rekayasa Gempa

Pada tahap ini sensor ditanamkan kedalam media tanah dan pasir yang kemudian diberikan rekayasa gempa berupa tumbukan dengan beban seberat 1 kg, 1,5 kg, dan 2 kg serta jarak sensor 45 cm dari jarak tumbukan lalu kita dapat membaca besaran gempa dengan grafik yang ditampilkan melalui Ubidots. Apabila sensor membaca besaran gempa diatas 4 skala *Richter* maka *buzzer* akan berbunyi untuk memberikan peringatan akan adanya gempa. Berikut grafik kekuatan gempa yang ditampilkan pada Ubidots dengan beban 1 kg, 1.5 kg, dan 2 kg dengan jarak maksimum 45 cm.



Gambar 4.3 Beban 1 kg dengan jarak 45 cm



Gambar 4.6 Beban 1 kg dengan jarak 30 cm



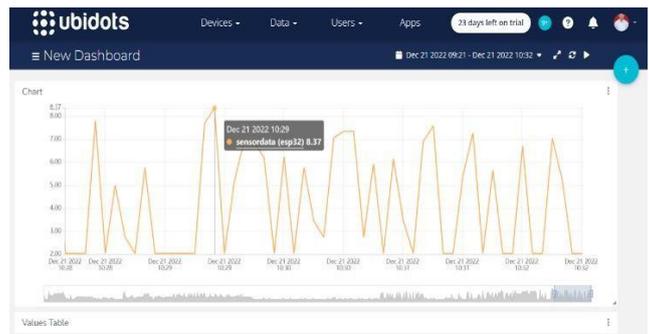
Gambar 4.4 Beban 1,5 kg dengan jarak 45 cm



Gambar 4.7 Beban 1,5 kg dengan jarak 30 cm



Gambar 4.5 Beban 2 kg dengan jarak 45 cm



Gambar 4.8 Beban 2 kg dengan jarak 30 cm

Pada tahap ini sensor ditanamkan kedalam media tanah dan pasir yang kemudian diberikan rekayasa gempa berupa tumbukan dengan beban seberat 1 kg, 1,5 kg, dan 2 kg serta jarak sensor 30 cm dari jarak tumbukan lalu kita dapat membaca besaran gempa dengan grafik yang ditampilkan melalui Ubidots. Apabila sensor membaca besaran gempa diatas 4 skala *Richter* maka *buzzer* akan berbunyi untuk memberikan peringatan akan adanya gempa. Berikut grafik kekuatan gempa yang ditampilkan pada Ubidots berbeban 1 kg, 1,5 kg, dan 2 kg dengan jarak 30 cm

Seperti yang bisa dilihat dari hasil di atas, sistem ini mampu membaca getaran, dan semakin kuat getarannya, semakin dekat jarak tumbukannya. Menurut hasil pengujian ini, jika terjadi tumbukan dan terjadi getaran, tidak dapat ditentukan apakah terjadi gempa. Namun, jika sistem mengidentifikasi gerakan dan mendeteksi getaran, tidak menutup kemungkinan bahwa itu adalah gempa.

3. Pengambilan Parameter RSSI

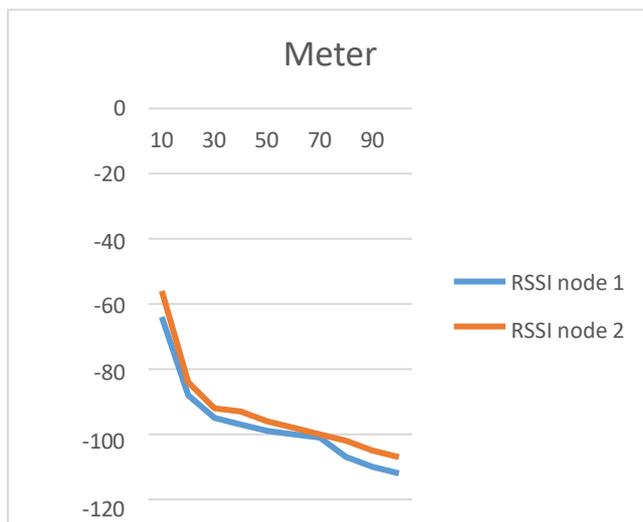
Pada pengambilan data parameter *Received Signal Strength Indication (RSSI)* digunakan beberapa skenario percobaan yang dilakukan, pada skenario ini dilakukan pengukuran pada saat kondisi Diukur pada saat *node* sensor 1 terhubung dengan *node* sensor 2 dengan jarak pengukuran

yang bervariasi hingga mencapai batas maksimum Tx dan Rx bisa dapat berkomunikasi. Spesifikasi pengambilan data RSSI bisa dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data RSSI

Jarak (meter)	RSSI node 1 (dBm)	RSSI node 2 (dBm)	Keterangan
10	-59	-56	Sangat baik
20	-88	-84	baik
30	-95	-92	Cukup baik
40	-97	-93	Cukup baik
50	-99	-96	Cukup baik
60	-100	-98	Cukup baik
70	-101	-100	Cukup baik
80	-107	-102	Buruk
90	-110	-105	Buruk
100	-117	-112	Sangat buruk

Berikut grafik data RSSI berdasarkan tabel 4.1 dengan jarak pengukuran yang bervariasi.



