

Underwater Communication Berbasis Pulse Code Modulation untuk Deteksi Gempa Bawah Air

Rahmania Firdiansyah^{1*}, Yuning Widiarti², Zindhu Maulana Ahmad Putra³

¹²³ D4-Teknik Kelistrikan kapal, Teknik Kelistrikan kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Jl.
Teknik Kimia Kampus ITS, 60111, Indonesia

Email: rahmaniafirdiansyah@student.ppons.ac.id¹, yuning.widiarti@ppns.ac.id², zindhu@ppns.ac.id³

Abstrak

Indonesia terletak di pertemuan empat lempeng tektonik, sehingga rentan terhadap gempa bumi dan bencana tsunami. Bencana alam ini sering kali menimbulkan kerugian material dan manusia, serta trauma yang mendalam. Gempa bumi di dasar laut merupakan fenomena alam yang sulit diprediksi dan dipantau secara efektif. Kebutuhan akan sistem komunikasi bawah air yang efektif yang mampu memantau bencana alam semakin meningkat, seiring dengan upaya untuk meningkatkan keselamatan manusia. Dengan menggunakan sensor getaran 801S, penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi getaran gelombang seismik dengan harapan dapat mengumpulkan data yang akurat dan *real-time*. Penelitian ini membahas tentang pengembangan prototipe sistem komunikasi bawah air yang difokuskan pada pemantauan gempa bumi di laut. Sistem ini menggunakan teknologi *Hydrophone* dan metode *Pulse Code Modulation* (PCM) sebagai dasar operasionalnya. *Hydrophone* dengan teknologi piezoelektrik memanfaatkan aliran listrik pada kristal tertentu untuk menghasilkan gelombang suara atau akustik, yang merupakan komponen utama dalam desain ini untuk meningkatkan transmisi sinyal di bawah air. Hasil dari penelitian ini adalah sensor berhasil mengidentifikasi nilai getaran antara 207 dan 4458 ADC dan menjadikan nilai tersebut sebagai pemicu untuk frekuensi suara 200 Hz sebagai gempa sedang dan 1000 Hz sebagai gempa besar. Data frekuensi tersebut kemudian diubah menjadi sinyal audio menggunakan *Pulse Code Modulation* (PCM) dan ditransmisikan melalui *speaker* bawah air ke *Hydrophone* di atas permukaan air. Meskipun transmisi suara berhasil dengan baik dalam jarak 50 cm, intensitas suara menurun secara signifikan seiring bertambahnya jarak, dengan rata-rata penurunan -0,21 dB per 100 cm. *Hydrophone* dengan preamplifier dan LM358 dapat menerima sinyal akustik pada rentang frekuensi 200 Hz hingga 3000 Hz, namun frekuensi yang diterima memiliki error rata-rata sebesar 10,2% dibandingkan frekuensi yang ditransmisikan. Secara keseluruhan, sistem ini menunjukkan kemampuan yang baik dalam mendeteksi dan mentransmisikan data seismik bawah air, namun terdapat beberapa tantangan dalam menerima sinyal dalam jarak jauh.

