

## DESAIN DAN IMPLEMENTASI RADIO AM UNTUK KOMUNIKASI DI DALAM LAUT

### AM RADIO DESIGN AND IMPLEMENTATION FOR COMMUNICATION IN THE SEA

Krisna Rangga Pradhana<sup>1</sup>, Nyoman Bogi Aditya Karna<sup>2</sup>, Arfianto Fahmi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>krisnaranggap@student.telkomuniversity.ac.id <sup>2</sup>aditya@telkomuniversity.ac.id

<sup>3</sup>arfiantof@telkomuniversity.ac.id

#### Abstrak

Komunikasi radio AM adalah komunikasi radio yang menggunakan modulasi AM. Modulasi yang perancangannya dan pembuatannya mudah tetapi ketahanan terhadap noise-nya rendah. Dan dengan semakin berkembangnya teknologi, pengiriman data tidak hanya dilakukan di udara saja tapi juga didalam air laut. Pada pengiriman data di air laut, masih sering dijumpai menggunakan SONAR (*Sound, Navigation and Ranging*) yang memancarkan gelombang suara yang nanti akan dipantulkan kembali jika mendeteksi benda tertentu. Pada penelitian ini penulis membuat alat yang berupa transmitter dan receiver radio AM untuk komunikasi radio AM. Dengan rangkaian transmitter dan receiver yang dibuat dilakukan pengukuran redaman di udara dengan mengukur nilai  $V_{pp}$ , persentase redaman dan nilai FSL yang dilakukan pada jarak transmitter dan receiver sejauh 0,1 m sampai dengan 12 m. Dari hasil pengujian dan pengukuran diketahui nilai persentase redaman dari alat yang telah dibuat dengan menggunakan frekuensi carrier 490KHz didapatkan persentase redaman dari jarak 0,1 m sampai 12 m sebesar (-416%) - 48%. Lalu dengan menggunakan frekuensi carrier 544KHz pada jarak yang sama diperoleh nilai redaman sebesar (-31%) - 77%. Sedangkan untuk redaman propagasi menggunakan frekuensi 490KHz didapatkan redaman dari jarak 0,1 m sampai 12 m sebesar -4,80 dB - -6,30 dB. Lalu dengan menggunakan frekuensi 544KHz pada jarak yang sama diperoleh nilai redaman sebesar -5,78 dB - -14,52 dB. Disini bisa dikatakan bahwa memang semakin jauh jarak antara transmitter dan receiver maka nilai redaman akan semakin besar.

**Kata kunci:** komunikasi radio AM, modulasi AM, persentase redaman

#### Abstract

*AM radio communication is radio communication that uses AM modulation. Easy to design and manufacture modulation but low noise resistance. However, with the development of technology, data transmission is not only carried out in the air but also in sea water. Data transmission in seawater, it is often encountered using SONAR (Sound, Navigation and Ranging) which emits soundwaves which will be reflected back if they detect certain objects. In this study, the author made a device in the form of an AM radio transmitter and receiver. Using this transmitters and receivers made measurements of attenuation in the air by measuring the  $V_{pp}$  value, the percentage of attenuation and the FSL value which is carried out at a distance of the transmitter and receiver as far as 0.1 m to 12 m. From the test and measurement results, it is known that the percentage attenuation value of the tool that has been made using a carrier frequency of 490KHz obtained the percentage of attenuation from a distance of 0.1 m to 12 m of (-416%) - 48%. Then by using a carrier frequency of 544KHz at the same distance, the attenuation value is (-31%) - 77%. Meanwhile, for propagation attenuation using a frequency of 490KHz, the attenuation is obtained from a distance of 0.1 m to 12 m is -4.80 dB until -6.30 dB. Then by using a frequency of 544KHz at the same distance, the attenuation value is -5.78 dB until -14.52 dB. Here it can be said that the farther the distance between the transmitter and receiver, the greater the attenuation value.*

**Keywords :** AM radio Communication, AM Modulation, Percentage of attenuation

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang semakin pesat terutama di bidang telekomunikasi membuat semakin banyak adanya layanan telekomunikasi hingga untuk mengirimkan data, baik itu *wireless communication* atau *wired communication*. Kemudian pengiriman data tersebut tidak hanya dilakukan di daratan saja tetapi juga penting dilakukan untuk komunikasi dasar laut.

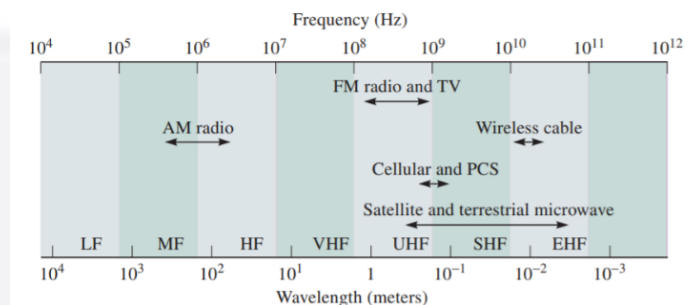
Komunikasi bawah laut ini sekarang banyak digunakan oleh militer, industri dan juga komunitas ilmuwan untuk melakukan penelitian tertentu, karena hal ini juga penting untuk mengirimkan informasi tentang pemantauan polusi, kontrol dan pemeliharaan minyak eksplorasi lepas pantai, pemantauan iklim dan penelitian oseanograf, memantau jarak ikan[1]. Tetapi biasanya komunikasi dasar laut menggunakan *Sound Navigation and Ranging*(SONAR) yang memancarkan gelombang suara yang nanti akan dipantulkan kembali jika mendeteksi benda tertentu. Tapi dengan penggunaan SONAR ini kita belum bisa mengirimkan gambar, video dan suara secara langsung. Dan juga memiliki kelemahan yaitu dipengaruhi kekeruhan air, tekanan dan suhu air[2].

