

PENINGKATAN MEDIA PEMBELAJARAN MODULASI AM BERBASIS *HARDWARE* SDR DAN *SOFTWARE* GNU RADIO GUNA MENDUKUNG MATA KULIAH *TRANSCIEVER* DI POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA

Mario Ginola¹, M Andra Adityawarman², Ade Irfansyah³

^{1,2,3})Politeknik Penerbangan Surabaya Jl. Jemur Andayani I/73, Surabaya 60236

Email: marioginolamx@gmail.com

Abstrak

Salah satu perkembangan teknologi komunikasi radio adalah *Software-Defined Radio* (SDR). SDR mengubah sistem elektronik untuk berbagai aplikasi termasuk komunikasi, pemrosesan data, dan pemrosesan sinyal dengan membuat radio lebih fleksibel dalam fungsi dan konfigurasi karena berbasis perangkat lunak. Penelitian dilakukan dengan menguji desain *transmitter* radio AM berbasis SDR menggunakan *hardware* HackRF One dibantu *software* GNU Radio sebagai aplikasi pengolah sinyal. Penelitian ini bertujuan untuk membuat media pembelajaran modulasi AM pada mata kuliah *Transceiver* di Program Studi Teknik Navigasi Udara Politeknik Penerbangan Surabaya. Desain *transmitter* radio AM berbasis SDR menggunakan HackRF One berfungsi dengan baik. Sinyal yang dihasilkan oleh GNU Radio dapat *decode* dan diproses dengan benar oleh HackRF One dan ia mampu memancarkan frekuensi sesuai dengan yang diset pada GNU Radio, hal ini dibuktikan oleh frekuensi yang muncul pada *Spectrum Analyzer*. Hal ini juga dikonfirmasi oleh indeks modulasi yang baik yang diperoleh dalam perhitungan setelah melihat *Time Sink* dalam GNU Radio. Dengan media pembelajaran ini, taruna dapat mempraktikkan proses modulasi AM secara efektif dan efisien serta lebih mudah memahami materi pembelajaran. Penggunaan HackRF One memberikan fleksibilitas dalam pengembangan dan pengoperasiannya.

Kata kunci: Modulasi AM, GNU Radio, *Software Defined Radio*, Indeks Modulasi

Abstract

One of the developments in radio communication technology is Software-Defined Radio (SDR). SDR transforms systems for a wide range of applications including communications, data communications and signaling made by making radios more flexible in function and configuration as they are software based. The research was conducted by testing the design of an SDR-based AM radio transmitter using the hardware HackRF One with the help of GNU Radio software as a signal processing application. This study aims to create AM modulation learning media in the Transceiver course at the Air Navigation Engineering Study Program of the Aviation Polytechnic of Surabaya. SDR based AM radio transmitter design using HackRF One works well. The signal generated by GNU Radio can be decoded and processed correctly by HackRF One and it is able to transmit the frequency according to that set on GNU Radio, this is evidenced by the frequency that appears on the Spectrum Analyzer. This is also confirmed by the good modulation index obtained in the calculations after viewing the Time Sink in GNU Radio. With this learning media, cadets can practice the AM modulation process effectively and efficiently and more easily understand the learning material. The use of HackRF One provides flexibility in its development and operation.

Keywords: AM Modulation, GNU Radio, Software Defined Radio, Modulation Index

PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya zaman, maka banyak Media pembelajaran dan teknologi terkait juga berkembang pesat, mengubah aspek kehidupan kita, tetapi tidak semuanya berdampak positif. Selain itu, Skrtawi (1995) menyatakan bahwa: Program Studi Teknik Navigasi Udara Politeknik Penerbangan Surabaya yang sangat erat hubungannya dengan dunia telekomunikasi dan informasi, senantiasa dituntut bisa memberikan bekal yang mumpuni kepada para lulusannya agar dapat memberikan kontribusi dan memiliki kualitas yang mumpuni untuk menghadapi dunia kerja. Oleh karena itu pendidikan di perguruan tinggi dituntut agar menjalankan sistem pendidikan yang aktif dan kreatif sehingga mampu menghasilkan lulusan yang berkompeten di bidangnya.

