

Magnetika

DESAIN RADIO TRANSCEIVER HF SDR BERBASIS RED PITAYA

¹Vivi Nur Cholidah, ²F. Yudi Limpraptono, ³ Sotyohadi
Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Malang, Kota Malang, Indonesia
¹vivinurcholidah@gmail.com, ²fyudil@lecturel.itn.ac.id, ³sotyohadi@lecturel.itn.ac.id

Abstrak— Perkembangan teknologi komunikasi radio saat ini semakin meningkat salah satu contohnya yaitu komunikasi radio berbasis Software Defined Radio (SDR). Teknologi SDR merupakan teknologi komunikasi yang dimana fungsi perangkat keras digantikan oleh perangkat lunak tanpa mengubah fungsinya. Pada saat ini perangkat SDR banyak dikembangkan dalam menjalankan sistem komunikasi High Frequency (HF) yang bekerja pada frekuensi 0 – 30 MHz dimana gelombang frekuensi ini merambat di lapisan ionosfer. Para komunitas radio amatir cenderung menggemari perangkat transceiver SDR karena beberapa keunggulan yang dimilikinya yaitu fleksibilitas tinggi, rentang frekuensi luas, kesederhanaan perangkat dan, low cost dikarenakan tidak memerlukan PC tambahan. Sistem transceiver HF SDR dikendalikan oleh Raspberry Pi versi 4 model B dengan aplikasi piHPSDR sebagai unit pemroses sinyal. Bagian utama dalam perangkat transceiver SDR adalah modul SDR Red Pitaya. Pada pengujian sistem jika PTT ditekan maka sinyal audio frekuensi akan terdeteksi pada perangkat transceiver SDR sehingga pada perangkat spectrum analyzer akan tampil grafik. Pengujian keakuratan frekuensi yang bekerja pada frekuensi 28 MHz dengan band 10 meter menghasilkan keakuratan yang tepat dan pengujian kualitas modulasi serta demodulasi pada mode USB dan LSB menghasilkan kualitas pemodulasian dan demodulasi yang baik.

Kata Kunci : *Software Defined Radio, Red Pitaya, High frequency, Transceiver.*

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada saat ini aktivitas komunikasi radio telah menjadi kebutuhan sehari-hari mulai dari perusahaan, kalangan pemerintah, sampai masyarakat. Perkembangan komunikasi radio dimulai pada abad ke-19 hingga saat ini masih bertahan dan berkembang. Komunikasi radio dapat diartikan sebagai teknik berkomunikasi secara terbuka, yang memungkinkan siapa saja untuk mendengarkan atau menerima pesan hanya dengan menyetel frekuensi yang sama. Oleh karena itu, data atau pesan harus dilindungi dengan menggunakan teknik enkripsi dan dekripsi. Faktanya, data yang Anda kirim terlebih dahulu dienkripsi, dan setelah diterima, penerima harus mendekripsinya menggunakan kata kunci yang disepakati [1].

Komunikasi data nirkabel adalah jenis teknologi packet-switched yang mentransmisikan data digital melalui radio atau jaringan komunikasi nirkabel. Jaringan radio paket adalah alternatif paling ekonomis untuk konektivitas Internet. Jaringan ini menggunakan gelombang radio sebagai pengganti sambungan telepon, sehingga mengurangi biaya telepon. Peralatan yang dibutuhkan relatif murah, dan tidak ada biaya sambungan atau kabel, sehingga jarak yang jauh tidak menjadi masalah. Kemungkinan penerapan komunikasi nirkabel sangat banyak dan terus berkembang [2]. Salah satu pemanfaatan dan perkembangan dari teknologi komunikasi radio adalah Software Defined Radio.

Software Defined Radio (SDR) merupakan sistem komunikasi nirkabel yang menggantikan komponen perangkat keras dengan perangkat lunak tanpa mengubah fungsinya [3]. Sinyal analog masukan diubah menjadi sinyal digital menggunakan konverter analog-ke-digital (ADC), kemudian didemodulasi menggunakan perangkat lunak yang berjalan pada inti pemrosesan. Di sisi pemancar sinyal digital yang diproses diubah menjadi sinyal analog menggunakan konverter digital-ke-analog (DAC) dan ditransmisikan setelah modulasi [4]. Komunikasi SDR memiliki keuntungan penting di bidang militer dan layanan telepon seluler karena dapat terus beradaptasi secara real-time [3]. Saat ini perangkat SDR telah banyak dikembangkan seperti menjalankan sistem komunikasi digital High Frequency (HF). Sistem komunikasi HF menggunakan gelombang radio yang merambat dalam rentang frekuensi operasi 3 hingga 30 MHz dan oleh karena itu sangat bergantung pada kondisi ionosfer, waktu, dan musim [5].

Perangkat radio transceiver HF berbasis SDR memiliki beberapa aspek kinerja yang sangat baik seperti fleksibilitas tinggi, kecepatan pemrosesan pengiriman sinyal digital (DSP), rentang frekuensi luas, efisiensi energi (konsumsi daya yang rendah), sensitivitas dalam mendeteksi sinyal dan daya tangkap sinyal yang tinggi. Dari berbagai keunggulan Perangkat transceiver SDR sangat populer di kalangan amatir

radio, namun bagi kebanyakan orang, perangkat transceiver radio berbasis SDR mungkin tampak rumit dan sulit untuk digunakan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk merancang dan membuat prototipe transceiver nirkabel berbasis SDR Red Pitaya dengan pengontrol utama Raspberry Pi agar dapat menciptakan radio transceiver SDR yang praktis, mudah dioperasikan dan low cost dikarenakan tidak memerlukan PC tambahan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang pembahasan di atas, penulis menemukan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang dan membuat prototipe transceiver radio RF SDR yang mudah digunakan dan sederhana serta mudah dibawa dan dipindahkan?
2. Bagaimana kinerja dari sistem radio transceiver HF SDR tersebut?