Sebelumnya telah dilakukan penelitian untuk pengukuran redaman air laut menggunakan gelombang radio yang menggunakan Wi-fi dan menggunakan frekuensi tinggi yaitu 2,4 GHz dan 5 GHz. Pada penelitian tersebut membuktikan jarak transmisi Wi-Fi di bawah laut hanya sekitar 0,1 meter saja menggunakan frekuensi 2,4 GHz[3].

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Komunikasi Radio

Komunikasi radio adalah sistem komunikasi *point to point* dimana data atau informasi yang ditransmisikan ditumpangkan di sinyal *carrier* dengan media transmisi yaitu udara. Dasar dari komunikasi radio adalah Radio *frequency* (RF) spektrum. RF spektrum adalah bagian dari gelombang elektromagnetik yang bisanya digunakan pada beberapa perangkat seperti televisi, radio AM dan FM, radio microwave, *handphone*, dan masih banyak lagi[4].



Gambar 1. 1 Interval frekuensi[5].

### 2.2 Modulasi

Modulasi adalah proses penumpangan sinyal informasi kepada sinyal yang memiliki frekuensi lebih tinggi atau biasa disebut sinyal *carrier*. Proses modulasi dilakukan dengan mengubah salah satu parameter sinyal *carrier*, baik amplitude, frekuensi, atau fasa sinyal[6].

#### 2.2.1 Amplitude Modulation

Modulasi analog berdasarkan sinyal *carrier* sinusoidal terdiri dari *amplitude modulation*(AM), *frequency modulation*(FM), dan *phase modulation*(PM). AM adalah modulasi yang perancangan dan pembuatannya mudah tetapi ketahanan terhadap noise-nya rendah. Walaupun tidak terlalu bagus, modulasi AM masih banyak digunakan untuk siaran radio dan juga siaran televisi, selain itu juga karena memiliki struktur yang simple untuk implementasinya[7]. AM adalah proses modulasi yang amplitude sinyal *carrier* berubah sesuai dengan sinyal informasi[8].

$$c(t) = A_c \cos(2\pi f_c t) \quad (2.1)$$

dari persamaan (2.1)  $A_c$  adalah amplituda *carrier* dan  $f_c$  adalah frekuensi *carrier*. Dan kita mengansumsikan bahwa fasa dari sinyal *carrier* adalah nol[9]. Kemudian secara umum, persamaan sinyal *carrier* termodulasi adalah :

$$s(t) = A_c [1 + k_\alpha m(t)] \cos(2\pi f_c t) \quad (2.2)$$

Dimana  $k_\alpha$  adalah konstanta sensitivitas amplituda untuk sinyal termodulasi  $s(t)$  [9].

### 2.3 Function Generator

Adalah perangkat alat uji yang berfungsi untuk menghasilkan gelombang elektromagnetik yang biasanya digunakan pada penelitian dan kita bisa mengatur gelombang yang akan kita gunakan.

#### 2.3.1 XR2206

Adalah salah satu function generator yang mampu menghasilkan gelombang berkualitas tinggi. Xr2206 juga bisa menghasilkan sinyal AM ataupun FM. Untuk jenis sinyal function generator ini mampu menghasilkan sinyal sine, square, triangle, ramp, dan pulse. XR2206 mampu beroperasi pada frekuensi 0,01Hz sampai lebih dari 1Mhz[10].

### 2.4 Atenuasi(Redaman)

Atenuasi sinyal atau redaman sinyal adalah proses berkurangnya kekuatan sinyal atau *level* daya berbanding lurus dengan penambahan jarak yang ditempuh dalam proses pertransmision[11]. Dengan kata lain bahwa semakin jauh jarak yang ditempuh maka kekuatan sinyal yang diterima juga akan berkurang. Adapun rumus redaman adalah sebagai berikut [12]:

$$\text{Persentase Redaman (\%)} : \frac{(V_{tx} - V_{rx})}{V_{tx}} \times 100\% \quad (2.3)$$

Dengan

$V_{tx}$  :  $V_{pp}$  transmitter (Volt)

$V_{rx}$  :  $V_{pp}$  receiver (Volt)

Sedangkan untuk redaman dalam dB adalah sebagai berikut[13] :

$$\text{Redaman (dB)} : 20 \log \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad (2.4)$$

Dengan

$V_{out}$  :  $V_{pp}$  Rx

$V_{in}$  :  $V_{pp}$  Tx

Perbandingan antara tegangan input dengan tegangan output biasa disebut dengan *gain* dimana jika nilai dB didapatkan nilai *negatif*, hal tersebut bukan pembalikan fasa sinyal *output* terhadap sinyal *input*, melainkan dapat berarti atenuasi[13].