Salah satu mata kuliah yang ada di Program Studi Teknik Navigasi Udara Politeknik Penerbangan Surabaya untuk memenuhi kompetensi kebutuhan di dunia telekomunikasi, yang termuat dalam pedoman Program Studi Teknik Navigasi Udara Politeknik Penerbangan Surabaya ialah mata kuliah *Transceiver*. Penggunaan media pembelajaran yang sesuai dan lebih interaktif pada materi dasar *Transceiver* diharapkan mampu meningkatkan pemahaman dan motivasi belajar taruna secara mandiri khususnya pada materi modulasi sinyal AM yang terdapat di semua peralatan komunikasi penerbangan yang memancarkan sinyal.

Seperti penelitian yang telah dilakukan oleh [1] bahwa para siswa lebih puas dengan kerangka kerja GNU Radio dan RTL-SDR merk Hack RF dalam pembelajaran pemrosesan sinyal daripada hanya menggunakan lingkungan berbasis persamaan tradisional seperti Matlab,

mengingat pada penelitian tersebut, sebelumnya siswa kehilangan minat untuk belajar mata pelajaran tersebut karena tujuan dari pembelajaran tidak ditekankan sebelumnya diterapkannya metode ini. Selain itu, skor mereka dalam ujian juga bagus.

Sinyal tidak dapat dicapai secara fisik oleh indera manusia, sehingga diperlukan representasi grafis untuk memahaminya. Salah satu cara untuk memahami mekanisme sinyal AM adalah dengan memahami fisika sinyal AM. Sinyal AM mengandung rumus matematika yang kompleks, sehingga sulit untuk memahami karakteristik sinyal. Sifat-sifat sinyal AM yang dihasilkan dapat dijelaskan secara manual dengan mengikuti prosedur menggambar grafik yang dipelajari di kelas matematika umum. Namun untuk sebuah gelombang, yang merupakan representasi dari fungsi yang kompleks, tentu saja sulit untuk dipahami dan digambarkan. Bahkan dengan ketekunan, itu masih membutuhkan waktu. [2] Ini membutuhkan bahasa pemrograman yang mudah dipahami untuk membantu menggambar bentuk gelombang yang diinginkan. Salah satu software yang mendukung hal ini adalah GNU Radio. Merujuk pada penelitian tersebut dan juga demi menunjang adanya praktikum pada Mata Kuliah *Transceiver* di semester selanjutnya, maka seharusnya taruna mulai diperkenalkan dengan rangkaian simulasi yang berkaitan dengan Mata Kuliah *Transceiver* yaitu rangkaian *transmitter* dan *receiver* modulasi AM. Pada penelitian ini penulis mengangkat judul **“Pengembangan Media Pembelajaran Modulasi AM Berbasis Hardware (SDR) dan Software GNU Radio untuk Menunjang Mata kuliah *Transceiver* di Politeknik Penerbangan Surabaya”**

dengan melakukan beberapa pengembangan di dalamnya di mana media pembelajaran ini memperkenalkan *software* yang akan dikemas melalui media pembelajaran berbasis GNU Radio dibantu dengan *hardware* SDR yang dalam penelitian ini menggunakan tipe HackRF One, sehingga diharapkan taruna bisa mensimulasikan pembentukan sinyal termodulasi AM dari proses pembentukannya hingga dipancarkan, mendapatkan dan memahami indeks modulasi AM, pembelajaran dapat berjalan lebih efektif, dapat meningkatkan motivasi belajar para taruna, dan diharapkan mampu memahami dan mengoperasikan dengan baik peralatan telekomunikasi dan navigasi yang selalu bekerja dengan prinsip modulasi AM di lokasi *On the Job Training* ataupun di dunia kerja nantinya.

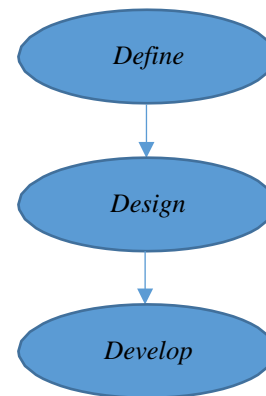
Media pembelajaran interaktif yang digunakan adalah berupa *hardware* PC dan HackRF One yang digunakan dengan pengguna media tersebut seperti mengubah variabel nilai frekuensi pancaran sinyal yang diinginkan atau mensimulasikan rangkaian tersebut sesuai fungsinya menggunakan bantuan *software* GNU Radio.