Kata kunci: Alarm, Bawah Laut, Deteksi, Gempa, PCM

Abstract

Indonesia is located at the confluence of four tectonic plates, making it vulnerable to earthquakes and tsunamis. These natural disasters often cause material and human losses, as well as deep trauma. Seabed earthquakes are natural phenomena that are difficult to predict and monitor effectively. The need for effective underwater communication systems capable of monitoring natural disasters is increasing, along with efforts to improve human safety. Using the 801S vibration sensor, this research aims to detect seismic wave vibrations in the hope of collecting accurate and real-time data. This research discusses the development of a prototype underwater communication system focused on monitoring earthquakes at sea. The system uses *Hydrophone* technology and *Pulse Code Modulation* (PCM) method as its operational basis. *Hydrophone* with piezoelectric technology utilizes the flow of electricity on certain crystals to produce sound or acoustic waves, which is the main component in this design to improve signal transmission underwater. The result of this research is that the sensor successfully identifies vibration values between 207 and 4458 ADC and makes these values as triggers for sound frequencies of 200 Hz as medium earthquakes and 1000 Hz as large earthquakes. The frequency data was then converted into audio signals using *Pulse Code Modulation* (PCM) and transmitted through an underwater speaker to a hydrophone above the water surface. Although the sound transmission worked well within 50 cm, the sound intensity decreased significantly as the distance increased, with an average decrease of -0.21 dB per 100 cm. The hydrophone with preamplifier and LM358 can receive acoustic signals in the frequency range of 200 Hz to 3000 Hz, but the received frequency has an average error of 10.2% compared to the transmitted frequency. Overall, the system shows good capability in detecting and transmitting underwater seismic data, but there are some challenges in receiving signals over long distances..

Keywords: Alarms, Detection, Earthquake, PCM, Undersea

^{1*} rahmaniafirdiansyah@student.ppons.ac.id

1. Pendahuluan

Indonesia terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik yang membuatnya menjadi rawan akan gempa. Pertemuan empat lempeng tersebut adalah lempeng benua Asia, lempeng benua Australia, lempeng Samudra Hindia dan lempeng Samudra Pasifik. Hal ini membuat Indonesia yang terdiri atas banyak pulau dan dikelilingi oleh lautan menjadi negara yang rawan terkena tsunami. Gempa di Aceh dan di Palu merupakan contoh gempa yang kemudian menyebabkan tsunami. Gempa di Aceh berkekuatan 9 SR menyebabkan tsunami yang menelan 283.000 korban, sedangkan di Palu gempa berkekuatan 7.2 SR menyebabkan tsunami serta 3.000 orang menjadi korban. (Febri saputra, 2022). Bencana alam selalu menimbulkan kerugian baik berupa materi maupun korban jiwa serta trauma yang mendalam.

Gempa bumi di dasar laut adalah fenomena alam yang sulit untuk diprediksi dan dimonitor secara efektif. Dalam rangka memperbaiki sistem monitoring gempa bawah laut, pada tahun 2016, Henry M Manik, Susilohadi, dan Billi R. Kusumah melakukan penelitian tentang “Rancang Bangun *Transmitter* Dan *Receiver* Untuk Sistem Komunikasi Akustik Bawah Air”. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan sumberdaya kelautan secara berkesinambungan tanpa merusak lingkungan untuk menunjang pembangunan nasional. Salah satu teknologi yang dikembangkan adalah teknologi Penginderaan Jauh Akustik Kelautan (*Ocean Acoustic Waveguide Remote Sensing*) yang berguna untuk *monitoring* dan kuantifikasi target bawah air seperti sumber daya laut dan lingkungan yang bisa dilakukan secara terus menerus (berkelanjutan), *in situ*, *real time*, berbiaya yang murah, dan tidak memerlukan jumlah tenaga kerja yang banyak. (Manik et al., 2020).

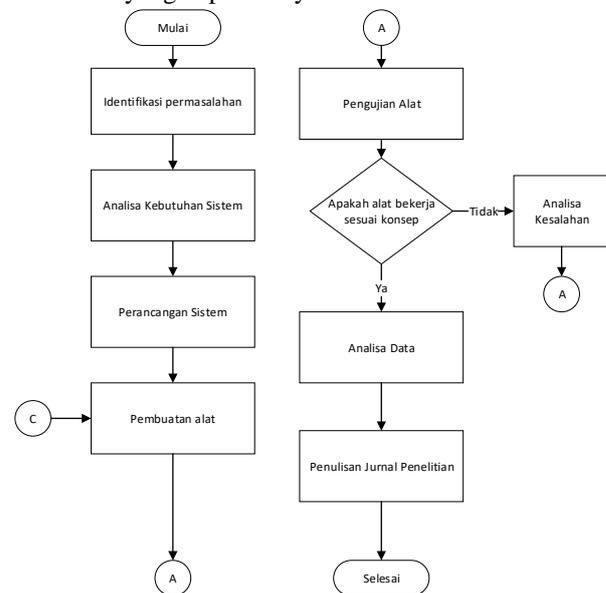
Pada penelitian ini akan membuat *transmitter* dan *receiver* yang kemudian ditambahkan implementasi pada pendeteksi getaran gempa serta uji coba *hydrophone* sebagai *receiver* dalam mentransmisikan suara dalam air. Diharapkan dengan penambahan ini dapat mengembangkan sistem komunikasi bawah air dalam pengiriman pesan suara. Penelitian Tugas Akhir ini menguji penggunaan sensor getaran 801S sebagai sensor getaran dibawah air untuk mendeteksi adanya gempa dibawah laut serta mengetahui cara kerja *speaker* dalam mentransmisikan sinyal suara di bawah air, dan memahami cara kerja *hydrophone* dalam menangkap sinyal suara dari bawah air.