### 2.5 Free Space Loss

Ketika sinyal berpropagasi melalui suatu media transmisi, sinyal tersebut akan mengalami redaman. Sinyal radio yang berpropagasi di udara akan mengalami redaman oleh udara tersebut. Redaman di udara terbuka disebut dengan *Free Space Loss*(FSL)[14]. FSL dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{FSL(dB)} : 20 \log D + 20 \log f + 32.45 \quad (2.5)$$

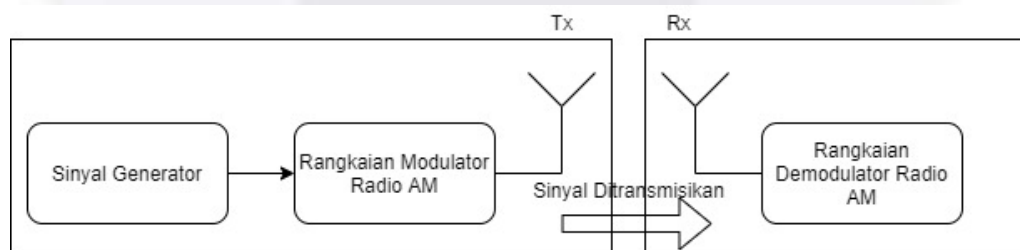
Dengan

D : Jarak dalam kilometer

f : frekuensi kerja MHz

## 3. Perancangan Sistem

### 3.1 Desain Sistem

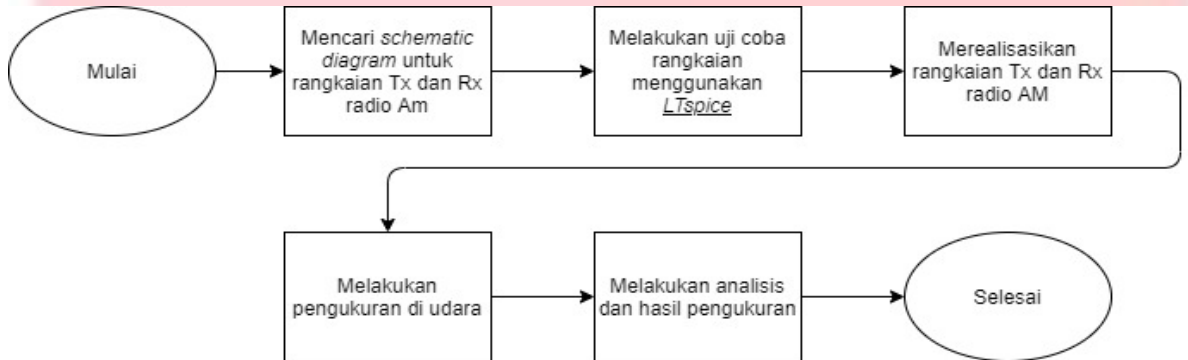


Gambar 3. 1 Diagram blok sistem

Desain sistem ini terdiri dari Tx dan Rx. Pada rangkaian Tx sinyal generator XR2206 digunakan untuk menghasilkan sinyal informasi. Kemudian sinyal tersebut diteruskan ke rangkaian modulator AM

untuk dimodulasi dan ditransmisikan ke rangkaian Rx. Di rangkaian Rx terdapat rangkaian demodulator AM untuk menerima sinyal yang ditransmisikan. Disini nanti rangkaian Rx akan disambungkan ke osiloskop untuk melihat spektrum sinyal dan juga nilai dari tegangan yang diterima di rangkaian Rx

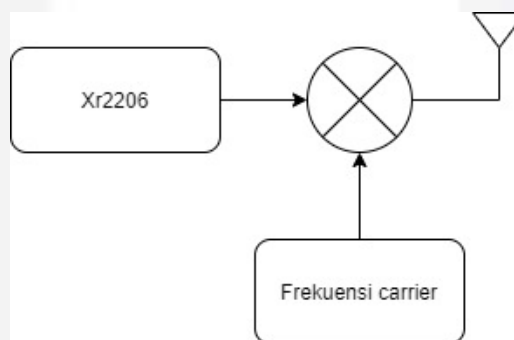
### 3.2 Work Flow



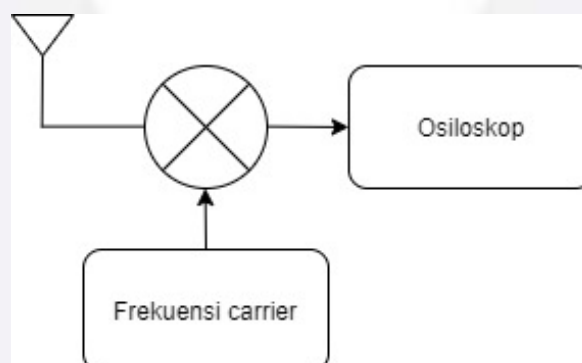
Gambar 3. 2 Diagram work flow

Pada gambar 3.2 ditunjukkan proses pengerjaan penelitian ini dari awal hingga akhir, dimulai dengan mencari diagram skema rangkaian alat sampai didapat hasil penelitian.