PC sebagai pemrosesan *transmitter* menggunakan Aplikasi GNU Radio yang sudah terinstall. Dalam PC blok diagram *transmitter* dirangkai pada GNU Radio untuk selanjutnya sinyal dibangkitkan, diproses, dimodulasi dan dipancarkan melalui HackRF One.

METODE

Kajian yang diterapkan pada penelitian ini merupakan kegiatan yang bersifat simulasi, yaitu tentang perancangan perangkat lunak SDR untuk memprogram HackRF One yang nantinya akan difungsikan sebagai pemancar

radio AM, juga membuat modul pemancar radio AM berbasis SDR dalam hal ini HackRF One. Adapun metode *research and development* yang digunakan pada proyek ini dengan model pengembangan 4D, namun dalam proyek ini peneliti hanya menggunakan 3 dari 4 langkah tersebut, yang meliputi: *Define* (Pendefinisian), *Design* (Perancangan), dan *Develop* (Pengembangan).



Gambar 1 Urutan Metode 4D

Define

a. *Front-end Analysis* (Analisis Awal)

Analisis awal dilakukan untuk mengidentifikasi dan menentukan dasar permasalahan yang dihadapi dalam proses pembelajaran sehingga melatarbelakangi perlunya pengembangan [3].

b. Analisis Siswa

Analisis siswa adalah kegiatan yang mengidentifikasi karakteristik siswa untuk siapa perangkat pembelajaran dikembangkan. Karakteristik masalah berkaitan dengan keterampilan sekolah, perkembangan kognitif, motivasi, dan kemampuan individu yang berkaitan dengan topik pembelajaran, media, format, dan Bahasa.

c. Analisis Tugas

Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengidentifikasi keterampilan yang telah dipelajari peneliti, menganalisisnya, dan menganalisis keterampilan tambahan yang mungkin diperlukan [3]. Mampu memenuhi persyaratan minimal.

d. Analisis Konsep

Dalam analisis konsep, konsep-konsep utama yang akan diajarkan diidentifikasi dan dikelompokkan secara hierarkis, dengan setiap konsep dipecah menjadi fakta-fakta penting dan tidak relevan [3]. Analisis konsep tidak hanya menganalisis konsep yang akan diajarkan, tetapi juga mengurutkan langkah-langkah yang harus dilakukan secara wajar.

Design

a. *Constructing Criterion-Referenced Test* (Penyusunan Standar Tes)

Penyusunan standar tes adalah langkah yang menghubungkan tahap definisi dengan tahap perancangan. Penyusunan standar tes didasarkan pada hasil analisis spesifikasi tujuan pembelajaran dan analisis peserta didik. Dari hal ini disusun kisi-kisi tes hasil belajar. Tes disesuaikan dengan kemampuan kognitif peserta didik dan penskoran hasil tes menggunakan panduan evaluasi yang memuat panduan penskoran dan kunci jawaban soal.

b. Format Selection (Pemilihan Format)

Pemilihan format dalam pengembangan perangkat pembelajaran bertujuan untuk merumuskan rancangan media pembelajaran, pemilihan strategi,

pendekatan, metode, dan sumber pembelajaran.

c. *Initial Design (Rancangan Awal)*

[3] menyebut bahwa rancangan awal adalah keseluruhan rancangan perangkat pembelajaran yang harus dikerjakan sebelum uji coba dilakukan. Rancangan ini meliputi berbagai aktifitas pembelajaran yang terstruktur dan praktik kemampuan pembelajaran yang berbeda melalui praktik mengajar (*Microteaching*).

Develop

a. Expert Appraisal (Penilaian Ahli)

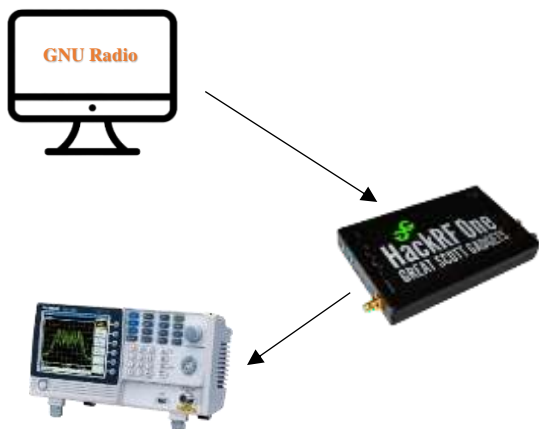
Expert appraisal merupakan teknik untuk mendapatkan saran perbaikan materi [3]. Dengan melakukan penilaian oleh ahli dan mendapatkan saran perbaikan perangkat pembelajaran yang selanjutnya dikembangkan dan direvisi sesuai saran dari ahli. Penilaian ahli diharapkan membuat media pembelajaran lebih tepat, efisien, efektif, teruji, dan memiliki teknik yang tinggi.