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan tambahan bagi mahasiswa mengenai penggunaan *hydrophone* dalam sistem komunikasi bawah air. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat menjadi bahan pertimbangan tambahan untuk materi perkuliahan tentang sistem komunikasi bagi

instansi pendidikan. Bagi masyarakat umum, penelitian ini dapat memberikan informasi yang berguna untuk pengembangan lebih lanjut dalam sistem komunikasi bawah air.

2. Metode Penelitian

Gambar 1. merupakan *flowchart* dari pengerjaan penelitian yang dilakukan pada penelitian ini. Alur penelitian diawali dengan identifikasi akan masalah yang ada yaitu adanya keperluan deteksi gempa bawah air untuk menanggulangi banyaknya kerugian yang bisa terjadi baik materi maupun korban jiwa akibat gempa bawah air yang dapat menyebabkan tsunami



Gambar 1 Flowchart pengerjaan penelitian

Setelah masalah teridentifikasi, selanjutnya adalah melakukan studi literatur untuk memahami topik permasalahan serta dapat menemukan solusi yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

Hasil dari studi literatur digunakan sebagai landasan dalam menganalisa kebutuhan sistem perancangan *hardware*, *software* dan penulisan jurnal penelitian. Tahap Analisa kebutuhan sistem dilakukan untuk mengetahui komponen yang dibutuhkan dalam penelitian, kemudian hasil dari analisa kebutuhan sistem akan digunakan sebagai landasan dalam perancangan sistem serta perancangan *hardware* dan *software*. Setelah tahap pembuatan konsep dan perancangan sistem dilakukan maka tahap selanjutnya adalah pembuatan alat serta melakukan sinkronisasi alat sehingga tahap pengujian alat dapat dilakukan. Setelah tahap pengujian alat tidak ditemukan kesalahan maupun gangguan maka dilanjutkan dengan Analisa data dan penulisan buku Penelitian.

Namun apabila pada tahap pengujian sistem yang dilakukan belum berhasil atau terdapat gangguan, maka perlu dilakukan analisa kegagalan untuk mengetahui

letak penyebab kegagalan serta dilakukan pemeriksaan ulang dan perbaikan alat.

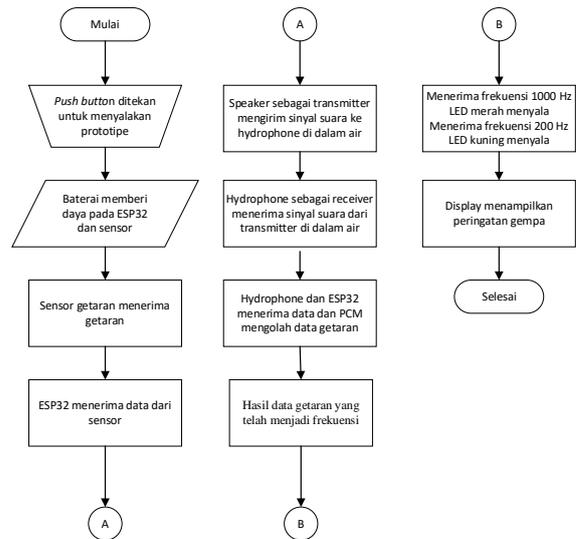
2.1 Prinsip Kerja Sistem

Prinsip kerja sistem merupakan gambaran umum sistem yang akan dibangun. Gambar 2 adalah blok diagram sistem komunikasi bawah air dalam sistem deteksi gempa bawah air.



