

EKSPERIMEN FREKUENSI MENGGUNAKAN IMPLEMENTASI MODULASI DIGITAL PADA SISTEM KOMUNIKASI DI BAWAH LAUT

EXPERIMENT OF FREQUENCY USING IMPLEMENTATION DIGITAL MODULATION ON COMMUNICATION SYSTEMS UNDER THE SEA

Boy Fernando¹, Nyoman Bogi Aditya Karna², Arfianto Fahmi³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹boyfernando@student.telkomuniversity.ac.id ²aditya@telkomuniversity.ac.id

³arfiantof@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada Penelitian ini dibuat alat sederhana untuk komunikasi di bawah laut dengan spesifikasi yang dapat mengatasi faktor hambatan dalam berkomunikasi di bawah laut. Alat ini juga didesain agar dapat mengatasi error pada informasi yang dikirimkan. Langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan membuat suatu *transmitter* yang berperan sebagai pemancar dan dihubungkan dengan sebuah *XR2206 Function Generator* sebagai sumber sinyal input, kemudian dibuat sebuah *receiver* yang berperan sebagai penerima sinyal yang dikirimkan oleh *transmitter*. Lalu *transmitter* dan *receiver* akan diuji dengan beberapa parameter, diantaranya jarak, kedalaman, dan frekuensi (frekuensi resonansi 400 kHz & frekuensi input 100 kHz). Alat ini dibuat berdasarkan implementasi modulasi digital, yaitu Modulasi FSK. Hasil yang diperoleh dari pengujian (pada jarak 10 cm – 50 cm dengan kedalaman 15 cm, 20 cm, 25 cm) ini yaitu dengan hasil frekuensi termodulasi 200 kHz terjadi presentase redaman sebesar 59.23% - 63.84%, 68.44%-71.58%, dan 68.42%-70.98%.

Kata kunci: Modulasi FSK, Redaman, Frekuensi, *XR2206 Function Generator*, *Transmitter*, *Receiver*

Abstract

In this study, a simple tool for communication under the sea was made with specifications that can overcome the obstacle factor to communicate under the sea. This tool is also designed to solve errors in the information sent. The steps taken in this research are to make a transmitter which acts as a transmitter and connected to an XR2206 Function Generator as the source of the input signal, then a receiver is also made which acts as a receiver for the signal sent by the transmitter. Then the transmitter and receiver will be tested with several parameters, including distance, depth, and frequency (resonant frequency 400 kHz & input frequency 100 kHz). This tool is made based on the implementation of digital modulation, namely FSK Modulation. The results obtained from the test (at a distance of 10 cm - 50 cm with a depth of 15 cm, 20 cm, 25 cm) are with the modulated frequency result of 200 kHz there is an attenuation percentage of 59.23% - 63.84%, 68.44% - 71.58%, and 68.42% - 70.98%.

Keywords: *FSK Modulation*, *Attenuation*, *Frequency*, *XR2206 Function Generator*, *Transmitter*, *Receiver*

1. Pendahuluan

Alat komunikasi bawah laut merupakan salah satu solusi untuk memudahkan manusia dalam melakukan pekerjaan di bawah permukaan laut. Banyak profesi yang berhubungan dengan kelautan bermunculan, misalnya nelayan dan penyelam. Tetapi banyak faktor yang menghambat dalam penggunaan alat komunikasi bawah laut, misalnya karena redaman bawah laut yang cukup besar, derasnya gelombang air laut, dan karena noise lainnya. Penelitian sebelumnya, dilakukan penelitian mengenai pengukuran redaman suatu frekuensi yang rendah di dalam sedimen laut melibatkan VLA bersama geometri sumber yang berpengaruh pada kedalaman, transmisi sinyal *broadband*, dan teknik inversi dalam waktu tempuh. Selain itu juga dilakukan pengujian redaman frekuensi di sekitar sedimen laut dan *disperse* kecepatan suara pada frekuensi yang lebih rendah. Selain itu juga dilakukan penelitian dengan SONAR, tetapi SONAR memiliki kelemahan dimana transmisi dipengaruhi oleh kekeruhan air, tekanan, dan suhu[1]. Berdasarkan uraian diatas, penulis berencana membuat proyek Tugas Akhir dengan judul "EKSPERIMEN FREKUENSI MENGGUNAKAN IMPLEMENTASI MODULASI DIGITAL PADA SISTEM KOMUNIKASI DI BAWAH LAUT". Penelitian ini bertujuan membuat