### 3.3 Blok Diagram Alat



Gambar 3. 3 Blok diagram transmitter



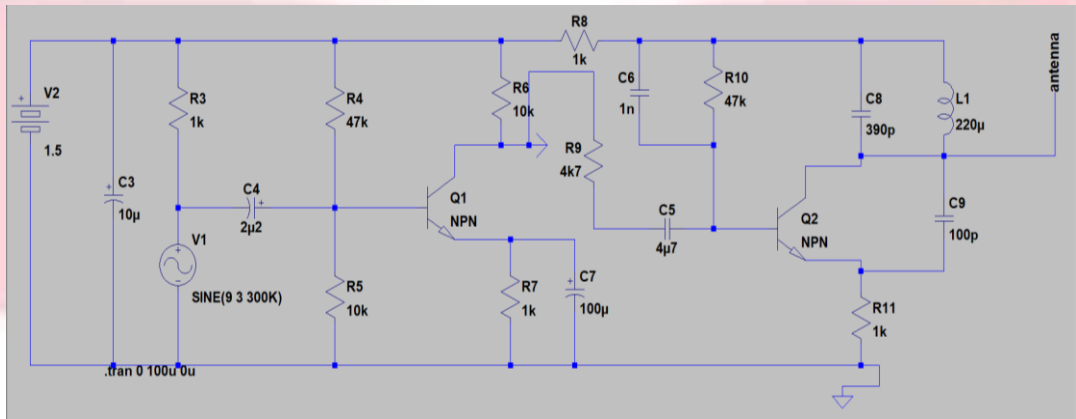
Gambar 3. 4 Blok diagram receiver

Gambar 3.3 adalah blok diagram alat Tx yang terdiri dari XR2206 sebagai *function generator* dan rangkaian modulator AM. Sedangkan gambar 3.4 adalah blok diagram alat Rx yang terdiri dari demodulator AM dan disambungkan ke osiloskop.

### 3.4 Spesifikasi Rangkaian Simulasi

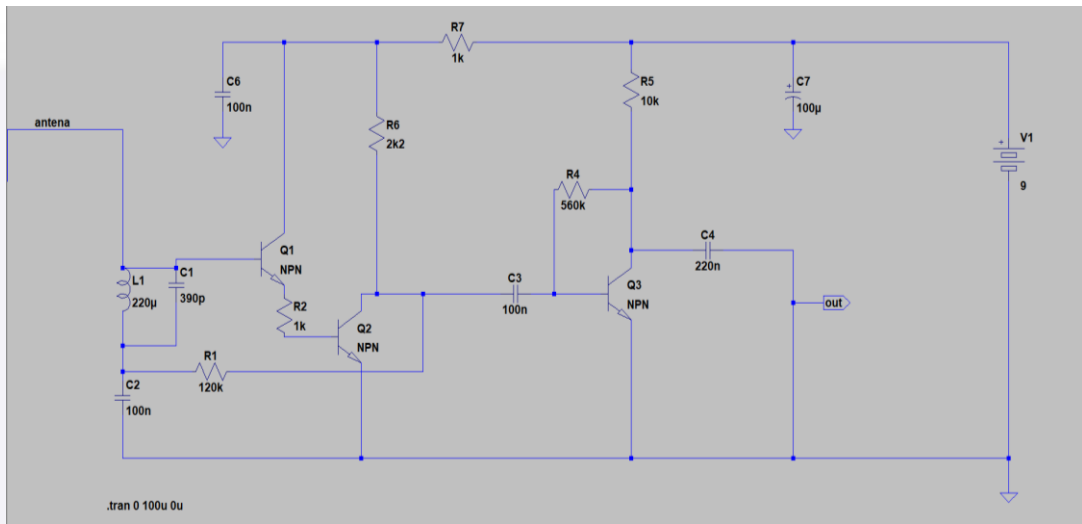
Sebelum rangkaian direalisasikan kita melakukan simulasi rangkaian Tx dan Rx untuk memastikan rangkaian dapat bekerja.