Gambar 2 Prinsip kerja sistem deteksi gempa bawah air

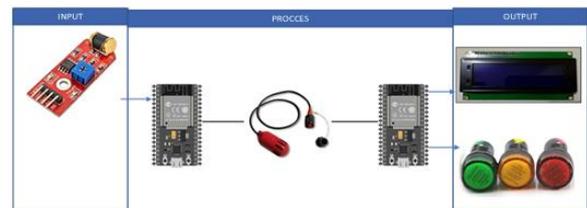
Gambar 2 menunjukkan rangkaian sistem komunikasi bawah air yang terdiri atas sensor getaran dan *push button* serta baterai sebagai *input*, untuk proses terdapat mikrokontroler ESP 32 sebagai pengolah informasi getaran dengan program metode PCM untuk menganalisa getaran bawah air dari sensor getaran. Kemudian informasi tersebut dikirim oleh *speaker* dibawah air selaku *transmitter* dan diterima oleh *hydrophone* di permukaan air selaku *receiver* yang sudah tersambung dengan mikrokontroler ESP32 sebagai penerima informasi. Informasi tentang kekuatan getaran akan menyalakan LED kuning apabila frekuensi yang diterima adalah 200Hz dan menyalakan merah apabila menerima frekuensi 1000Hz serta ditampilkan pada LCD dalam tulisan peringatan gempa sebagai *output* dari deteksi yang dilakukan. Proses kerja sistem pendeteksi gempa bawah air ditunjukkan dalam bentuk *flowchart* pada Gambar 3 untuk mempermudah dalam memahami sistem.



Gambar 3 Proses kerja sistem prototipe deteksi gempa

2.2 Perencanaan dan Desain

Dalam mendesain sistem komunikasi bawah air menggunakan *hydrophone* memerlukan beberapa perencanaan untuk mengetahui komponen yang akan digunakan. Berikut adalah perencanaan dari komponen yang dibutuhkan untuk membuat sistem komunikasi bawah air menggunakan *hydrophone*.

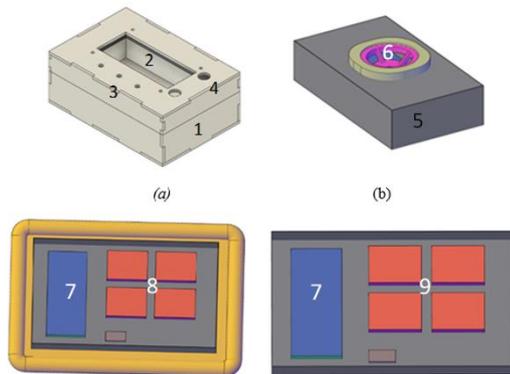


Gambar 4 Desain rangkaian sistem

Gambar 4 merupakan rangkaian sistem yang terdiri dari tiga hal utama yaitu *input*, proses dan *output*. Bagian *input* terdiri dari sumber daya utama yang berasal dari baterai dan pembacaan sensor getaran. Bagian proses terdiri dari mikrokontroler ESP32 sebagai pengolah informasi dari sensor getar yang kemudian informasi tersebut dikirim oleh *speaker* dibawah air sebagai *transmitter* dan diterima oleh *hydrophone* di permukaan air sebagai *receiver* yang sudah tersambung dengan mikrokontroler sebagai penerima informasi yang kemudian diolah dengan metode PCM pada mikrokontroler untuk ditampilkan pada LCD dan menyalakan LED sebagai *output* dari deteksi gempa.