suatu alat komunikasi bawah laut sederhana yang dimana kelebihanannya dapat mengatasi faktor penghambat komunikasi bawah laut tadi, seperti redaman dan noise lainnya. Alat ini dibuat bukan dengan tujuan dipasarkan melainkan sebagai wadah penelitian awal yang diharapkan dapat dikembangkan oleh berbagai pihak supaya menjadi suatu alat komunikasi bawah laut yang mendekati sempurna, dengan harapan semoga penelitian Tugas Akhir ini bisa bermanfaat dan membantu dalam dunia komunikasi bawah laut.

2. Dasar Teori

2.1 Air Laut

Air laut merupakan air dari laut yang memiliki kadar garam. Suhu menjadi salah satu faktor kadar garam di air laut dimana semakin tinggi suhu maka kadar garam di air laut tersebut semakin tinggi. Kandungan garam di dalam air laut disebabkan karena pada batu-batuan dan tanah di bumi mengandung garam mineral.

2.2 Modulasi Digital

Modulasi adalah suatu proses yang memungkinkan suatu gelombang pembawa (*carrier*) dapat membawa suatu sinyal informasi dimana terdapat parameter-parameter dari gelombang pembawa (*carrier*) tersebut, yaitu fase, amplitudo, dan frekuensi. Parameter-parameter itu dapat disesuaikan dengan sinyal informasi agar terbentuk sinyal termodulasi. Modulasi terbagi atas dua jenis, yaitu modulasi analog dan modulasi digital. Modulasi analog adalah modulasi yang mentransmisikan sinyal analog, sedangkan modulasi digital adalah modulasi yang mentransmisikan sinyal digital. Modulasi digital memiliki ciri-ciri bentuk hasilnya berupa bit-bit 0 dan 1. Teknik modulasi digital pada dasarnya merupakan variasi dari metode modulasi analog. Teknik modulasi digital terbagi atas tiga macam, yaitu *Amplitude Shift Keying (ASK)*, *Frequency Shift Keying (FSK)*, *Phase Shift Keying (PSK)*[2].

2.2.1 Modulasi Amplitude Shift Keying (ASK)

Modulasi ASK adalah teknik modulasi dengan menyesuaikan *amplitude*. Teknik ini memudahkan dalam memperoleh kecepatan digital yang lebih besar. Namun, teknik ini menyebabkan redaman dan distorsi saat transmisi data jarak jauh sehingga teknik ini lebih baik digunakan pada transmisi data jarak dekat[3].

2.2.2 Modulasi Frequency Shift Keying (FSK)

Modulasi FSK adalah teknik modulasi dengan menyesuaikan frekuensi. Teknik ini memiliki kemungkinan kesalahan (*error rate*) sangat kecil sehingga teknik ini cenderung digunakan pada transmisi data dengan *Bit Rate* (kecepatan transmisi) yang relatif rendah[4].

2.2.3 Modulasi Phase Shift Keying (PSK)

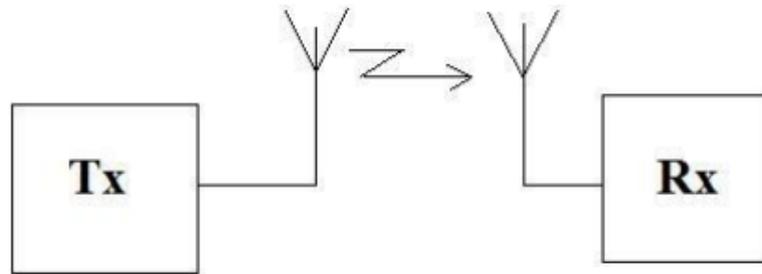
Modulasi PSK adalah teknik modulasi dengan menyesuaikan fase. Teknik ini memerlukan frekuensi yang konstan untuk memudahkan stabilitas pada penerima. Selain itu, teknik ini cenderung digunakan pada transmisi data dengan kecepatan tinggi[3].