Gambar 4.9 Grafik data RSSI

Pada tabel 4.5 untuk nilai terbaik RSSI terdapat pada jarak 10meter dengan nilai RSSI sebesar -59 dBm untuk node 1 dan -56 dBm pada node 2. Untuk hasil pengujian pada jarak 10meter kualitas sinyal sangat baik dikarenakan jarak pemancar dan penerima sangat dekat. Selain itu untuk nilai terburuk RSSI terdapat pada jarak 100meter dengan nilai RSSI sebesar -117 dBm untuk node 1 dan -112 dBm pada node 2. Untuk hasil pengujian pada jarak 100meter kualitas sinyal sangat buruk dikarenakan batasan dari alat tersebut.

V. KESIMPULAN

1. Hasil pengujian menunjukkan sensor getaran gempa dapat bekerja dan mengeluarkan peringatan yaitu *Buzzer akan* berbunyi pada saat getaran gempa mencapai 4 skala *Richter*, dan besaran gempa yang di tampilkan pada grafik dipengaruhi oleh jarak sensor dari pusat tumbukan.
2. Sistem kerja alat yang digunakan ini yaitu dengan memanfaatkan frekuensi radio yang terdapat pada *LORA*. *Node 1* mengirimkan data ke *node 2* sebagai penerima dengan memanfaatkan frekuensi radio yang digunakan *LORA* yaitu 433 MHz, kemudian diupload ke Ubidots untuk dapat ditampilkan data yang diperoleh dalam bentuk grafik.
3. Kualitas sinyal yang diberikan pada sistem *Wireless Sensor Network* dengan menggunakan *LORA* ini dipengaruhi oleh jarak komunikasi antar node 1 dan node 2. Semakin dekat jarak antar node maka semakin kecil nilai dari RSSI yang dihasilkan. Pada node 2 berjarak 10 meter memiliki nilai RSSI -56dBm sedangkan pada jarak 100 meter memiliki nilai RSSI -112 dBm. Dari data RSSI kualitas sinyal tersebut dapat disimpulkan *range* jarak pada prototype ini adalah 10 meter sampai 70 meter dari pusat gempa, agar dapat mengirim dan menerima data dengan baik.

VI. REFERENSI

- [1] N. A. A. Sujono, "Exact Papers in Compilation RANCANG BANGUN PROTOTYPE PENDETEKSI GEMPA BERBASIS," vol. 1, no. 4, pp. 187–194, 2019.
- [2] N. I. F. - AMIK BSI Purwokerto and A. A. - AMIK BSI Purwokerto, "Pembuatan Alat Pendeteksi Gempa Menggunakan Accelerometer Berbasis Arduino," *Evolusi J. Sains dan Manaj.*, vol. 6, no. 1, pp. 61–67, 2018, doi: 10.31294/evolusi.v6i1.3582.
- [3] B. Usmanto and B. H.S.U, "Rancang Bangun Alat Pengukur Gempa Berbasis *Internet Of Things (IoT)*," *Pros. Semin. Nas. Darmajaya*, vol. 1, no. 0, pp. 264–270, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.darmajaya.ac.id/index.php/PSND/articel/view/1725>.
- [4] V. G. A. Sharma, "Prediction of Earthquake Using 3 Axis Accelerometer Sensor (ADXL335) and ARDUINO UNO," *Int. J. Sci. Res.*, vol. 6, no. 9, pp. 1044–1047, 2017, [Online]. Available: <https://www.ijsr.net/archive/v6i9/ART20176803.pdf>
- [5] R. Kurniawati and M. A. Murti, "Studi Literatur Penggunaan Sensor untuk Sistem Deteksi Gempa," *Proc. Ser. Phys. Form. Sci.*, vol. 1, pp. 1–7, 2021, doi: 10.30595/pspfs.v1i.126.
- [6] D. Y. Setyawan, N. Nurfiiana, L. Rosmalia, and M. G. Setiawati, "Gempa Bumi : Hubungan Data Sensor MAG3110 dengan Data Sensor ADXL345 Berbasis IoT," *J. Teor. dan Apl. Fis.*, vol. 9, no. 2, p. 185, 2021, doi: 10.23960/jtaf.v9i2.2802.
- [7] A. Ghifari, M. Ary Murti, and R. Nugraha, "Perancangan Alat Pendeteksi Gempa Menggunakan Sensor Getar *Design Of Earthquake Sensor System Using Vibrace Sensor*," *e-Proceeding Eng.*, vol. 05, no. 03, pp. 4029–4035, 2018.
- [8] A. Ramadhani, A. Rusdinar, and A. Z. Fuadi, "Data Komunikasi Secara *Real Time* Menggunakan Long Range (LORA) Berbasis *Internet of Things* untuk Pembuatan *Weather Station*," *e-Proceeding Eng.*, vol. 8, no. 5, p. 4259, 2021.
- [9] H. Andre, B. A. Sugara, B. Baharuddin, R. Fernandez, and R. W. Pratama, "Analisis Komunikasi Data Jaringan Nirkabel Berdaya Rendah Menggunakan Teknologi Long Range (LoRa) di Daerah Hijau Universitas Andalas," *J. Ecotipe (Electronic, Control. Telecommun. Information, Power Eng.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–7,

- 2021, doi: 10.33019/jurnalecotipe.v9i1.2480.
- [10] R. Guswana, J. Marpaung, B. W. Sanjaya, F. Imansyah, and R. R. Yacoub, "STUDI KOMPARATIF KUALITAS SINYAL MODUL *TRANSCIVER* SX1278 DENGAN MODUL CC1101 : KASUS PENGIRIM DATA SENSOR GAS LPG," 2018.