3.4.1 Rangkaian Transmitter



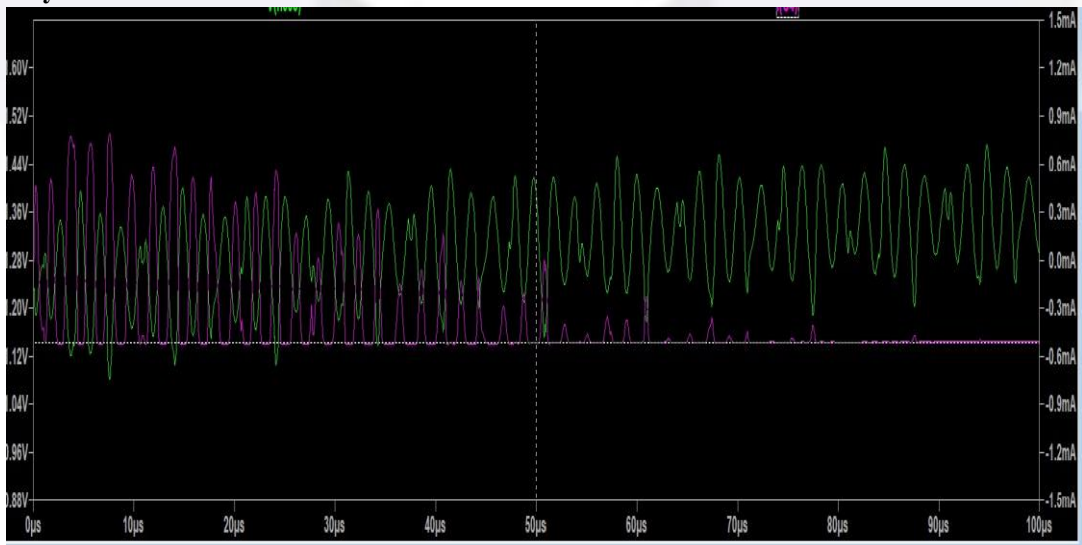
Gambar 3. 5 Rangkaian transmitter AM

3.4.2 Rangkaian Receiver



Gambar 3. 6 Rangkaian receiver AM

3.4.3 Sinyal Hasil Simulasi



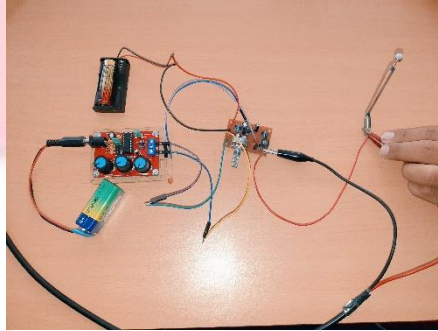
Gambar 3. 7 Sinyal dari simulasi Tx dan Rx



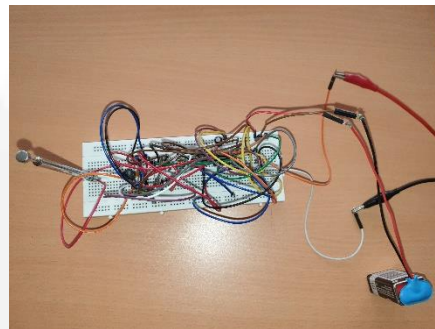
**Gambar 3.7** menunjukkan spectrum sinyal dari hasil simulasi yang ditunjukkan dengan warna hijau sebagai Tx dan warna biru sebagai Rx.

#### 4. Hasil dan Analisis

Setelah melakukan tahap perancangan sistem maka akan dilanjutkan melakukan realisasi alat dengan tujuan untuk mengukur kinerja alat dari hasil proses realisasi.



**Gambar 4. 1** Realisasi Tx radio AM



**Gambar 4. 2** Realisasi Rx radio AM

Dalam menentukan frekuensi *carrier* digunakan kombinasi nilai C dan L di *tank circuit* adapun rumus yang digunakan dan perhitungan frekuensi menggunakan persamaan berikut [12]:

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (4.1)$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{220 \times 10^{-6} \times 470 \times 10^{-12}}}$$

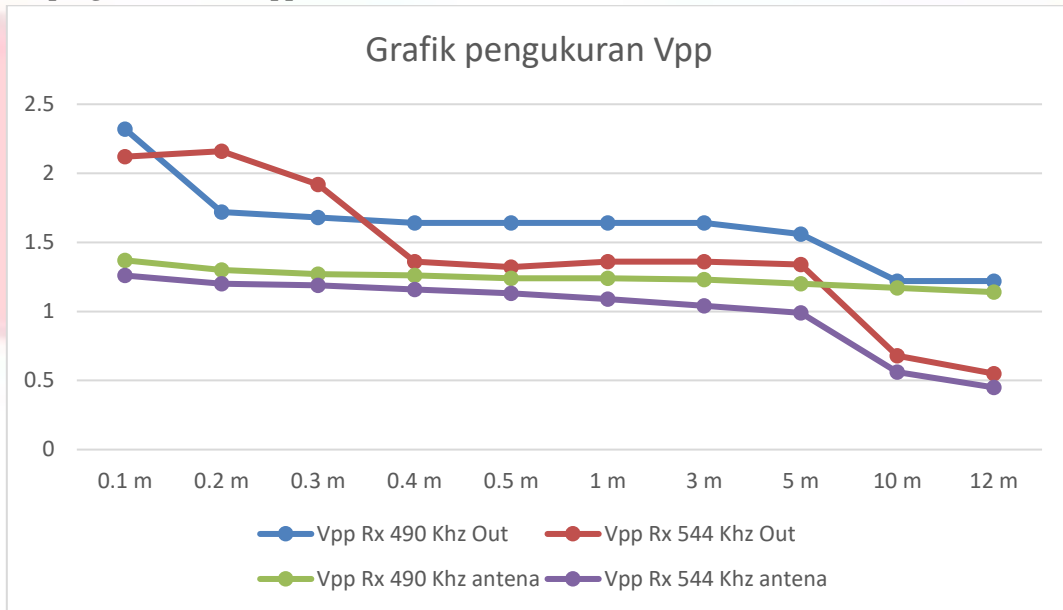
$$f_c = 490 \times 10^3 \text{ Hz}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{220 \times 10^{-6} \times 390 \times 10^{-12}}}$$