2.3 Redaman

Redaman adalah sebuah proses penurunan daya suatu sinyal yang sedang menempuh jarak tertentu dimana semakin jauh jarak yang ditempuh maka semakin besar penurunan daya sinyal tersebut[5].

2.4 Sistem Komunikasi Radio

Sistem komunikasi radio adalah suatu komunikasi dimana udara menjadi mediumnya. Sistem ini memiliki bentuk dimana pemancar memancarkan daya ke penerima melalui antena[6].



Gambar 1 Diagram Sistem Komunikasi Radio Secara Umum

2.5 Function Generator XR2206

XR2206 adalah suatu generator pembangkit sinyal yang dapat membangkitkan sinyal *square*, sinusoidal, *triangle*. XR2206 sangat mampu menghasilkan bentuk gelombang keluaran bersih berkualitas tinggi. tetapi ada batasan yang menarik, yaitu salah satu konsep dasar yang memungkinkan realisasi bentuk gelombang mode ganda yang dihasilkan. Batasan atau keuntungan ini, tergantung bagaimana menggunakannya, jika ada *ripple* pada tegangan suplai +Ve atau -Ve dari XR2206, output akan memancarkan kembali elemen ini sebagai tumpangan pada bentuk gelombang dasar. *Ripple* ini dapat dimasukkan dengan sengaja, yang akan membutuhkan jumlah komponen yang lebih tinggi dengan biaya yang lebih besar atau dapat dirancang dari modul yang ada di mana *ripple* tersebut ada. Dalam hal ini *ripple* terjadi pada tegangan keluaran dari modul konversi dc-dc, dan dapat diizinkan kembali ke *ground plane* dengan pemilihan yang tepat dari kapasitor kontrol *ripple* keluaran untuk converter[7].

2.6 Catu Daya

Catu daya adalah penyedia sumber daya/tegangan untuk peralatan elektronika. Pada perubahan daya terdapat empat jenis proses, yaitu perubahan daya AC ke DC, DC ke DC, DC ke AC, dan AC ke AC[8].

2.7 Transmitter

Transmitter adalah bagian dari sistem komunikasi wireles yang berfungsi mengirimkan data ke tempat lain berupa gelombang radio. Prinsip kerja dari transmitter ini adalah dengan induksi medan magnetik dari sumber potensial yang menyebabkan arus dan menginduksi rangkaian lainnya. Secara sederhana transmitter dapat dibuat dengan cara mengubah on dan off baterai yang dihubungkan dengan kabel[9].

2.8 Receiver

Penerima radio (Receiver) adalah merupakan salah satu pesawat elektronika yang bekerjanya mengubah sinyal modulasi/ gelombang radio menjadi sinyal audio/getaaran suara yang dapat di dengar oleh telinga manusia[9].

2.9 Antena

Antena adalah salah satu perangkat yang mengubah sinyal-sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik dan memancarkannya ke udara bebas atau sebaliknya menangkap sinyal gelombang elektromagnetik dari udara bebas dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Dibidang elektronika definisi antena adalah “transformator / struktur transmisi antara gelombang terbimbing (saluran transmisi) dengan gelombang ruang bebas atau sebaliknya. Sekarang antena adalah salah satu elemen penting yang harus ada pada sebuah teleskop radio, TV, radar, dan semua alat komunikasi lainnya yang menggunakan sinyal”. Sebuah antena adalah bagian vital dari suatu pemancar atau penerima yang berfungsi untuk menyalurkan sinyal radio ke udara. Bentuk antena bermacam macam sesuai dengan desain, pola penyebaran dan frekuensi dan gain. Panjang antenna secara efektif adalah panjang gelombang frekuensi radio yang dipancarkannya. Antenna setengah gelombang adalah sangat populer

karena mudah dibuat dan mampu memancarkan gelombang radio secara efektif[10].