b. *Delopmental Testing* (Uji Coba Pengembangan)

Uji coba pengembangan dilakukan untuk mendapatkan masukan langsung berupa respon, reaksi, maupun komentar dari taruna dan para pengamat atas media pembelajaran yang sudah disusun. Uji coba dan revisi dilakukan berulang kali dengan tujuan memperoleh media pembelajaran yang efektif dan konsisten.

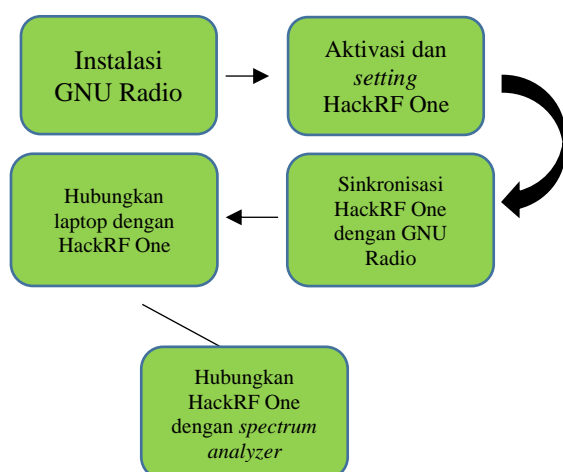
Desain Penelitian

Implementasi penelitian ini dijalankan pada Windows 11 dan menggunakan Aplikasi GNU Radio yang berbasis pemrograman python.



Gambar 2 Desain Penyusunan Alat

Rangkaian blok diagram *transmitter* disusun pada Aplikasi GNU Radiodi di laptop. Sinyal audio dan *carrier* dibangkitkan dan diproses di GNU Radio. HackRF One akan menerjemahkan sinyal yang dihasilkan oleh GNU Radio untuk dapat dipancarkan. Setelah diterjemahkan oleh HackRF One, sinyal dipancarkan dan dimasukkan ke *spectrum analyzer* untuk melihat pembuktian frekuensi yang terpancarkan.



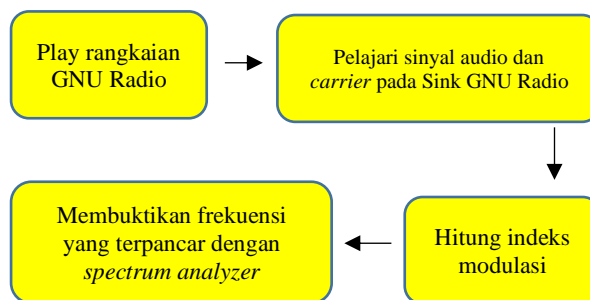
Gambar 3 Flowchart Perakitan Alat

Cara Kerja Instrumen

Membuka file *transmitter* yang telah dirangkai pada GNU Radio, dalam proyek ini peneliti sudah menamai file yang dipakai dengan “AM Modulator”.

Lalu simulasi dimulai dengan memberi input audio dan *carrier* dari osilator di dalam GNU Radio. Sinyal-sinyal tersebut diproses di blok diagram *transmitter* pada GNU Radio yang telah terintegrasi dengan HackRF One. Klik icon “play” pada GNU Radio untuk memulai simulasi.

Frekuensi yang digunakan adalah frekuensi VHF (*Very High Frequency*) dari 30 MHz-300 MHz.



Gambar 3 Flowchart Cara Kerja Alat

Melalui Time Sink pada GNU Radio, taruna mengamati bentuk sinyal yang muncul dari proses modulasi yang terjadi. Taruna melihat dan menghitung V_{max} dan V_{min} sinyal yang muncul untuk mendapatkan indeks modulasi. Berikut rumus indeks modulasi.

$$m = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{max} + V_{min}}$$

dengan: m = modulasi

V_{max} = Tegangan maksimal

V_{min} = Tegangan minimal

Kondisi ideal adalah ketika V_m sama dengan V_c dan m sama dengan 1.