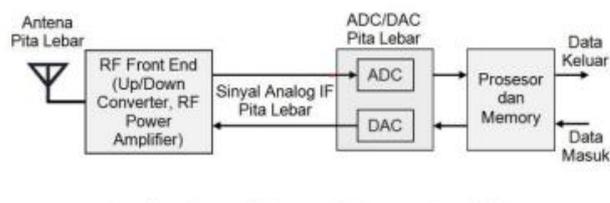
C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat sebuah prototipe radio transceiver HF berbasis SDR Red Pitaya secara sederhana, mudah dioperasikan dan low cost tanpa menggunakan PC tambahan dengan menggunakan pengendali utama Raspberry Pi versi 4.0 Mode B. Dengan desain yang sederhana diharapkan penelitian penulis dapat membantu pengguna untuk lebih mudah dalam pengoperasiannya.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Software defined Radio (SDR)

Software defined Radio (SDR) adalah istilah umum yang diberikan pada sistem yang menggunakan sebagian besar fungsi lapisan fisik menggunakan algoritma pemrosesan sinyal digital yang diimplementasikan dalam sistem tertanam dengan bantuan perangkat lunak tertentu. Dalam konteks ini, biasanya, tahapan analog, seperti pencampuran, amplifikasi, penyaringan, modulator/demodulator, dan penting untuk membuat sambungan radio nirkabel, diimplementasikan secara digital daripada menggunakan komponen perangkat keras analog diskrit. Sistem komunikasi radio ini terdiri dari berbagai komponen berbasis perangkat lunak yang dapat dikonfigurasi ulang untuk memproses dan mengubah sinyal digital. Berbeda dengan sistem komunikasi radio tradisional, perangkat radio ini sangat fleksibel, serbaguna, dan dapat dikonfigurasi [6]. Pada perangkat Software Defined Radio yang ideal terdiri dari perangkat keras yang sangat kecil pada front-end RF, yaitu hanya antenna dan sampler berkecepatan sangat tinggi yang mampu menangkap dan mendigitalkan sinyal radio pita lebar [7]. Arsitektur SDR yang ideal ditunjukkan pada Gambar 1.

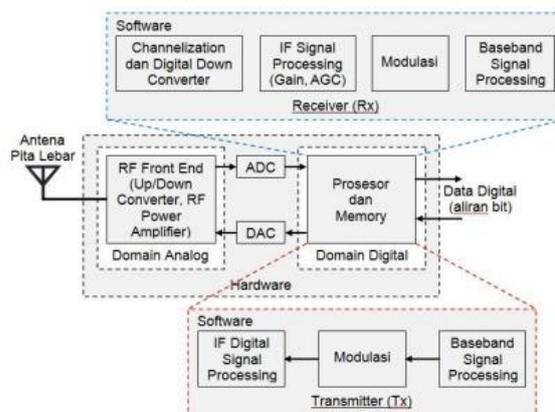


Gambar 1. Arsitektur SDR[8]

Meningkatkan sistem nirkabel yang hanya terdiri dari komponen terpisah biasanya berarti mengganti perangkat keras, sedangkan dengan menggunakan SDR, sistem tertentu dapat ditingkatkan tanpa biaya tambahan, sehingga menghasilkan solusi yang lebih hemat biaya [9]. Komunikasi radio berbasis SDR dapat menangani beberapa frekuensi atau beralih frekuensi dengan cepat dan dapat melihat konfigurasi spectrum.

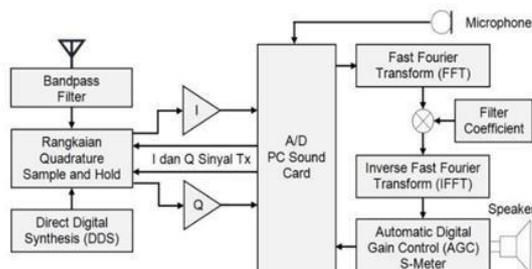
B. Transceiver SDR

Transceiver SDR merupakan perangkat yang menggabungkan fungsi Transmitter (Tx) dan Receiver (Rx) dalam satu unit dan memanfaatkan teknologi radio yang ditentukan perangkat lunak. Penggabungan dari Transmitter dan Receiver ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Arsitektur Transceiver SDR[8]

Komponen – komponen SDR dalam sistem radio biasanya terdiri dari filter, mixer, modulator, dan demodulator tetapi fungsinya digantikan oleh perangkat lunak. Pada Gambar 3 merupakan desain transceiver SDR yang dirancang dari berbagai kombinasi.



Gambar 3. Desain Transceiver SDR[8]

Berikut penjelasan Gambar 3. Desain transceiver SDR: Selama tahap penerimaan sinyal radio, frekuensi pembawa f_c yang diterima antenna melewati band pass filter (BPF) dan kemudian ke mixer paralel (quadrature mixer). Di mixer bawah, sinyal sinus osilator lokal DDS (sintesis digital langsung) dicampur dengan f_c . Sinyal campuran melewati low-pass filter (LPF) sebelum diubah oleh konverter analog-ke-digital (ADC). Output dari mixer atas menghasilkan sinyal sefasa $I(t)$, dan output dari mixer bawah menghasilkan sinyal kuadrat $Q(t)$. Sinyal I dan Q kemudian dialirkan ke kartu suara komputer pribadi (PC) untuk pemrosesan digital lebih lanjut menggunakan perangkat lunak SDR. Sinyal yang diproses dikeluarkan melalui output audio kartu suara PC Anda. Proses transmisi sinyal (pemancar) mengikuti prosedur sebaliknya [8].

Pada saat ini banyak penggemar radio amatir yang menggunakan dan mengembangkan transceiver berbasis Software Defined Radio (SDR). Salah satu contoh transceiver SDR yang populer adalah SDR Genesis, yang beroperasi pada pita frekuensi HF.. Pada umumnya transceiver SDR memakai rangkaian genesis pada front end dan pada back end memakai aplikasi berbasis window yaitu powersdr yang ditunjukkan pada Gambar 4, namun ada juga beberapa model front end SDR yang telah dikembangkan.



Gambar 4. Transceiver SDR Genesis

C. High Frequency

Sistem komunikasi frekuensi radio (RF) adalah sistem komunikasi yang beroperasi pada rentang frekuensi 3 hingga 30 MHz dan menggunakan ionosfer sebagai jalur propagasi gelombang radio. Karena kesederhanaannya dan biaya yang relatif murah, sistem ini banyak digunakan di sektor militer dan sipil [10]. Fading terjadi pada sistem komunikasi frekuensi tinggi karena banyaknya jalur propagasi yang menghasilkan sinyal yang amplitudo dan fasanya bervariasi. Hal ini tergantung pada waktu transit dan bandwidth sinyal yang ditransmisikan. [10].

Hingga tahun 1960-an, sebagian besar komunikasi antar samudra dilakukan menggunakan sistem radio HF, yang memanfaatkan refleksi di ionosfer. Teknologi ini, yang penemuannya dimulai pada tahun 1930-an, dianggap sebagai inovasi yang luar biasa. Sistem komunikasi ini menyediakan infrastruktur berbiaya rendah dan memiliki ketahanan tinggi dibandingkan dengan komunikasi satelit [11].