2.3 Perencanaan dan Desain Hardware Mekanik

Perancangan *hardware* digunakan untuk mendukung kinerja sistem yang akan dibangun sesuai dengan diagram blok sistem yang telah disusun.



gambar (a) tampak saat dibuka gambar (b) tampak saat dibuka

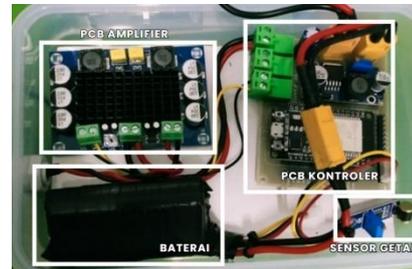
Gambar 5 Tampak desain box transmitter (a) dan box receiver (b)

Keterangan:

1. Box PVC dipermukaan air
2. LCD
3. Lampu LED sebagai indicator
4. Push button
5. Box PVC didalam air
6. speaker underwater
7. Baterai 12V
8. PCB transmitter
9. PCB receiver

Perancangan *hardware* terbagi menjadi tiga bagian utama yaitu box dalam air, box di permukaan air serta wadah pengujian, untuk kedua box akan tersambung dengan tali yang mengikat satu sama lain agar box yang berada di permukaan air tidak bergeser jauh terbawa gelombang. Perancangan box PVC terlihat pada Gambar 5 sebagai sistem komunikasi bawah air yang terdiri atas sensor getaran sebagai *input*, mikrokontroler ESP 32 sebagai pengolah informasi dari sensor getaran yang kemudian informasi tersebut dikirim oleh *speaker* dibawah air sebagai *transmitter* dan diterima oleh *hydrophone* di permukaan air sebagai *receiver* yang sudah tersambung dengan mikrokontroler sebagai penerima informasi, kemudian diolah dengan metode PCM pada mikrokontroler untuk ditampilkan pada LCD dan menyalakan LED sebagai *output* dari deteksi

gempa. Gambar 6 dan 7 merupakan bentuk jadi alat yang digunakan.



Gambar 6 Tampak hardware box Transmitter



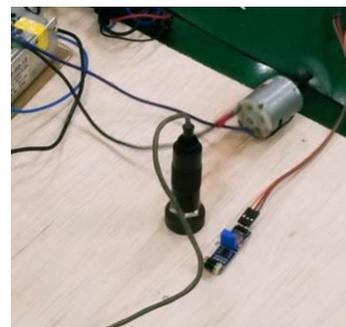
Gambar 7 Tampak hardware box receiver

3. Hasil dan Diskusi

Pengujian fisik ini dilakukan dengan menggunakan multimeter, *oscilloscope*, *vibration meter* dan alat lainnya. Hasil dari pengujian ini akan membantu dalam penggunaan komponen secara optimal pada sistem yang akan dibuat.

3.1 Pengujian sensor getar

Sensor getar merupakan suatu alat yang mempunyai fungsi untuk mendeteksi getaran dan akan diubah kedalam sinyal listrik. Sensor getar 801S mempunyai sensitivitas yang sangat tinggi terhadap getaran yang ada. Sensor getar 801S diuji untuk mengetahui sensor dapat berfungsi dengan baik dan dapat berjalan sesuai dengan program yang telah diberikan.



Gambar 6 Pengujian sensor getar 801S

Pengujian dilakukan dengan 11 varian jarak mulai dari 10 cm sampai dengan 60 cm dengan setiap

jarak diuji sebanyak 10 kali. Beban uji yang digunakan adalah pemberat timbangan 1 kg. Tampak pengujian pada gambar 6 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Output dari sensor getar

| No. | Kondisi | Nilai ADC | Output (Hz) |
|-----|--------------|-----------|-------------|
| 1. | Gempa Sedang | 207-1300 | 200 |
| 2. | Gempa Besar | 1301-4458 | 1000 |