Untuk membuktikan bahwa HackRF memancarkan frekuensi sesuai dengan frekuensi yang distel pada GNU Radio, maka kita mengecek pada display monitor alat *spectrum analyzer*, apakah gelombang

frekuensi pada *spectrum analyzer* sama atau tidak dengan frekuensi yang distel pada GNU Radio.

Komponen Instrumen

Perangkat Keras (*Hardware*)

1. HackRF One
2. PC
3. *Spectrum Analyzer*

Perangkat Lunak (*Software*)

1. Windows 11
2. GNU Radio
3. Driver HackRF One

HASIL DAN PEMBAHASAN

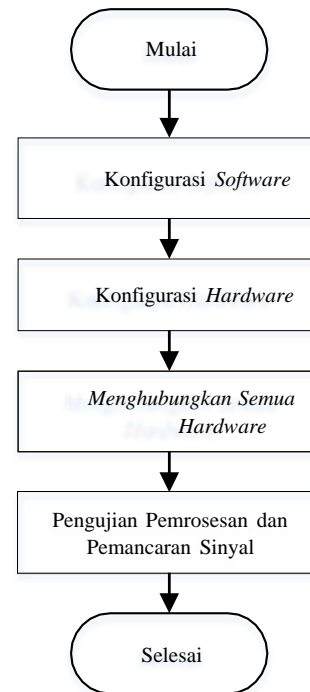
Define

Media pembelajaran modulasi AM yang peneliti rancang ialah media pembelajaran berbasis *software* dan minim sekali kebutuhan *hardware* nya. Semua proses pembentukan sinyal dilakukan di rangkaian yang tersusun pada GNU Radio, hal inilah yang meminimalisir kebutuhan *hardware* pada modul. Adapun *hardware* yang diaplikasikan ialah hanya laptop dan HackRF One. *Spectrum analyzer* hanya bertindak sebagai media penampil visual frekuensi yang terpancarkan.

Media pembelajaran ini dapat lebih efisien dibawa kemana mana dan dengan sifatnya yang berbasis *software* akan dapat menciptakan proses pembelajaran yang lebih efektif.

Design

Setelah *hardware* dan *software* selesai dipersiapkan, maka langkah selanjutnya adalah menghubungkan *hardware-hardware* yang sudah siap. Semua *hardware* dihubungkan secara serial. Berikut alur perancangan media pembelajaran.



Gambar 5 Flowchart Pendesainan Alat

Pada tahap penghubungan semua *hardware*, dilakukan penghubungan secara serial pada port-port yang tersedia di setiap komponen. Berikut susunannya.



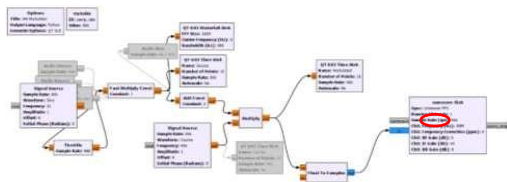
Gambar 6 Detail Penyusunan Peralatan

Laptop yang sudah terinstal GNU Radio dihubungkan dengan dongle HackRF One menggunakan kabel micro USB melalui port USB (input) pada laptop. Pada sisi port output HackRF One menggunakan kabel coaxial lalu HackRF One dihubungkan menggunakan kabel coaxial juga ke *spectrum analyzer* sebagai frekuensi terpancarkan.

Develop Pengujian

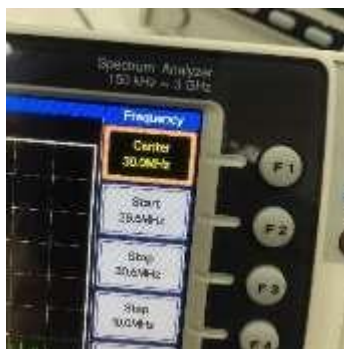
Sebelum melakukan praktikum, alat yang dirancang ini memerlukan ujiterlebih dahulu untuk melihat apakah peralatan benar-benar bekerja. Pertama tama ialah mengecek pancaran yang dihasilkan GNU Radio dan HackRF menggunakan *spectrum analyzer* untuk mengetahui apakah benar ada sinyal yang dipancarkan. Dalam hal ini percobaan dilakukan menggunakan frekuensi VHF.