D. Red Pitaya SDR

Red Pitaya SDR merupakan produk yang menyediakan platform pengukuran dan prototipe berbasis FPGA yang dapat diatur melalui perangkat lunak. Red Pitaya dikenal sebagai proyek open source. Modul Pitaya Merah memiliki dua input RF 125MS/s dan dua output RF 125MS/s dengan bandwidth analog 50MHz dan dilengkapi konverter analog-ke-digital (ADC) 14-bit berkecepatan tinggi. Perangkat lunak Red Pitaya mencakup aplikasi Red Pitaya sebagai osiloskop, penganalisis spektrum, generator sinyal, dan transceiver SDR nirkabel pada pita frekuensi RF (0-30 MHz) [12]. Modul Red Pitaya ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Red Pitaya

Spesifikasi lengkap dari Modul Red Pitaya SDR ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Redpitaya [13]

Spesifikasi	Keterangan
Prosesor	Dual Core ARM Cortex A9
FPGA	Xilinx Zynq 7010 SoC
RAM	512 MB
RF Output	Channel : 2 Sample Rate 125 MS/s ADC Resolution : 14 bit Skala Penuh : ± 1 V Perubahan Tegangan : 2V/10 ns
RF Input	Channel : 2 Sample Rate 125 MS/s ADC Resolution : 14 bit Skala Penuh : ± 1 V, ± 20 V
Penyimpanan	Micro-SD sampai 32 GB
Konektor Daya	Micro-USB 5 Volt
Konsumsi Daya	7.5 Watt
Ethernet	1 Gigabit Ethernet
Lebar Memori	16.000 Samples

E. Raspberry Pi Versi 4

Raspberry Pi merupakan komputer papan tunggal yang dikembangkan oleh Raspberry Pi Foundation di Inggris. [14]. Raspberry Pi merupakan platform populer yang menyediakan server Linux lengkap dalam bentuk kecil dengan biaya sangat rendah. Raspberry Pi juga mendukung layanan antarmuka dan aktuator melalui pin I/O. Perangkat Raspberry Pi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Raspberry Pi

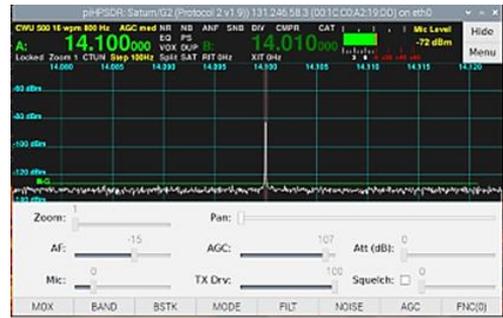
Dalam sistem radio transceiver HF-SDR yang dikembangkan, Raspberry Pi adalah unit pemrosesan sinyal dan kontrol sistem. Raspberry Pi yang digunakan adalah Raspberry Pi versi 4.0 Model B dengan sistem operasi Linux Bullseye 64-bit. Spesifikasi Raspberry Pi Versi 4 ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Raspberry Pi

Spesifikasi	Keterangan
Processor	Broadcom BCM2711, quad-core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit
Memori	1GB, 2GB, 4GB or 8GB LPDDR4
GPIO	Header GPIO 40-pin standar
Catu Daya	5V DC melalui konektor USB-C (minimal 3A1) 5V DC melalui header GPIO (minimal 3A1)
Suhu Pengoperasian	0 – 50°C lingkungan
Konektivitas	LAN nirkabel 2,4 GHz dan 5,0 GHz IEEE 802.11b/g/n/ac, Bluetooth
Port	2 × port mikro HDMI Port tampilan MIPI DSI 2 jalur Port kamera MIPI CSI 2 jalur Audio stereo 4 kutub dan port video komposit

F. Aplikasi piHPSDR

Aplikasi pengolah sinyal nirkabel SDR yang digunakan pada penelitian penulis adalah aplikasi open source piHPSDR. piHPSDR adalah program yang dapat mengatur transmisi data digital frekuensi radio (RF) antara perangkat keras nirkabel dan WDSP. Selain itu, digunakan tidak hanya untuk mengirimkan data audio (dari mikrofon atau headphone), tetapi juga untuk memproses sinyal input dari pengguna (baik menggunakan mouse/layar sentuh, keyboard, atau tombol eksternal). Aplikasi piHPSDR mampu menampilkan sinyal RF dalam bentuk grafis pada LCD monitor dalam bentuk spektrum maupun waterfall[15]. Aplikasi piHPSDR ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan piHPSDR

G. Soundcard USB

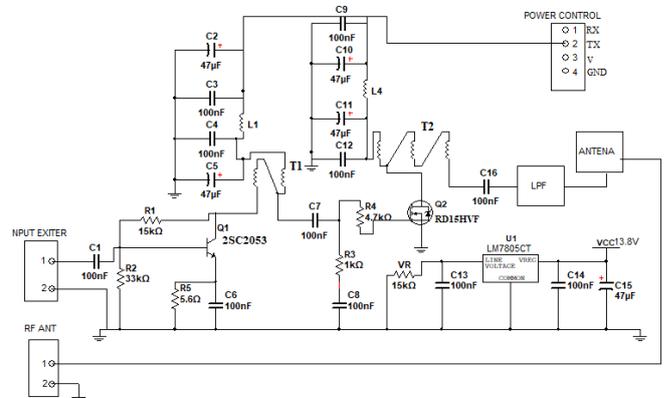
Sound card merupakan sebuah antarmuka pada komputer/laptop yang dapat digunakan sebagai analog-to-digital converter (ADC), sehingga data yang awalnya berupa tegangan dapat divisualisasikan melalui aplikasi di computer [16]. Pada penelitian penulis menggunakan soundcard USB yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Soundcard USB

H. RF Power Amplifier

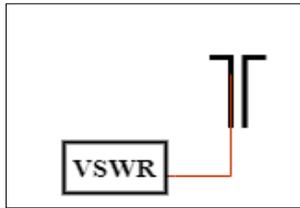
Penguat daya frekuensi radio adalah penguat akhir yang memperkuat sinyal pembawa termodulasi. Penguat RF digunakan untuk menyaring atau memfilter sinyal (sinyal harmonik dan sinyal lain yang dihasilkan oleh osilator). Selain sebagai sinyal utama, penguat RF juga berfungsi untuk memperkuat frekuensi pancaran.[17]. Penguat daya RF mencakup transistor, dan transformator sebagai rangkaian pencocokan keluaran. Perangkat RF Power Amplifier menggunakan penguat 2 tingkat dengan kelas A ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Desain RF Power Amplifier

I. Antena Open Dipole

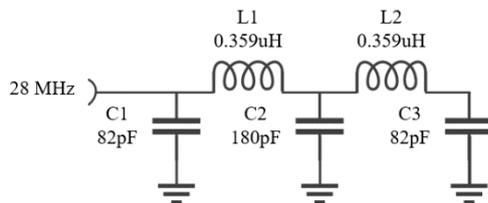
Antena merupakan komponen atau elemen penting dalam suatu rangkaian elektronika yang berguna untuk memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik. Cara kerja antena yaitu [18] Kelebihan jenis antena open dipole adalah pembuatannya yang mudah serta memiliki struktur yang sederhana dan berdimensi kecil. Diagram antena dipole ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Diagram Antena Dipole