3.2 Pengujian Tweeter AX-6000

Speaker merupakan suatu perangkat yang dapat menghasilkan suara dari hasil pengubahan gelombang listrik menjadi sebuah gelombang getaran. Kelebihan dari *speaker* panggil ini yaitu tidak rusak apabila terkena air. Maka dari itu pada penelitian ini menggunakan Tweeter AX-6000 sebagai *speaker* untuk mentransmisikan informasi dari box *transmitter* ke *receiver* melalui suara di dalam air. Sebelum dilakukan pengujian secara keseluruhan maka *speaker* diuji keakuratan frekuensinya menggunakan osiloskop. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Pengujian intensitas suara yang dikeluarkan speaker

| No. | Frekuensi Sumber (Hz) | Frekuensi Terbaca Pada Osiloskop (Hz) | Intensitas Suara (dB) |
|-----|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| 1. | 500 | 446 | -23.44 |
| 2. | 1000 | 902 | -22.85 |
| 3. | 1500 | 1.42 | -13.31 |
| 4. | 2000 | 1.845 | -24.28 |
| 5. | 3000 | 2.941 | -20.3 |
| 6. | 5000 | 4.098 | -10.14 |

3.3 Pengujian Sistem

Setelah dilakukan pengujian parsial setiap komponen dan didapatkan kondisi fisik komponen secara faktual maka selanjutnya dilakukan pengujian alat secara keseluruhan untuk mengetahui rangkaian alat yang dibuat telah sesuai dengan yang direncanakan. Pengujian alat terdiri dari pengujian box *transmitter* yang berisi sensor getar dan *speaker* dan box *receiver* yang berisi *hydrophone*. Pada pengujian keseluruhan metode PCM akan diimplementasikan di box *receiver*. Pengujian dilakukan di kolam uji PPNS dengan posisi kedalaman alat uji 0.3 -2 m, variasi jarak antar box *receiver* dan *transmitter* yaitu rentang 50-250 cm serta variasi frekuensi 500hz, 1000 hz dan 200 hz.

Hydrophone merupakan perangkat elektronika yang digunakan untuk menangkap bunyi di bawah air. Bunyi yang dihasilkan berbentuk gelombang suara yang kemudian akan diubah menjadi sinyal audio yang

diterjemahkan ke dalam bentuk data terukur. Pengujian *hydrophone* dilakukan untuk mengetahui kondisi *hydrophone* yang digunakan berfungsi dengan baik. Menurut spesifikasi teknis *hydrophone* dapat bekerja ketika berada pada kedalaman 0.3 m sampai 100 m. Pengujian *hydrophone* dilakukan di kolam uji PPNS yang memiliki kedalaman 4 m namun pengujian dilakukan hanya pada kedalaman 0.30 – 2 m. Uji coba dilakukan sebagaimana terlihat pada Gambar 7 serta Hasil pembacaan *hydrophone* dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.



Gambar 7 Pengujian hydrophone dan speaker

Tabel 3 Hasil pengujian gempa sedang

| No. | Jarak Speaker Dan Hydrophone (Cm) | Frekuensi Terbaca (Hz) | Kondisi Lampu | Keterangan Kondisi |
|-----|-----------------------------------|------------------------|----------------|--------------------|
| 1. | 50 | 178.9 | Menyala kuning | Gempa sedang |
| 2. | 100 | 167.2 | Menyala kuning | Gempa sedang |
| 3. | 150 | 158.5 | Menyala kuning | Gempa sedang |
| 4. | 200 | 142.2 | Menyala kuning | Gempa sedang |
| 5. | 250 | 14084 | Menyala Hijau | Stand by |



Gambar 8 Hasil pembacaan hydrophone pada alat untuk gempa sedang

Tabel 4 Hasil pengujian gempa besar

| No. | Jarak Speaker Dan Hydrophone (Cm) | Frekuensi Terbaca (Hz) | Kondisi Lampu | Keterangan Kondisi |
|-----|-----------------------------------|------------------------|---------------|--------------------|
| 1. | 50 | 988.4 | Menyala merah | Gempa besar |
| 2. | 100 | 940 | Menyala merah | Gempa besar |
| 3. | 150 | 924 | Menyala merah | Gempa besar |
| 4. | 200 | 894 | Menyala merah | Gempa besar |
| 5. | 250 | 45454 | Menyala Hijau | Stand by |