2.10 Propagasi Bawah Air

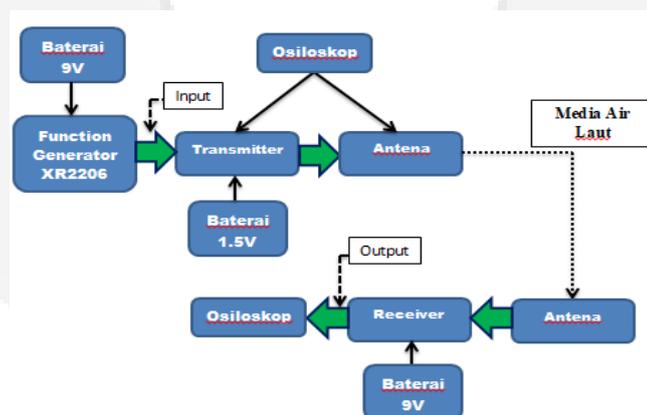
Kecepatan propagasi di bawah air dipengaruhi oleh tiga faktor, diantaranya kadar garam/salinitas, tekanan/kedalaman, dan suhu. Faktor suhu adalah yang paling berpengaruh terhadap kecepatan propagasi gelombang dari ketiga faktor tersebut. Tekanan selalu dihubungkan dengan kedalaman, dan salinitas memberikan pengaruh kecil terhadap kecepatan propagasi suatu gelombang[11].

2.11 Gelombang Elektromagnetik

Gelombang yang dapat merambat walau tanpa adanya medium disebut dengan gelombang elektromagnetik. Energi elektromagnetik merambat dalam gelombang dengan beberapa karakteristik yang bisa diukur, diantaranya panjang gelombang, *wavelength*, frekuensi, amplitudo, dan kecepatan. Amplitudo adalah tinggi dari gelombang itu sendiri. Panjang gelombang adalah jarak antara puncak ke puncak atau dari lembah ke lembah. Frekuensi adalah jumlah gelombang yang melalui suatu titik tertentu dalam satu satuan waktu. Frekuensi bergantung dari kecepatan rambat gelombang. Kecepatan energi elektromagnetik adalah bersifat konstan maka frekuensi dan panjang gelombang berbanding terbalik. Semakin panjang suatu gelombang maka semakin rendah nilai frekuensinya, tetapi semakin pendek suatu gelombang maka semakin tinggi frekuensinya. Energi elektromagnetik dipancarkan atau dilepaskan pada level yang berbeda-beda oleh semua masa di alam semesta. Semakin tinggi level energi dari suatu sumber energi maka semakin pendek panjang gelombang dari energi yang dihasilkan tetapi semakin tinggi frekuensinya, dan begitu pula sebaliknya. Perbedaan dari karakteristik energi gelombang digunakan dalam pengelompokkan energi elektromagnetik[12].

3. Perancangan Sistem

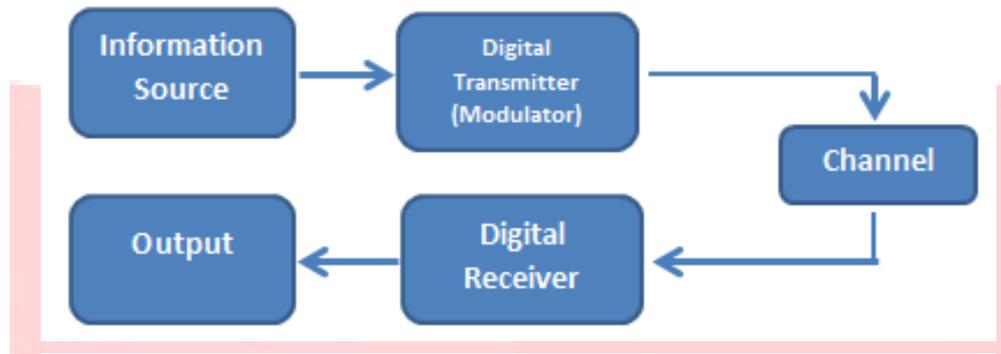
3.1 Desain Alat



Gambar 2 Struktur Desain Alat dalam Bentuk Blok

Alat terdiri atas beberapa komponen utama, diantaranya Function Generator XR2206, Transmitter, Antena, Receiver. Adapun komponen pendukung, diantaranya Baterai 9V, Baterai 1,5V, dan Osiloskop. Function Generator XR2206, Transmitter, dan Receiver memerlukan baterai agar dapat beroperasi dengan seharusnya.

3.2 Blok Diagram Alat



Gambar 3 Skema Blok Diagram Alat

Pada blok diagram di atas terdapat dua bagian, yaitu bagian pengirim dan bagian penerima. Pada bagian pengirim terdapat *information source*, *digital transmitter* (modulator). Sedangkan pada bagian penerima terdapat *digital receiver* dan *ouput*. Kedua bagian tersebut dihubungkan oleh sebuah *channel*. Keluaran dari blok diagram di atas adalah *output signal*[13].