J. Perangkat Low Pass Filter

Low pass filter merupakan rangkaian filter yang melewatkan rentang frekuensi yang kurang dari frekuensi cut off (f_c) dan menahan frekuensi yang lebih dari frekuensi cut off (f_c) [19]. Selain itu, Low Pass Filter digunakan untuk mempertahankan harmonisa frekuensi pertama atau frekuensi fundamentalnya. Pada penelitian penulis menggunakan low pass filter Tingkat 2 yang ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Desain Low Pass Filter

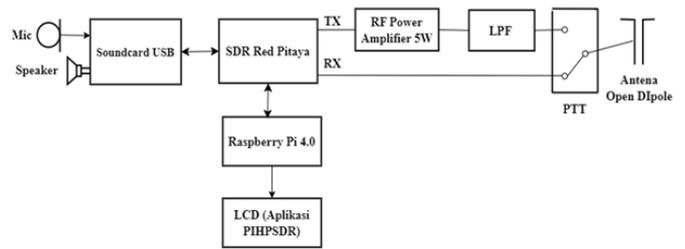
K. Push To Talk

Push To Talk (PTT) adalah sistem komunikasi setengah dupleks yang memungkinkan satu orang untuk berbicara kepada banyak orang dalam satu grup panggilan [20]. Mekanisme PTT yang digunakan dalam perangkat komunikasi radio dua arah. Prinsip kerja PTT adalah memungkinkan pengguna untuk menekan dan menahan sebuah tombol saat ingin berbicara, dan kemudian melepaskan tombol tersebut saat selesai berbicara.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

Perancangan desain sistem radio transceiver HF SDR berbasis Red Pitaya dapat dilihat pada Gambar 12. Sistem tersebut terdiri dari beberapa perangkat yaitu :



Gambar 12. Desain Sistem

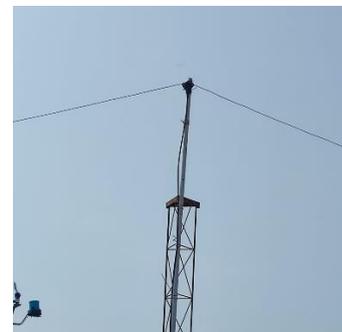
Berikut penjelasan dari perangkat berdasarkan Gambar 12 desain sistem yang tertera diatas :

1. Soundcard USB digunakan sebagai unit input output audio.
2. Modul SDR Red Pitaya digunakan sebagai modul utama dalam penelitian ini.
3. Raspberry Pi 4.0 digunakan sebagai unit pemroses sinyal dan pengendali sistem.
4. Aplikasi piHPSDR digunakan sebagai penampil spectrum sinyal yang terdeteksi dan perangkat yang terintegrasi dengan modul red pitaya.
5. RF Power Amplifier digunakan sebagai perangkat yang dirancang untuk memperkuat sinyal radio fekuensi, sehingga sinyal dapat diolah atau ditransmisikan lebih jauh.
6. Antena Open Dipole digunakan untuk mentransmisikan gelombang radio di udara.
7. Low Pass Filter (LPF) digunakan untuk menjaga harmonisa frekuensi pada sistem dengan menggunakan frekuensi fundamentalnya.
8. Push To Talk (PTT) digunakan untuk saklar pada sistem.

B. Perancangan Tiap Perangkat

Pada sistem radio transceiver HF SDR membutuhkan beberapa proses perancangan setiap – setiap perangkat. Berikut merupakan tahapan – tahapan yang dibutuhkan yaitu :

1. Realisasi antena open dipole menggunakan panjang kabel 9 meter dengan pengisi berada di tengah elemen driven yang sudah matching ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Realisasi Antena

2. Analisis Low Pass Filter pada frekuensi kerja 28 MHz dan band 10 meter. Komponen utama yang digunakan yaitu kapasitor dan inductor. LPF yang dibuat

menggunakan komponen 5 elemen Chebyshev dengan passband ripple 0.01 dB.

Tabel 3. Nilai Chebyshev Passband ripple 0.01 dB

Order	G(1)	G(2)	G(3)	G(4)	G(5)
3	0.6292	0.9703	0.6292		
4	0.7129	1.2	1.321	0.6476	
5	0.7563	1.305	1.577	1.305	0.7563

Nilai passband ripple 0.01 dB chebyshev ditunjukkan pada Tabel 3. Pada perancangan LPF menggunakan nilai order 5 untuk mendapatkan frekuensi kerja 28 Mhz pada band 10 meter. Low Pass Filter terdiri dari komponen induktor dan kapasitor dengan nilai komponen C1 = 82pF, L1 = 0.359μH, C2= 180pF, C3 = 82pF, dan L1 = 0.359μH. Perumusan nilai – nilai komponen yang digunakan untuk perangkat Low Pass filter agar bekerja pada frekuensi 28 MHz di band 10 meter sebagai berikut :

$$R = 50\Omega$$

$$\Omega_c = 2\pi \times 4.2 = 26.389$$

$$C1 = \frac{G(1)}{R \times \Omega_c} = \frac{0.7563}{50 \times 26.389} = 573.139 \times 10^{-12}$$

$$C2 = \frac{G(3)}{R \times \Omega_c} = \frac{1.577}{50 \times 26.389} = 1.195 \times 10^{-9}$$

$$C3 = \frac{G(5)}{R \times \Omega_c} = \frac{0.7563}{50 \times 26.389} = 573.139 \times 10^{-12}$$

$$L1 = \frac{G(2) \times R}{\Omega_c} = \frac{0.7563 \times 50}{26.389} = 573.139 \times 10^{-12}$$

$$L2 = \frac{G(4) \times R}{\Omega_c} = \frac{0.7563 \times 50}{526.389} = 573.139 \times 10^{-12}$$