$$f_c = 544 \times 10^3 \text{ Hz}$$

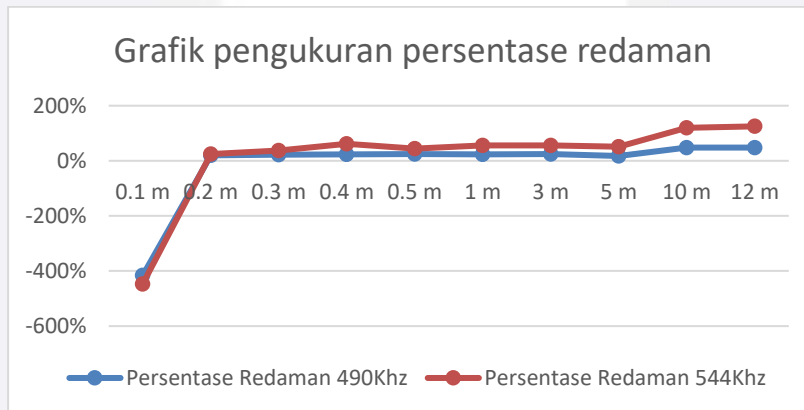
4.1 Hasil pengukuran nilai Vpp



Gambar 4. 3 Grafik hasil pengukuran Vpp

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa nilai Vpp Rx di titik pengukuran *out receiver* dan *antena receiver* pada frekuensi 490 KHz dan 544 KHz dari jarak 0.1 m sampai 12 m semakin kecil atau semakin jauh jarak antara Tx dengan Rx nilai Vpp yang didapat semakin kecil.

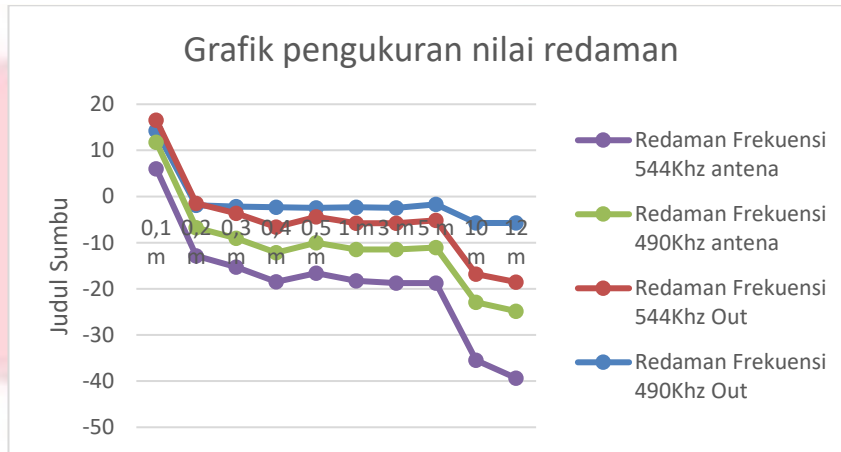
4.2 Hasil Pengukuran Nilai Persentase Redaman



Gambar 4. 4 Grafik hasil pengukuran persentase redaman

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa nilai persentase redaman di titik pengukuran *out receiver* pada frekuensi 490 KHz dan 544 Khz dari jarak 0.1 m sampai 12 m semakin besar yang didapatkan dari hasil pengukuran.

4.3 Hasil pengukuran nilai redaman (dB)



Gambar 4. 5 Grafik hasil pengukuran nilai redaman

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa nilai redaman pada frekuensi 490 KHz dan 544 KHz dari jarak 0.1 m sampai 12 m semakin besar yang didapatkan dari hasil pengukuran atau semakin jauh jarak maka nilai redaman/pelemahan akan semakin besar. Dari data pada frekuensi 490 KHz dapat diinterpretasikan menjadi formula menggunakan metode regresi linear sederhana untuk mengetahui apakah jarak berpengaruh terhadap nilai redaman. Dari data didapatkan  $Y = -5.375 - 0.079X$ . Dimana Y adalah redaman dan X adalah jarak. Dari rumus tersebut dapat dikatakan bahwa ketika terjadi kenaikan 1 meter jarak, nilai rata-rata redaman mengalami penurunan sebesar -0.079 atau semakin jauh jarak maka nilai pelemahan/redaman semakin besar. Sedangkan untuk frekuensi 544 KHz didapatkan  $Y = -5.805 - 0.671X$ . Dimana Y adalah redaman dan X adalah jarak. Dari rumus tersebut dapat dikatakan bahwa ketika terjadi kenaikan 1 meter jarak, nilai rata-rata redaman mengalami penurunan sebesar -0.671 atau semakin jauh jarak maka nilai pelemahan/redaman semakin besar. Disini pelemahan semakin bernilai negatif maka pelemahan semakin besar.

4.4 Hasil pengukuran nilai FSL



Gambar 4. 6 Grafik hasil pengukuran nilai FSL

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa nilai FSL pada frekuensi 490 KHz dan 544 KHz dari jarak 0.1 m sampai 12 m semakin besar yang didapatkan dari hasil pengukuran.