Gambar 9 Hasil pembacaan hydrophone pada alat untuk gempa Besar

4. Kesimpulan

Kesimpulan berdasarkan hasil penelitian, sensor getaran 810S terbukti mampu mendeteksi getaran seismik bawah air dengan nilai ADC yang berbeda-beda, dan nilai tersebut dijadikan dasar untuk memicu keluaran frekuensi yang sesuai dari speaker. Sensor berhasil mengidentifikasi nilai getaran antara 207 dan

4458 ADC dan mengkonversi nilai tersebut menjadi frekuensi suara 200 Hz untuk gempa sedang dan 1000 Hz untuk gempa besar. Data getaran tersebut kemudian diubah menjadi sinyal audio menggunakan *pulse code modulation* (PCM) dan ditransmisikan melalui speaker bawah air ke hidrofoni di atas permukaan air. Meskipun transmisi suara berhasil dalam jarak 50 cm, intensitas suara menurun secara signifikan seiring bertambahnya jarak, dengan rata-rata penurunan -0,21 dB per 100 cm. *Hydrophone* dengan preamplifier dan LM358 dapat menerima sinyal akustik pada rentang frekuensi 200 Hz hingga 3000 Hz, namun frekuensi yang diterima memiliki error rata-rata sebesar 10,2% dibandingkan frekuensi yang ditransmisikan. Secara keseluruhan, sistem ini menunjukkan kemampuan yang baik dalam mendeteksi dan mentransmisikan data seismik bawah air, namun terdapat beberapa tantangan dalam menerima sinyal dalam jarak jauh.

5. Daftar Pustaka

- Febri Saputra, S. (2022a). Prototype Sistem Peringatan Dini Bencana Gempa Bumi Dan Tsunami Berbasis Internet Of Things. <https://www.amongguru.com/pengertian->
- Manik, H., Susilohadi, S., & Kusumah, B. R. (2020a). Rancang Bangun Transmitter dan Receiver untuk Sistem Komunikasi Akustik Bawah Air. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 15(3). <https://doi.org/10.17529/jre.v15i3.14498>
- Ghifari, A., Ary Murti, M., & Nugraha, R. (2018). Perancangan Alat Pendeteksi Gempa Menggunakan Sensor Getar Design Of Earthquake Sensor System Using Vibrace Sensor.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers., & Marine Technology Society. (2008). *Oceans '08 MTS/IEEE Quebec : Oceans, Poles & Climate: Technological Challenges* : Sept. 15-18, 2008, Quebec City Convention Centre, Quebec City, Canada. IEEE.
- Kadek, N., Parwati, D., Made Wiharta, D., & Setiawan, W. (2018). Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Bahaya Tanah Longsor Dengan Sensor Hygrometer Dan Piezoelectric (Vol. 5, Issue 2). www.thingspeak.com.
- Manik, H., Susilohadi, S., & Kusumah, B. R. (2020a). Rancang Bangun Transmitter dan Receiver untuk Sistem Komunikasi Akustik Bawah Air. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 15(3). <https://doi.org/10.17529/jre.v15i3.14498>

Saputra, A. W., Bogi, N., Karna, A., & Fahmi, A. (2020). Penggunaan Gelombang Radio Untuk Komunikasi Bawah Laut Menggunakan Modulasi Frekuensi Use Of Radio Waves For Underwater Communication Using Frequency Modulation.

Stojanovic, M., & Freitag, L. (n.d.). Recent Trends in Underwater Acoustic Communications.

(Stojanovic & Freitag, n.d.)(Institute of Electrical and Electronics Engineers. & Marine Technology Society., 2008)