Selanjutnya untuk memastikan nilai komponen bekerja pada frekuensi 28 MHz pada band 10 meter dengan cara mencari frekuensi sudut pada beberapa komponen seperti berikut :

$$C1 = \frac{G(1)}{R \times \Omega_c} = \Omega_c \frac{G(1)}{R \times C1} = 2\pi F\omega = \frac{G(1)}{R \times C1}$$

$$F\omega = \frac{G(1)}{R \times 2\pi \times C1} = \frac{0.7563}{50 \times 2\pi \times 573.139 \times 10^{-12}}$$

$$= 4.201.955 \text{ Hertz}$$

$$= 4.2 \text{ MegaHertz}$$

$$C2 = \frac{G(1)}{R \times 2\pi \times F\omega} = \frac{1.577}{50 \times 2\pi \times 4.2 \times 10^6}$$

$$= 1.195 \times 10^{-9}$$

$$F\omega_1 = \frac{G(1)}{R \times 2\pi \times C1} = \frac{0.7563}{50 \times 2\pi \times 82 \times 10^{-12}}$$

$$= 29.373.155\text{Hertz}$$

$$= 29\text{MegaHertz}$$

$$L1 = \frac{G(2) \times R}{2\pi \times F\omega_1} = \frac{1.305 \times 50}{2\pi \times 29 \times 10^6} = 0.359\mu\text{H}$$

$$C2 = \frac{1.577}{50 \times 2\pi \times 29 \times 10^6} = 173.182 \times 10^{-12}$$

$$= \pm 180\text{picoFarad}$$

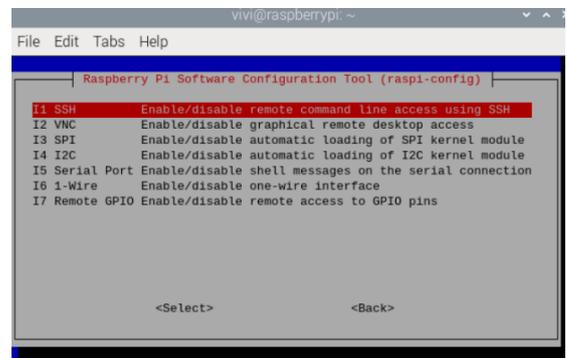
Dari perumusan Low Pass Filter diatas dapat diketahui bahwa jenis filter yang sesuai dan dapat bekerja ada frekuensi 28 MHz pada band 10 meter adalah model chebychev dengan ripple 0.01 dB.

3. Penginstalan Raspberry Pi Imager di PC melalui web Raspberry Pi. Pemilihan device Raspberry Pi Versi 4 Model B dengan operating system 64 bit ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Tampilan Penginstalan Raspberry Pi

Selanjutnya konfigurasi SSH ditunjukkan pada Gambar 15 dan melanjutkan penginstalan dengan beberapa perintah sampai selesai.



Gambar 15. Konfigurasi SSH

Setelah konfigurasi SSH, untuk menyelesaikan penginstalan Raspberry Pi masukkan beberapa perintah seperti berikut :

- Sudo raspi-config
- Sudo apt update
- Sudo apt- get upgrade

- Sudo apt install python3
4. Penginstalan aplikasi piHPSDR sesuai dengan perintah penginstalan yang tertera pada Github. Tata cara penginstalan aplikasi piHPSDR seperti berikut :
- Masukkan perintah “sudo apt install -y libfftw3-dev libgtk-3-dev libpulse-dev libpulse-mainloop-glib0 libasound2-dev libusb-1.0-0-dev libgpiod-dev libi2c-dev”.
 - Kloning WDSP dan piHPSDR dari github.
 - Kompilasi dan Install WDSP.
 - Kompilasi piHPSDR.
 - Penginstalan piHPSDR.
 - Kompilasi dukungan SoapySDR dengan cara edit Makefile dan hapus komentar pada baris.
 - Instal SoapSDR.
 - Kompilasi dan Instal piHPSDR.

Setelah melakukan penginstalan piHPSDR sesuai dengan tata cara diatas, selanjutnya jalankan aplikasi piHPSDR. Jika program piHPSDR dijalankan pertama kali maka akan tertera nomor versi, fitur GPIO, MIDI, dan SATURN. Selanjutnya pilih menu START untuk memulai radio yang akan digunakan sesuai dengan protokol radio yang terdeteksi. Tampilan menjalankan piHPSDR ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16. Tampilan Menjalankan piHPSDR

Selanjutnya membuka menu utama piHPSDR dengan mengklik tombol *Menu* di pojok kanan atas jendela piHPSDR seperti yang ditunjukkan pada Gambar 17.



Gambar 17. Tampilan Menu Utama piHPSDR

5. Untuk menjalankan Red Pitaya hubungkan modul Red Pitaya dengan perangkat lainnya seperti Gambar 18.



Gambar 18. Menghubungkan Red Pitaya ke RF Power Amplifier

Berikut penjelasan dari Gambar 18 untuk menjalankan Red Pitaya :

- Hubungkan catu daya 5V, 2A untuk menghidupkan Red Pitaya.
- Kabel ethernet warna biru digunakan untuk menghubungkan port TCP/IP Network RJ-45 dari red pitaya ke port TCP/IP Network RJ-45 Raspberry Pi.
- Hubungkan Red Pitaya OUT ke port input RF power amplifier.
- Hubungkan Red Pitaya IN ke port RF switching board.
- Hubungkan Pin D100_N Connector E1 ke Port PTT, In.
- Hubungkan Pin GND Connector E2 ke Port GND RF switching board.
- Hubungkan Pin +5V ke Port 5V RF switching board.
- Hubungkan PTT ke Power supply DC.

IV. SIMULASI DAN ANALISA

A. Realisasi Sistem SDR Transceiver

Sistem Radio Transceiver HF SDR yang telah direalisasikan dapat dilihat pada Gambar 4.1. Untuk menguji kinerja sistem yang telah direalisasikan, maka memerlukan beberapa pengujian seperti menguji keakuratan frekuensi, kestabilan frekuensi yang dibangkitkan dan menguji kualitas pemodulasian dan demodulasi.



Gambar 19. Realisasi Alat

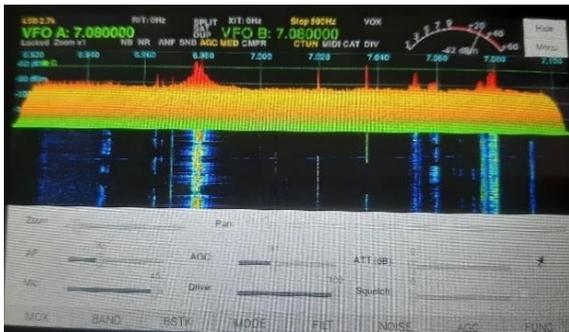
Berikut langkah – langkah yang dibutuhkan untuk menjalankan Sistem Radio Transceiver HF SDR yang telah direalisasikan :

1. Jalankan web browser dengan mengetik IP atau Mac Address dari Modul Red Pitaya dengan format rpxxxxxx.local/. xxxxxx adalah 6 karakter terakhir dari alamat MAC HAMIlab. Alamat MAC tertulis di panel belakang Modul Red Pitaya.
2. Selanjutnya pilih menu SDR Transceiver compatible with HPSDR pada tampilan web Red Pitaya.
3. Kemudian buka aplikasi piHPSDR yang ada pada layar seperti Gambar 4.2.