1. Mengatur frekuensi pancaran HackRF ke frekuensi 30 MHz.



Gambar 7 Transmitter GNU Radio dengan frekuensi 30 MHz

2. Set frekuensi center pada Spectrum Analyzer pada 30 MHz juga sesuai dengan pancaran HackRF. Diletakkan pada center agar frekuensi yang diinginkan dapat terlihat jelas di tengah.



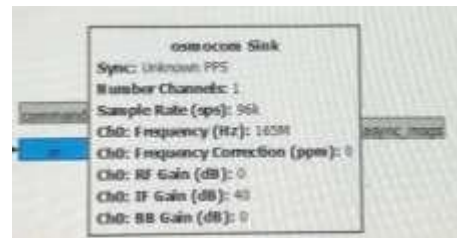
Gambar 8 Frekuensi 30 MHz pada *Spectrum Analyzer*

3. Sinyal yang keluar terlihat jelas sebesar 30 MHz.



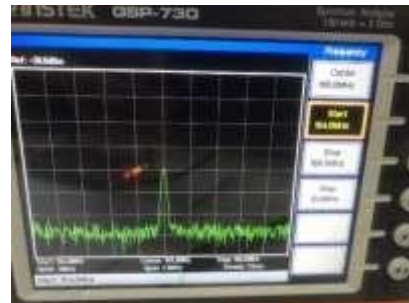
Gambar 9 Frekuensi 30 MHz ditunjukkan *Spectrum Analyzer*

4. Lalu mencoba lagi pada frekuensi tengah VHF yaitu 165 MHz. Dengan step-step yang sama dengan percobaan sebelumnya, namun kali ini semua setting frekuensi diubah ke 165 MHz.



Gambar 10 Mengatur 165 MHz pada GNU Radio

5. Sinyal yang ditunjukkan oleh Spectrum Analyzer pada Center Frequency juga sama, yaitu 165 MHz.



Gambar 11 Frekuensi 165 MHz ditunjukkan *Spectrum Analyzer*

Pengujian Ke Osiloskop

Sebelumnya, melepas sambungan kabel coaxial dari *spectrum analyzer* dan diganti ke osiloskop.

1. Frekuensi 30 MHz



Gambar 12 Frekuensi tidak beraturan pada Osiloskop

2. Bentuk gelombang yang ditampilkan oleh osiloskop dari proses GNU Radio berubah-ubah, frekuensi yang dihasilkan beracak acak dan tidak sesuai dengan frekuensi yang distel pada GNU Radio yaitu 30 MHz.



Gambar 13 Sinyal yang Ditampilkan oleh Time Sink GNU Radio

Mencari Indeks Modulasi

Dari sinyal termodulasi yang ditampilkan pada sink carrier, kita dapat menghitung indeks modulasi melalui amplitudo maksimal dan amplitudo minimal yang dihasilkan, amplitudo ini kita misalkan sebagai v_{max} dan v_{min} pada rumus indeks modulasi, karena pada sink GNU Radio tidak menampilkan tegangan (*volt*).

Seperti yang diketahui, amplitudo maksimalnya adalah 12 dan amplitude minimalnya 4.

$$m = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{max} + V_{min}} \times 100\%$$

$$m = \frac{a_{max} - a_{min}}{a_{max} + a_{min}} \times 100\%$$

$$m = \frac{12 - 4}{12 + 4} \times 100\%$$

$$m = \frac{8}{16} \times 100\%$$

$$m = \frac{1}{2} \times 100\% = 0,5$$

Jadi indeks modulasi yang didapat dari perhitungan tersebut ialah sebesar 0,5. Yang mana hal ini menunjukkan bahwa amplitude sinyal source dan carrier yang diset menghasilkan indeks modulasi yang baik, karena indeks modulasi yang baik ialah $0 < m \ll 1$.

Amplitudo sinyal dapat diatur pada blok *signal source* sesuai keinginan sehingga nantinya akan didapatkan hasil indeks modulasi yang beragam, bergantung oleh nilai amplitude juga lah modulasi yang dihasilkan bisa *over modulation*, *under modulation*, ataupun *modulation* yang baik.