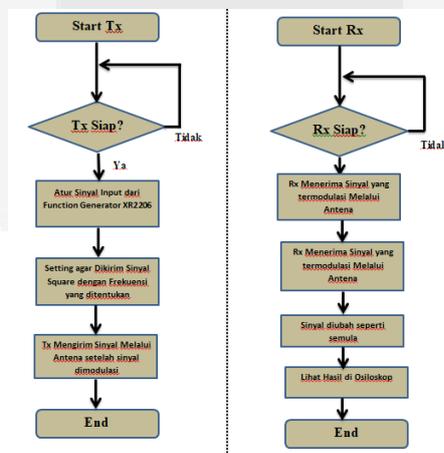
3.3 Workflow



Gambar 4 Workflow Tentang Tahapan Penelitian

Gambar di atas menjelaskan proses eksperimen dari awal hingga selesai, yaitu dimulai perancangan skema alat sampai diperolehnya data/sampel. Proses tersebut dijabarkan menjadi beberapa langkah seperti gambar di atas.

3.4 Flowchart



Gambar 5 Flowchart dari Transmitter & Receiver

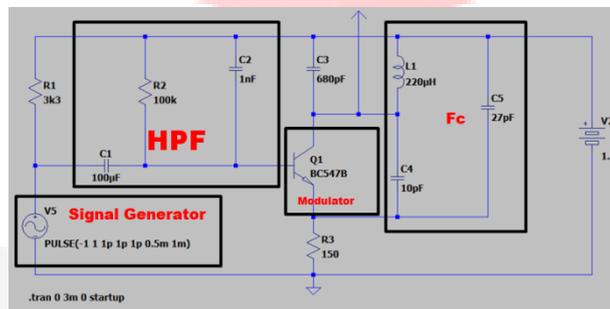
Proses dimulai dengan konfigurasi awal pada Tx. Setelah itu, sambungkan Tx pada osiloskop

untuk mengecek apakah Tx sudah siap. Kemudian, mengatur gelombang pada Function Generator XR2206 agar sinyal yang dibangkitkan sesuai dengan yang diperlukan. Setelah itu, baru Tx siap mengirim sinyal. Kemudian untuk di sisi Rx, mula-mula lakukan konfigurasi awal pada Rx. Sambungkan Rx pada osiloskop juga untuk mengetahui apa Rx siap digunakan. Jika Tx dan Rx sudah siap digunakan maka proses pengiriman sinyal oleh Tx dan penerimaan sinyal oleh Rx akan terjadi. Sinyal akan diubah kepada kondisi awal saat tiba di Rx. Dengan begitu proses komunikasi radio telah dilakukan oleh alat.

3.5 Spesifikasi Rangkaian Simulasi

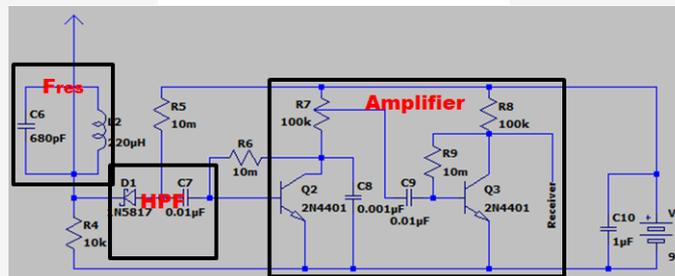
Rangkaian pada simulasi sebelum pembuatan rangkaian asli *transmitter* dan *receiver* untuk komunikasi radio dengan modulasi FSK beserta spesifikasinya adalah sebagai berikut :