5. Kesimpulan

Berdasarkan percobaan dan pengukuran yang telah dilakukan dari skenario pengujian dengan beberapa parameter Vpp dan redaman dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perancangan dan realisasi sistem komunikasi radio AM telah berhasil dilakukan dengan beberapa parameter yang digunakan yaitu jarak, Vpp, dan redaman.



2. Pengukuran nilai redaman pada sistem komunikasi radio AM bisa dilakukan dengan menggunakan nilai  $V_{pp}$  Tx dan  $V_{pp}$  Rx.
3. Hasil pengukuran nilai  $V_{pp}$  yang diterima di *receiver* sudah sesuai teori bahwa semakin jauh jarak tempuh sinyal atau jarak antara transmitter dengan receiver maka nilai  $V_{pp}$  akan semakin kecil. Pada frekuensi 490 KHz didapatkan nilai 2.32 volt di jarak 0,1 m dan 1.22 volt di jarak 12 m. Pada frekuensi 544 KHz didapatkan nilai 2.12 volt di jarak 0,1 m dan 0.55 volt di jarak 12 m untuk titik pengukuran di *out receiver*. Sedangkan untuk titik pengukuran di antena *receiver* pada frekuensi 490KHz didapatkan nilai 1,37 volt di jarak 0,1 m dan 1,14 volt di jarak 12 m. Pada frekuensi 544 KHz didapatkan nilai 1.26 volt di jarak 0,1 m dan 0.45 volt di jarak 12 m.
4. Hasil pengukuran persentase redaman pada saat proses pentransmision sudah sesuai teori bahwa semakin jauh jarak tempuh sinyal atau jarak antara transmitter dengan receiver maka redaman yang terjadi akan semakin besar.pada frekuensi 490 KHz didapat persentase sebesar -416% (14,24 dB terjadi penguatan) dijarak 0.1 m dan 48%(-5,73 dB terjadi redaman) di jarak 12 m. pada frekuensi 544 KHz didapat persentae sebesar -31%(2,33 dB terjadi penguatan) di jarak 0.1 m dan 77%(-12,79 dB terjadi redaman) dijarak 12 m untuk titik pengukuran di *out receiver*. Sedangkan untuk titik pengukuran di antena *receiver* pada frekuensi 490 KHz didapatkan nilai redaman sebesar -4,80 dB(terjadi redaman) di jarak 0,1 m dan -6,30 dB(terjadi redaman) di jarak 12 m. Pada frekuensi 544 KHz didapatkan nilai redaman sebesar -5,78 dB(terjadi redaman) di jarak 0,1 m dan -14,52 dB(terjadi redaman) di jarak 12m.
5. Hasil analisis dari frekuensi 490Khz dan 544Khz diketahui bahwa lebih besar frekuensi nilai FSLnya juga semakin besar dengan jarak ukur yang sama, bisa dikatakan bahwa semakin besar frekuensi nilai redaman juga semakin besar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Kaushal and G. Kaddoum, "Underwater Optical Wireless Communication," *IEEE Access*, vol. 4, pp. 1518–1547, 2016.
- [2] B. F. Bush, V. K. Tripp, and K. Naishadham, "Practical modeling of radio wave propagation in shallow seawater," *IEEE Antennas Propag. Soc. AP-S Int. Symp.*, pp. 7–8, 2012.
- [3] Y. Taniguchi, "Experimental evaluation of a WiFi device in an undersea environment," *Proc. - AIMS 2015, 3rd Int. Conf. Artif. Intell. Model. Simul.*, pp. 408–411, 2016.
- [4] H. Lehpamer, *Microwave Transmission Networks: Planning, Design, and Deployment Second Edition*, 2nd ed., vol. 53, no. 9. The McGraw-Hill Companies, 2010.
- [5] L. Alberto and W. Indra, "Communication networks: fundamental concepts and key architectures," *Mc GrawHill*, p. 900, 2000.
- [6] O. A. A. Gandaatmaja Ridhwan Prawira Surya, Hambali Akhmad, "Analisis Simulasi Performansi Modulasi Direct Dan Eksternal Pada Jaringan FttH Dengan Gigabit Passive Optical Network (Gpon)," *e-Proceeding Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 138–145, 2014.
- [7] P. Wardkein, S. Srisook, and K. Kittipute, "AM transceiver based on forced oscillator by using multi-time analysis," no. 3, pp. 193–197, 2015.
- [8] I. Made, S. Wiryawan, Y. S. Rohmah, and A. D. Pambudi, "Perancangan Simulator Modulasi Dan Demodulasi Am Menggunakan Labview Design of Modulation and Demodulation Am Simulator Using Labview," *-Proceeding Appl. Sci. Agustus*, vol. 1, no. 2, pp. 1349–1358, 2015.