KUTIPAN DAN ACUAN

Jurnal rujukan yang pertama ialah milik Dian Faruqi Azid, dkk. (2015) dengan judul “Implementasi GNU RADIO dan GQRX untuk Decoding Sinyal Radio”. Sama seperti penelitian ini, peneliti juga menggunakan Aplikasi GNU Radio sebagai *software* dan juga RTL-SDR sebagai *hardware* yang membantu dalam prosesnya [4].

Senada dengan jurnal pertama, artikel milik Bambang Bagus H., dkk. (2019) dengan judul “Pengukuran Airband Frekuensi Menggunakan *Software-Defined Radio*”. Dalam penelitian ini peralatan yang dirancang menangkap sinyal APP menggunakan RTL-SDR dari Bandara Juanda untuk mengukur

frekuensi, merekam percakapan pilot dengan ATC, dan *tracking* pesawat [5].

Sejalan dengan artikel Ade Irfansyah, dkk. (2021) yang berjudul “Portable Aviation Navigation Calibration System Based On Raspberry Pi, HackRF One, and Software-Defined Radio Communication System” yang memakai HackRF One sebagai *transmitter* dan *receiver* dari data biner yang diproses oleh GNU Radio sebagai peralatan kalibrasi *portable* pengganti peralatan kalibrasi konvensional yang biasa digunakan [6].

PENUTUP

Kesimpulan

Rancangan media pembelajaran modulasi AM berbasis *Software Defined Radio* dan GNU Radio ini diharapkan dapat membantu dosen dalam penyampaian ilmu nya kepada para taruna, begitupun juga diharapkan dapat membantu taruna dalam proses pemahaman materi modulasi AM utamanya proses pembentukan sinyal hingga indeks modulasi melalui simulasi yang dilakukan pada media pembelajaran yang berbasis *software* yang diharapkan praktik dapat berjalan lebih efektif dan efisien.

Media pembelajaran yang dirancang berjalan dengan baik, komponen- komponen *hardware* pada rangkaian *transmitter* yang kini digantikan oleh rangkaian *transmitter* pada GNU Radio berjalan sesuai fungsi seharusnya. Hal ini juga didukung oleh HackRF One yang mampu mendecoding sinyal termodulasi untuk selanjutnya dipancarkan.

Saran

Dari rangkaian peralatan yang disusun, untuk ke depannya diharapkan mampu

menemukan permasalahan mengapa sinyal yang ditampilkan pada osiloskop tidak stabil dan bisa membuat sistem *receiver* dari media pembelajaran ini namun tetap menggunakan GNU Radio dan HackRF One untuk keefektifitasan dan keefisienan praktik.

Di mana nantinya hal ini tidak lagi hanya proses modulasi AM yang terjadi, namun lebih dari itu, yaitu media pembelajaran berupa simulasi radio.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Del Barrio A A, Manzano J P, Maroto V M, Villarín Á, Pagán J, Zapater M, Ayala J and Hermida R 2019 HackRF + GNU Radio: A software-defined radio to teach communication theory *Int. J. Electr. Eng. Educ.* 1–18
- [2] Khairunnisa K 2017 Analisis Dan Simulasi Spektrum Sinyal AM Dengan Menggunakan Matlab *J. ELTIKOM* 1 47–55
- [3] Kurniawan D, Dewi S V and Kerja L 2017 Seri Pendidikan ISSN 2476-9312 PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN DENGAN MEDIA SCREENCAST- O-MATIC MATA KULIAH KALKULUS 2 MENGGUNAKAN MODEL 4-D ISSN 2476-9312 *J. Siliwangi* 3
- [4] Azid D F, Rizal M F and Suchendra D R 2015 Implementasi Gnu Radio Dan Gqrx Untuk Decoding Sinyal Radio *e-Proceeding Appl. Sci.* 1
- [5] Harianto B B 2019 Pengukuran Airband Frekuensi Menggunakan Software Defined Radio *J. Teknol. Penerbangan* 3 24–30
- [6] Irfansyah A, Rifai M, Suprpto Y, Maharani M, Bagus B, Surabaya P P, Radio S D, Keying F S and Digital M 2021 PORTABLE AVIATION NAVIGATION CALIBRATION SYSTEM BASED ON RASPBERRY PI , HACK RF ONE , AND SOFTWARE 6 215–26