3.5.1 Rangkaian Transmitter



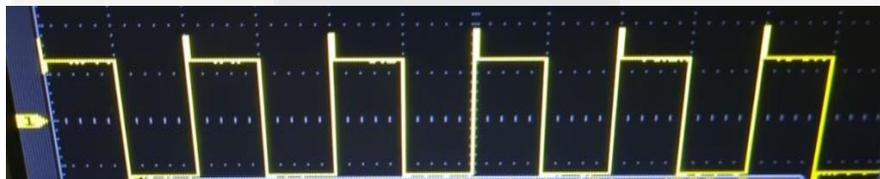
Gambar 6 Rangkaian Simulasi Transmitter

3.5.2 Rangkaian Receiver

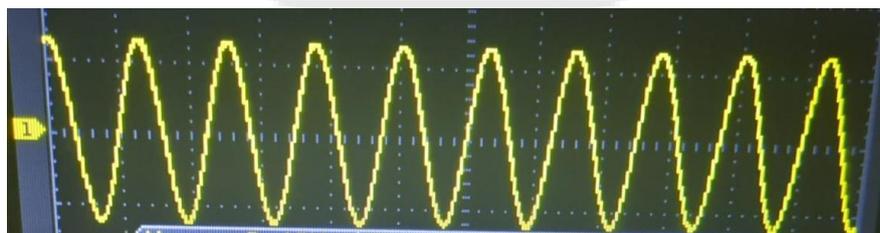


Gambar 7 Rangkaian Simulasi Receiver

3.5.3 Sinyal Frekuensi Resonansi dan Frekuensi Input



Gambar 8 Sinyal Frekuensi Input



Gambar 9 Sinyal Frekuensi Resonansi

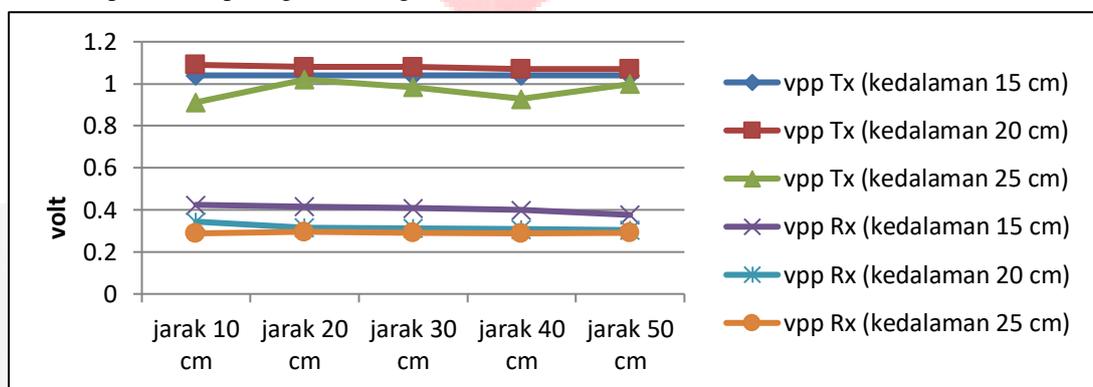
Nilai dari frekuensi resonansi dan frekuensi input, yaitu 400 kHz dan 100 kHz. Nilai dari frekuensi resonansi lebih besar daripada nilai dari frekuensi input. Hal ini dikarenakan sinyal input akan ditumpangkan pada sinyal resonansi sehingga sinyal resonansi harus memiliki nilai frekuensi yang lebih besar.

4. Hasil dan Analisis

Berdasarkan penjelasan pada Bab 3, yaitu *workflow*, blok diagram, *flowchart*, dan desain alat yang telah dirancang sebelumnya, maka hasil penelitian yang berupa nilai vpp (dalam grafik) dan nilai presentase redaman (dalam grafik) dari alat komunikasi bawah laut dengan terdiri dari sebuah *transmitter* yang tersambung ke *function generator* XR2206 dan sebuah *receiver* berikut ini:

4.1 Nilai Vpp pada *Transmitter* dan *Receiver*

Pengujian terhadap Vpp dilakukan dengan menguji pengiriman sinyal input oleh *transmitter* kepada *receiver* di dalam sebuah kolam berisi air laut (pada kedalaman 15 cm, 20 cm, 25 cm) dan dengan beberapa parameter jarak (10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm). Hasil dari pengujian Vpp tersebut dapat dilihat pada grafik sebagai berikut:

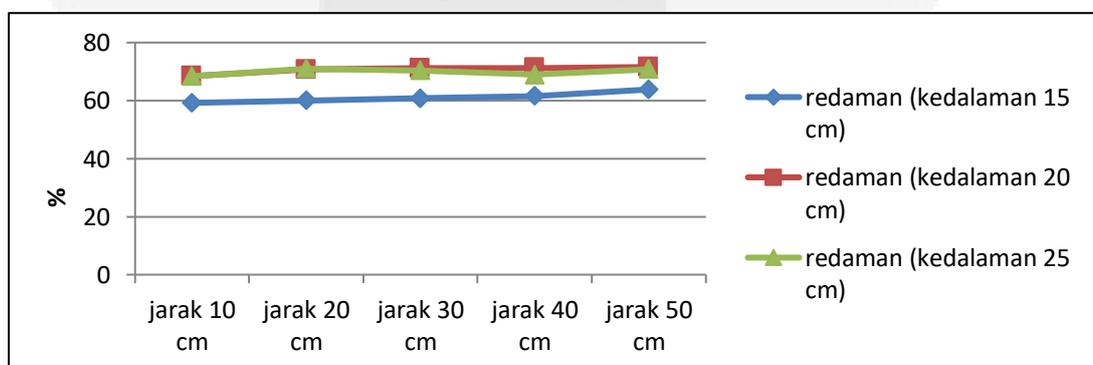


Gambar 10 Nilai Vpp pada *Transmitter* dan *Receiver*

Tampak pada grafik, nilai vpp pada Rx mengalami penurunan dari nilai vpp pada Tx, baik pada kedalaman 15 cm, 20 cm, atau 25 cm. Hal ini disebabkan karena adanya perubahan pada jarak antar *transmitter* dengan *receiver* yang semakin jauh sehingga pengiriman sinyal informasi menjadi tidak stabil. Selain itu juga disebabkan karena penambahan kedalaman air pada pengujian alat tersebut.

4.2 Nilai Presentase Redaman

Pengujian terhadap presentase redaman yang terjadi pada saat pengiriman sinyal input oleh *transmitter* kepada *receiver* di dalam sebuah kolam berisi air laut (pada kedalaman 15 cm, 20 cm, 25 cm) dan dengan beberapa parameter jarak (10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm). Hasil dari pengujian presentase redaman tersebut dapat dilihat pada grafik sebagai berikut:



Gambar 11 Nilai Presentase Redaman

Tampak pada grafik, nilai presentase redaman mengalami kenaikan mulai dari jarak 10 cm hingga jarak 50 cm, dimana semakin jauh jarak antar *transmitter* dengan *receiver* akan nilai presentase redaman semakin besar, sebaliknya semakin dekat jarak antar *transmitter* dengan *receiver* maka nilai

presentase redaman akan semakin kecil. Selain disebabkan oleh penambahan jarak, penambahan kedalaman juga dapat memengaruhi nilai presentase redaman dimana semakin besar kedalaman air maka nilai presentase redaman akan semakin tinggi dan semakin kecil kedalaman air maka nilai presentase redaman akan semakin kecil.

5. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan atas beberapa hal diantaranya:

1. Semakin jauh jarak antara *transmitter* dan *receiver*, nilai vpp pada/ yang diterima oleh *receiver* akan semakin lemah, yaitu dari 0,424 – 0,288 V. Sesuai dengan penjelasan teori dimana semakin jauh jarak nilai vpp pada *receiver* akan mengalami penurunan dimana pada pengujian ini dilakukan di kolam air laut baik pada jarak 10 cm hingga 50 cm dengan kedalaman 15 cm, 20 cm, dan 25 cm. Namun, pada titik pengujian kedalaman 25 cm, nilai vpp pada *receiver* tidak sesuai dengan teori dimana nilai vpp nya naik turun. Hal tersebut disebabkan karena kondisi alat yang belum stabil.
2. Semakin jauh jarak antara *transmitter* dan *receiver* dalam kondisi pengujian di kolam air laut, nilai presentase redaman pada komunikasi antara *transmitter* dan *receiver* akan semakin besar dan meningkatnya secara signifikan, yaitu dari 59,23% - 71,58% pada jarak 10 cm hingga ke 50cm. Begitu pula semakin besar kedalaman air pada pengujian di kolam air laut, nilai presentase redaman pada komunikasi antara *transmitter* dan *receiver* akan semakin besar dan meningkat secara signifikan dari kedalaman 15 cm hingga 25 cm. Hal itu disebabkan komunikasi di air lebih kompleks dibandingkan dengan komunikasi di udara. Namun, ada pada beberapa titik pengujian dimana hasil nilai presentase redaman tidak sesuai dengan teori, yaitu pada kedalaman 25 cm dimana hasilnya naik turun dari jarak 10 cm ke 50 cm. Hal tersebut disebabkan oleh kondisi alat yang belum stabil.
3. Frekuensi yang terlewatkan pada transmitter dan receiver pada pengujian di kolam air laut adalah pada kisaran 200 kHz, namun ada beberapa hasil pengujian dengan frekuensi 208,3 kHz maka bisa dikatakan kondisi alat masih belum ideal.
4. Teknik modulasi FSK berhasil dipakai dalam pembuatan alat, namun redaman yang terjadi pada alat tetap belum bisa di minimalisir terlihat dari besar presentase redaman yang masih di atas 50%, dimana pengujiannya dilakukan masih pada sebuah kolam dengan kedalaman yang dangkal (15 cm, 20 cm, 25 cm) sehingga untuk realisasi di laut kemungkinan akan terjadi redaman yang lebih besar pada alat