Gambar 20. Tampilan Icon Aplikasi piHPSDR

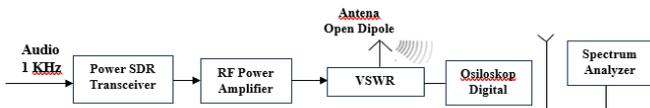
4. Tampilan piHPSDR yang sedang berjalan dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Tampilan piHPSDR

A. Pengujian Keakuratan Frekuensi

Pengujian keakuratan frekuensi yang dipancarkan atau diterima merupakan salah satu parameter penting dari sebuah transceiver. Pada penelitian ini pengujian yang dilakukan adalah menguji keakuratan frekuensi yang dibangkitkan pada setiap band frekuensi kerjanya. Blok diagram pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 22. Blok Diagram Pengujian

Tahapan penyambungan dalam setiap perangkat ditunjukkan pada Gambar 4.4 dengan penjelasan sebagai berikut :

- Audio 1 KHz masuk pada perangkat SDR Transceiver saat PTT ditekan.
- Perangkat SDR Transceiver pada bagian Modul Red Pitaya dihubungkan dengan RF Power Amplifier untuk menguatkan sinyal frekuensi yang terdeteksi.
- Perangkat RF Amplifier dihubungkan ke port TX perangkat VSWR dengan menggunakan kabel connector RG-58.
- Antena Open Dipole dihubungkan ke Port ANT pada perangkat VSWR .
- Perangkat Osiloskop Digital dihubungkan pada antena untuk melakukan pengukuran pada keakuratan frekuensi yang dibangkitkan.
- Perangkat Spectrum Analyzer digunakan untuk mendeteksi kekuatan sinyal dengan indikator grafik.

Dari pengujian keakuratan frekuensi pada setiap band yang ditampilkan pada aplikasi piHPSDR dengan menu VFO dan alat pengukuran yang digunakan adalah osiloskop digital mendapatkan hasil pengujian seperti Tabel 4.1.

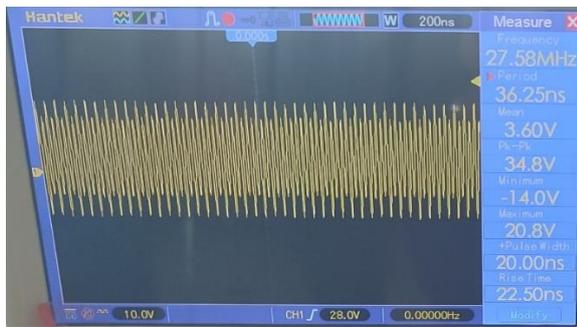
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Keakuratan Frekuensi

Band (Meter)	Frekuensi Kerja (MHz)	Frekuensi Pengukuran (MHz)	Presentase Error (%)
160	1.835.000	1.801.000	0.018878401
80	3.830.000	3.846.000	0.004177546
40	7.080.000	7.079.000	0.000141263
20	14.150.000	14.030.000	0.0085531
10	28.000.000	27.580.000	0.015228426
Nilai Error Rata – rata			0.007728205

Dari Tabel 4.2 hasil pengujian keakuratan frekuensi pada setiap band frekuensi kerjanya yang telah dilakukan menghasilkan nilai error rata – rata sekitar 0.007728205 %. Bukti pengujian keakuratan frekuensi yang dibangkitkan ditunjukkan pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 yang bekerja pada band 10 meter dengan frekuensi kerja 28MHz.



Gambar 4. 1 Frekuensi Kerja 28 MHz



Gambar 4. 2 Frekuensi Pengukuran

1) Hasil Spectrum Analyzer

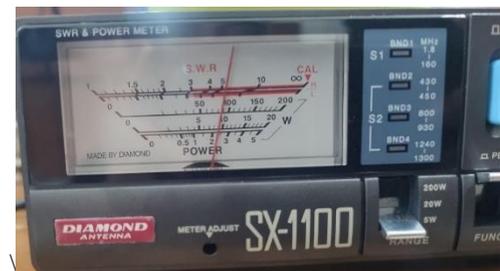
Pada perangkat spectrum analyzer pengujian keakuratan frekuensi menggunakan pengaturan frekuensi awal sebesar 26 MHz, frekuensi akhir sebesar 30 MHz, dan frekuensi tengah sebesar 28 MHz. Saat ada audio yang masuk dengan kondisi PTT ditekan, maka perangkat Transceiver HF SDR akan memancarkan frekuensi. Frekuensi yang dipancarkan akan di terima oleh perangkat spectrum analyzer. Perangkat spectrum analyzer bekerja secara real time, jika kekuatan sinyal frekuensi terdeteksi maka kenaikan power pada grafik spectrum analyzer akan muncul. Hasil dari kekuatan sinyal dapat terdeteksi dalam frekuensi kerja 28MHz dengan -65 dBm pada band 10 meter ditunjukkan pada Gambar 23.



Gambar 23. Tampilan Spectrum Analyzer

2) Hasil VSWR

Pada perangkat VSWR daya yang keluar dari sistem radio transceiver HF SDR pada frekuensi kerja 28 MHz sebesar 9 Watt, dikarenakan load antenna open dipole tidak bernilai resistif atau 50Ω. Hasil pengujian pada perangkat VSWR ditunjukkan pada Gambar 24.



Gambar 24. Tampilan VSWR

B. Pengujian Modulasi

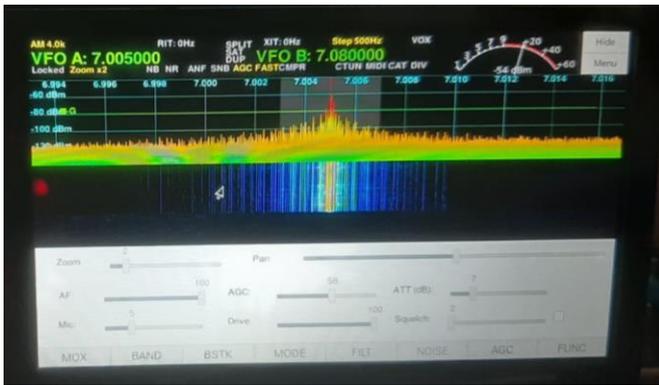
Pada pengujian pemodulasian perangkat radio transceiver HF SDR dilakukan dengan melakukan proses transmit pada mode modulasi AM, FM, USB maupun LSB. Pengujian dilakukan dengan mengamati spektrum maupun kualitas pemodulasiannya. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.2. Dari hasil pengujian dapat diperoleh bahwa kualitas pemodulasian dari berbagai band dan berbagai mode menghasilkan kualitas yang baik.