- [9] Simon Haykin, *Communication Systems 4th Edition*, 4th ed. New York: John Wiley & Sons, Inc, 2001.
- [10] F. Generator, "XR-2206," no. 510, pp. 1–16, 2000.
- [11] K. Radio, L. Mubarakah, and A. K. Nirkabel, "Karakteristik Redaman dan Shadowing dalam," vol. 4, no. 1, 2015.
- [12] N. Lizelwati, "RESONANSI PADA RANGKAIAN RLC," *J. Saintek*, vol. 3, no. 1, pp. 90–95, 2011.
- [13] J. B. Dwiyono, "Satuan deciBel ( dB )," no. 2, pp. 1–12, 2020.
- [14] N. Mufid and P. N. Jakarta, "Analisis Link Budget Pada Antena Radio Gelombang Mikro Analisis Link Budget Pada Antena Radio," no. March, pp. 0–10, 2019.

## LAMPIRAN

## A. Tabel data

- Titik pengukuran di *out receiver*

Jarak(m)	frek tx	frek rx	vpp tx	vpp rx	persentase redaman	redaman db	FSL(dB)
0.1	454khz	454khz	0.45	2.32	-416%	14.2455	-54.4089
0.2	454khz	454khz	2.14	1.72	20%	-1.8977	-48.3883
0.2	454khz	454khz	2.15	1.68	22%	-2.1426	-44.8665
0.4	454khz	454khz	2.14	1.64	23%	-2.3114	-42.3677
0.5	454khz	454khz	2.17	1.64	24%	-2.4323	-40.4295
1	454khz	454khz	2.14	1.64	23%	-2.3114	-34.4089
3	454khz	454khz	2.17	1.64	24%	-2.4323	-24.8665
5	454khz	454khz	1.9	1.56	18%	-1.7126	-20.4295
10	454khz	454khz	2.36	1.22	48%	-5.7310	-14.4089
12	454khz	454khz	2.36	1.22	48%	-5.7310	-12.8253

jarak	frek tx	frek rx	vpp tx	vpp rx	persentase redaman	redaman db	FSL(dB)
0.1	500khz	500khz	1.62	2.12	-31%	2.3364	-53.5706
0.2	500khz	500khz	2.26	2.16	4%	0.3931	-47.55
0.3	500khz	505khz	2.27	1.92	15%	-1.4545	-44.0282
0.4	500khz	500khz	2.24	1.36	39%	-4.3342	-41.5294
0.5	500khz	500khz	1.65	1.32	20%	-1.9382	-39.5912
1	500khz	500khz	2.02	1.36	33%	-3.4362	-33.5706
3	500khz	500khz	2	1.36	32%	-3.3498	-24.0282
5	500khz	500khz	2	1.34	33%	-3.4785	-19.5912
10	500khz	500khz	2.44	0.68	72%	-11.0976	-13.5706
12	500khz	500khz	2.4	0.55	77%	-12.7970	-11.987

- Titik pengukuran di antenna *receiver*

Jarak	Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 3		Percobaan 4		Percobaan 5	
	Vpp Tx	Vpp Rx	Vpp Tx	Vpp Rx	Vpp Tx	Vpp Rx	Vpp Tx	Vpp Rx	Vpp Tx	Vpp Rx
0.1 m	2.4	1.38	2.36	1.38	2.38	1.36	2.38	1.36	2.36	1.36
0.2 m	2.4	1.28	2.38	1.34	2.38	1.3	2.38	1.3	2.38	1.3
0.3 m	2.36	1.26	2.38	1.26	2.38	1.28	2.36	1.28	2.38	1.26
0.4 m	2.38	1.26	2.38	1.26	2.38	1.26	2.4	1.28	2.38	1.26
0.5 m	2.38	1.26	2.36	1.24	2.4	1.24	2.4	1.24	2.38	1.24
1 m	2.36	1.24	2.36	1.22	2.4	1.24	2.4	1.24	2.4	1.24
3 m	2.38	1.24	2.36	1.22	2.38	1.24	2.36	1.22	2.38	1.22
5 m	2.36	1.2	2.36	1.2	2.38	1.2	2.38	1.22	2.38	1.2

<b>10 m</b>	2.36	1.18	2.36	1.18	2.38	1.16	2.36	1.16	2.36	1.18
<b>12 m</b>	2.36	1.16	2.36	1.14	2.36	1.14	2.38	1.14	2.36	1.14

Jarak	Redaman per 1(dB)	Redaman per 2(dB)	Redaman per 3(dB)	Redaman per 4dB)	Redaman per 5(dB)	Rata-rata redaman
0.1 m	-4.81	-4.66	-4.86	-4.86	-4.79	-4.80
0.2 m	-5.46	-4.99	-5.25	-5.25	-5.25	-5.24
0.3 m	-5.45	-5.52	-5.39	-5.31	-5.52	-5.44
0.4 m	-5.52	-5.52	-5.52	-5.46	-5.52	-5.51
0.5 m	-5.52	-5.59	-5.74	-5.74	-5.66	-5.65
1 m	-5.59	-5.73	-5.74	-5.74	-5.74	-5.71
3 m	-5.66	-5.73	-5.66	-5.73	-5.80	-5.72
5 m	-5.87	-5.87	-5.95	-5.80	-5.95	-5.89
10 m	-6.02	-6.02	-6.24	-6.17	-6.02	-6.09
12 m	-6.17	-6.32	-6.32	-6.39	-6.32	-6.30