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Wan, M. Badiy, and D. P. Knobles, "Geoacoustic inversion using low frequency broadband acoustic measurements from L-shaped arrays in the Shallow Water 2006 Experiment," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 140, no. 4, pp. 2358–2373, 2016, doi: 10.1121/1.4962558.
- [2] W. Pamungkas, A. F. Isnawati, and A. Kurniawan, "Modulasi Digital Menggunakan Matlab," *J. INFOTEL - Inform. Telekomun. Elektron.*, vol. 4, no. 2, p. 1, 2012, doi: 10.20895/infotel.v4i2.102.
- [3] J. Gibson and E. Biglieri, "Digital Modulation Techniques," *Commun. Handb.*, vol. 0, 2002, doi: 10.1201/9781420041163-22.
- [4] R. C. Wiguna, Y. S. Rohmah, and S. Aulia, "Perancangan Simulator Teknik Modulasi ASK dan FSK Menggunakan Matlab pada Kanal AWGN dan Rayleigh," *e-Proceeding Appl. Science*, vol. 4, no. 3, pp. 2748–2757, 2018.
- [5] D. Park, K. Kwak, W. K. Chung, and J. Kim, "Development of Underwater Short-Range Sensor," *IEEE J. Ocean. Eng.*, vol. 41, no. 2, pp. 318–325, 2016, doi: 10.1109/JOE.2015.2433851.
- [6] N. Pramaita, "Rancang Bangu Sistem Ko," vol. 9, no. 1, pp. 95–99, 2010.
- [7] E. Corporation, "Datasheet XR-2206," no. 510, pp. 1–16, 2008.
- [8] J. M. Guerrero, S. Member, L. Hang, and J. Uceda, "Control of Distributed Uninterruptible Power Supply Systems," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 55, no. 8, pp. 2845–2859, 2008.

- [9] E. Telecomunicacion *et al.*, "Investigation on Radio Wave Propagation in Shallow Seawater: Simulations and Measurements," no. April, 2016.
- [10] K. Kwak, S. Member, D. Park, and S. Member, "Underwater 3-D Spatial Attenuation Characteristics of Electromagnetic Waves With Omnidirectional Antenna," *IEEE/ASME Trans. Mechatronics*, vol. 21, no. 3, pp. 1409–1419, 2016, doi: 10.1109/TMECH.2015.2509466.
- [11] A. R. Timor, H. Andre, and A. Hazmi, "Analisis Gelombang Elektromagnetik dan Seismik yang Ditimbulkan oleh Gejala Gempa," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 3, p. 315, 2016, doi: 10.25077/jnte.v5n3.297.2016.
- [12] F. T. Kelautan, T. Fisika, and F. T. Industri, "Studi perancangan `protokol` dalam sistem komunikasi bawah air di indonesia dengan menggunakan metode eksperimen akustik," pp. 95–102, 2010.
- [13] D. Grimaldi, S. Rapuano, and L. De Vito, "An automatic digital modulation classifier for measurement on telecommunication networks," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 56, no. 5, pp. 1711–1720, 2007, doi: 10.1109/TIM.2007.895675.