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Modulasi

No	Mode Modulasi	Hasil Pengujian		
		Baik	Cukup	Buruk
1	AM	✓		
2	FM	✓		
3	USB	✓		
4	LSB	✓		

Berikut bukti pengujian kualitas modulasi pada masing – masing mode modulasi :

1. Pengujian kualitas modulasi pada mode AM menghasilkan -54 dBm.

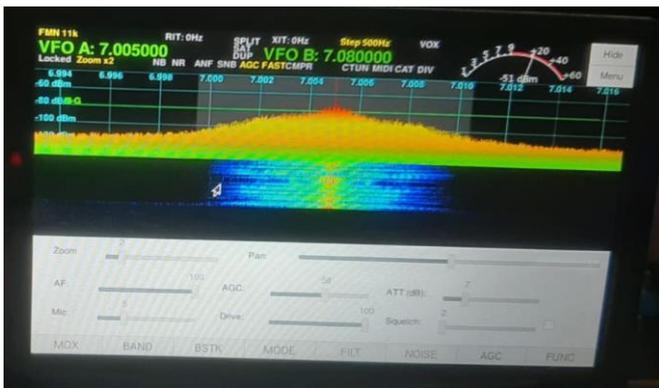


Gambar 4. 3 Pengujian Kualitas Modulasi AM



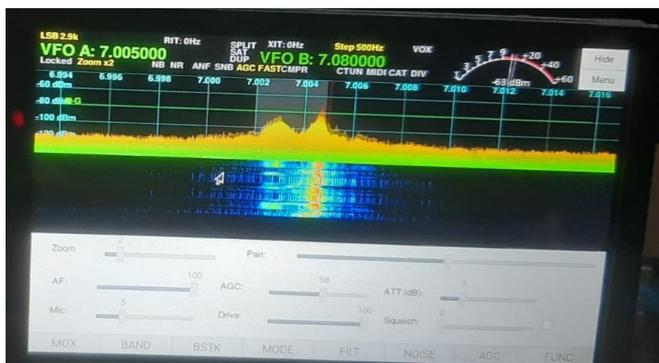
Gambar 4. 6 Pengujian Kualitas Modulasi USB

2. Pengujian kualitas modulasi pada mode FM menghasilkan -51 dBm.



Gambar 4. 4 Pengujian Kualitas Modulasi FM

3. Pengujian kualitas modulasi pada mode LSB menghasilkan -63 dBm.



Gambar 4. 5 Pengujian Kualitas Modulasi LSB

4. Pengujian kualitas modulasi pada mode USB menghasilkan -74 dBm.

C. Pengujian Demodulasi

Pada pengujian demodulasi perangkat radio transceiver HF SDR dilakukan dengan melakukan proses receive pada mode modulasi AM, FM, USB maupun LSB. Pengujian dilakukan dengan mengamati spektrum maupun kualitas pemodulasiannya. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.3. Dari hasil pengujian dapat diperoleh bahwa kualitas pemodulasi dari berbagai band dan berbagai mode menghasilkan kualitas yang baik.

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Demodulasi

No	Mode Modulasi	Hasil Pengujian		
		Baik	Cukup	Buruk
1	AM	✓		
2	FM	✓		
3	USB	✓		
4	LSB	✓		

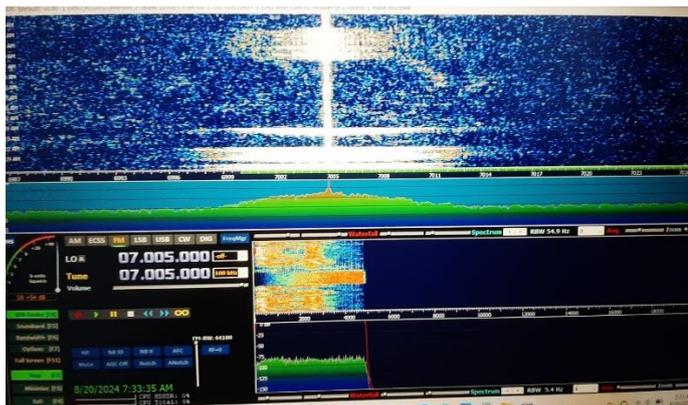
Berikut bukti pengujian kualitas demodulasi pada masing – masing mode modulasi :

1. Pengujian kualitas demodulasi pada mode AM menghasilkan -49 dBm.



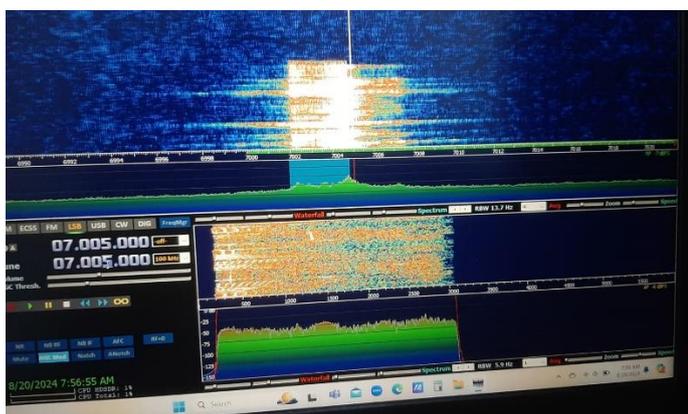
Gambar 4. 7 Pengujian Kualitas Demodulasi AM

- Pengujian kualitas demodulasi pada mode FM menghasilkan -10 dBm.



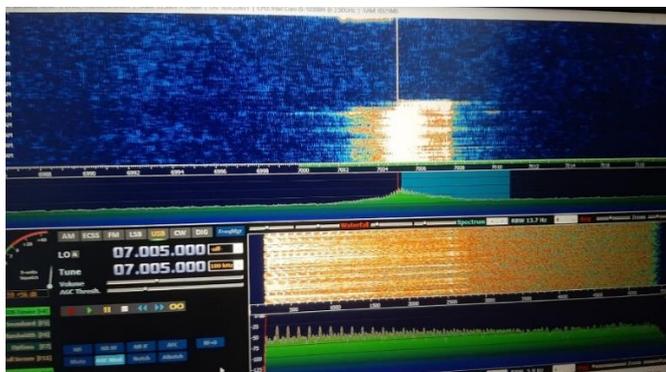
Gambar 4. 8 Pengujian Kualitas Demodulasi FM

- Pengujian kualitas demodulasi pada mode LSB menghasilkan -25 dBm.



Gambar 4. 9 Pengujian Kualitas Demodulasi LSB

- Pengujian kualitas demodulasi pada mode USB menghasilkan -26 dBm.



Gambar 4. 10 Pengujian Kualitas Demodulasi USB

V. KESIMPULAN

Dalam penelitian penulis telah berhasil merealisasikan prototipe Radio Transceiver HF SDR berbasis Red pitaya. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Kinerja sistem radio transceiver HF SDR pada pengujian keakuratan frekuensi dapat bekerja dengan baik yang dimana menggunakan frekuensi kerja pada tiap band dengan prosentase error sekitar 0.007728205 %.
- Pada pengujian kualitas pemodulasian dan proses demodulasi pada mode AM, FM, USB maupun LSB diperoleh dengan kualitas yang baik.
- Kekuatan frekuensi yang dikirimkan terdeteksi oleh perangkat spectrum analyzer pada frekuensi kerja 28 MHz dengan nilai -65 dBm.
- Daya yang keluar dari radio transceiver HF SDR pada perangkat VSWR sebesar 9 Watt.
- Pemilihan komponen pada perangkat RF Power Amplifier dan Low Pass Filter sangat berpengaruh bagi frekuensi kerja yang dibangkitkan.
- Sistem radio transceiver HF SDR yang telah direalisasikan dapat dikatakan low cost dikarenakan tidak memerlukan PC tambahan atau unit pemroses sinyal telah digantikan oleh sistem perangkat lunak yang berbasis Raspberry Pi.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- H. Fajar, S. E. Yamin, and M. Siregar, "Desain Komunikasi Data Digital Pada Radio HF Dengan Metode Frequency Shift Keying Berbasis Thonny Python".
- R. A. Duyo and U. Katu, "PURWARUPA SISTEM KOMUNIKASI DATA MENGGUNAKAN MEDIA KOMUNIKASI RADIO KANAL HIGH FREQUENCY," 2017.
- B. Sainath and K. V. Karthikeyan, "A CONFIGURABLE LTE TRANSCEIVER IMPLEMENTATION ON SDR," vol. 10, no. 9, 2015.
- T. Hussain *et al.*, "A high performance software defined radio system architecture and development environment for a wide range of applications," in *2018 International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies (iCOMET)*, Sukkur: IEEE, Mar. 2018, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICOMET.2018.8346424.
- N. B. Hasan and A. Z. Bin Sha'ameri, "Software Implementation Of Automatic Link Establishment Capability For Hf Radio Communication," in *2006 International RF and Microwave Conference*, Putra Jaya: IEEE, Sep. 2006, pp. 125–129. doi: 10.1109/RFM.2006.331052.
- R. Ferreira, J. Gaspar, P. Sebastião, and N. Souto, "A Software Defined Radio Based Anti-UAV Mobile System with Jamming and Spoofing Capabilities," *Sensors*, vol. 22, no. 4, p. 1487, Feb. 2022, doi: 10.3390/s22041487.
- Steward Etal, "Software Defined Radio Using MATLAB Simulink and RTL SDR", Tahun 2015

- [8] S. Sotyohadi and I. Budi Sulistiawati, "DESAIN LOW NOISE TRANSCEIVER 7 MHZ BERBASIS SOFTWARE DEFINED RADIO (SDR)," *J. Mnemon.*, vol. 2, no. 1, pp. 73–78, Dec. 2019, doi: 10.36040/mnemonic.v2i1.55.
- [9] L. Duarte, R. Gomes, C. Ribeiro, and R. F. S. Caldeirinha, "A Software-Defined Radio for Future Wireless Communication Systems at 60 GHz," *Electronics*, vol. 8, no. 12, p. 1490, Dec. 2019, doi: 10.3390/electronics8121490.
- [10] S. L. Manalu, G. Hendratoro, and A. Mauludiyanto, "Design of measurement system for HF MIMO NVIS channel," in *2017 4th International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE)*, Semarang: IEEE, Oct. 2017, pp. 300–305. doi: 10.1109/ICITACEE.2017.8257722.
- [11] B. A. Witvliet and R. M. Alsina-Pagès, "Radio communication via Near Vertical Incidence Skywave propagation: an overview," *Telecommun. Syst.*, vol. 66, no. 2, pp. 295–309, Oct. 2017, doi: 10.1007/s11235-017-0287-2.
- [12] D Ibrahim (2016), "Contents Red Pitaya for Test and Measurement." London, UK: Elektor International Media BV. ISBN 978-1-907920-53-0
- [13] Y. S. Cheng *et al.*, "New digital low-level RF controls based on the Red Pitaya STEMLab for the TLS Linac system," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2687, no. 7, p. 072023, Jan. 2024, doi: 10.1088/1742-6596/2687/7/072023.
- [14] M. I. Kurniawan, U. Sunarya, and R. Tulloh, "Internet of Things : Sistem Keamanan Rumah berbasis Raspberry Pi dan Telegram Messenger," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 6, no. 1, p. 1, Apr. 2018, doi: 10.26760/elkomika.v6i1.1.
- [15] F. Y. Limpraptono, V. N. Cholidah, and M. R. Arrohman, "Disain Software Defined Radio Transceiver berbasis Red Pitaya," vol. 6, no. 2, 2023.
- [16] F. Rohmaisa, E. Rahmawati, and I. Sucahyo, "RANCANG BANGUN ALAT ELEKTROKARDIOGRAF LEAD 1 BERBASIS SOUND CARD PADA KOMPUTER".
- [17] B. Murtianta, "Pemancar dan Penerima FM," *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 16, no. 02, pp. 65–78, Oct. 2017, doi: 10.31358/techne.v16i02.160.
- [18] M. A. R. Fadillah and A. S. Handayani, "Bandwidth, Gain, dan Pola Radiasi Antena Dipole dan Yagi pada Frekuensi 400 MHz," 2019.
- [19] F. Farida, "Optimasi Low Pass Filter Mikrostrip Frekuensi 10,6 GHz dengan Metode Step-Impedansi." vol. 06, pp. 89-95, Oktober 2017
- [20] A. Kuwadekar and K. Al-Begain, "A real world evaluation of Push to Talk service over IMS and LTE for public safety systems," in *2014 IEEE 10th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob)*, Larnaca, Cyprus: IEEE, Oct. 2014, pp. 365–370. doi: 10.1109/WiMOB.2014.6962196.

VII. BIODATA PENULIS



Vivi Nur Cholidah lahir di Kota Malang, Jawa Timur, pada tanggal 29 Juli 2001. Pendidikan terakhir SMKN 8 Malang dengan memilih kompetensi keahlian Teknik computer dan jaringan. Email penulis yaitu vivinurcholidah@gmail.com.

Selama kuliah penulis pernah mengikuti beberapa kegiatan seperti menjadi panitia pada seminar pelatihan "Internet Of Things", menjadi presenter pada SENIATI 2023 dengan tema "Sinergitas Era Digital 5.0 dalam Pembangunan Teknologi hijau Berkelanjutan", menjadi asisten laboratorium jaringan telekomunikasi serta memiliki keahlian dibidang telekomunikasi.