

DESAIN TRANSVERTER 28 MHZ KE 144 MHZ UNTUK PERANGKAT HF SDR TRANSCEIVER

Muhammad Rifky Arrohman¹, F. Yudi Limpraptono², Sotyohadi³

Prodi Teknik Elektro S1, Institut Teknologi Nasional Malang, Kota Malang, Indonesia

¹rifkyarrohman31@gmail.com, ²fyudil@lecturer.itn.ac.id, ³sotyohadi@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Berbagai desain transceiver berbasis SDR yang bekerja pada band high frequency (HF) telah banyak diaplikasikan, dan berbagai perangkat lunak dengan mengaplikasikan SDR telah banyak dikembangkan. Pada umumnya SDR transceiver bekerja pada frekuensi HF 0-30 MHz, dimana Band HF sangat dipengaruhi oleh propagasi, untuk itu kondisi ionosfer sangat mempengaruhi sistem komunikasi high frequency. Keandalan band VHF tidak bergantung pada kondisi lapisan ionosfer dan sangat baik dalam komunikasi jarak dekat. Sistem Transverter merupakan alat untuk menghubungkan dua frekuensi kerja yang berbeda. Transverter digunakan untuk mengubah frekuensi SDR yang berbasis high frequency 28 MHz menjadi very high frequency 144 MHz. Bagian utama adalah mixer dan local oscillator karena kedua bagian tersebut akan menentukan nilai output frekuensi dari transverter. Peralihan mode HF dan VHF menggunakan saklar power on/off. Perangkat transverter menggunakan ptt (push to talk) untuk mengaktifkan relay untuk terhubung ke rangkaian pemancar atau penerima. Pengujian ketepatan dan kestabilan frekuensi yang telah dilakukan pada band 2 meter menghasilkan persentase error 0.001772% dan daya pancar sebesar 4 Watt, frekuensi yang diterima pada spectrum analyzer sebesar 144 MHz dengan level daya terima -59dBm.

Kata Kunci: Transceiver SDR, Transverter, High Frequency, Very High Frequency

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada saat ini aktivitas komunikasi radio telah menjadi kebutuhan sehari-hari mulai dari perusahaan, kalangan pemerintah, sampai Masyarakat. Salah satu perkembangan dari teknologi komunikasi radio adalah software defined radio (SDR). Software defined Radio (SDR) adalah sistem komunikasi radio dimana komponen perangkat keras digantikan oleh perangkat lunak tanpa mengubah fungsinya [1]. Berbagai desain *transceiver* berbasis SDR yang bekerja pada band *high frequency* (HF) telah banyak diaplikasikan, dan berbagai perangkat lunak dengan mengaplikasikan SDR telah banyak dikembangkan.

Keandalan komunikasi pada *high frequency* (HF) memiliki jarak yang cukup jauh tetapi sangat bergantung pada lapisan atmosfer ionosfer. Kondisi ionosfer sangat

mempengaruhi sistem komunikasi *high frequency* yang bekerja pada rentang frekuensi 0-30 MHz [2]. Untuk kebutuhan umum masa sekarang seperti, siaran televisi, siaran radio fm, sistem komunikasi untuk penerbangan dan maritim serta kebutuhan lainnya menggunakan band frekuensi *very high frequency* (VHF) karena keandalan band VHF tidak bergantung pada kondisi lapisan ionosfer dan sangat baik dalam komunikasi jarak dekat.

Oleh sebab itu dibutuhkan sebuah perangkat pengubah frekuensi yang dapat digunakan untuk mendukung kebutuhan band yang lebih besar dengan keandalan yang lebih baik. Sistem Transverter merupakan alat untuk menghubungkan dua frekuensi kerja yang berbeda. Dalam hal ini *converter* atau transverter merupakan perangkat elektronika tambahan yang digunakan untuk mengubah frekuensi SDR yang berbasis *high frequency* menjadi *very high frequency*.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan paparan latar belakang sebelumnya, maka dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang transverter untuk perangkat SDR berbasis high frequency (HF) sehingga mampu bekerja pada band frekuensi very high frequency (VHF) 144 MHz?
2. Sejauh mana ketepatan dan kestabilan frekuensi yang dapat dicapai?

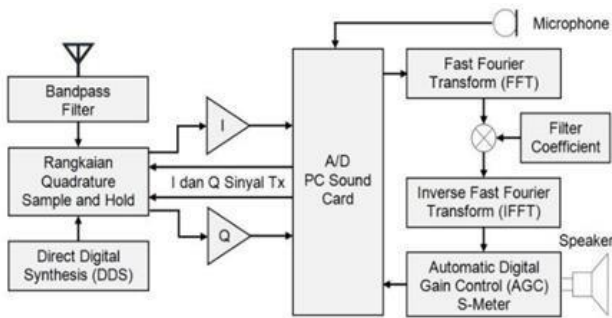
C. Tujuan

Tujuan dan manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah membuat sebuah prototipe transverter yang mampu meningkatkan frekuensi dari perangkat SDR berbasis *high frequency* (HF) sehingga mampu bekerja pada band *frekuensi very high frequency* (VHF) 144 MHz.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Transceiver SDR

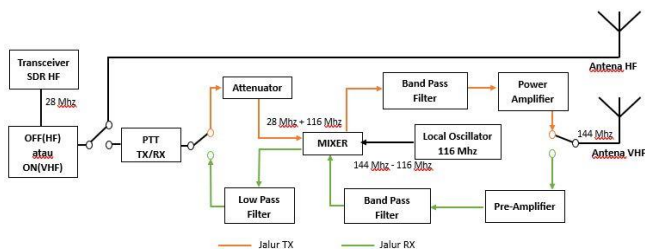
Software defined Radio (SDR) merupakan perangkat radio yang menggunakan perangkat lunak untuk proses modulasi dan demodulasi.



Gambar 1 Desain Transceiver SDR

Berikut penjelasan dari gambar diatas. Pada tahap penerimaan sinyal radio, frekuensi termodulasi, f_c yang diterima dari antenna melewati filter band pass (BPF) dan selanjutnya disalurkan ke mixer paralel (quadrature mixer). Pada mixer bagian bawah, sinyal sinus dari osilator lokal direct digital synthesis (DDS) dicampurkan dengan f_c . Sinyal hasil campuran diteruskan melalui low pass filter (LPF) sebelum mengalami konversi oleh konverter analog ke digital (ADC). Output dari mixer bagian atas menghasilkan sinyal inphase $I(t)$, sementara output dari mixer bagian bawah menghasilkan sinyal quadrature $Q(t)$ frekuensi yang berbeda 90 derajat. Sinyal I dan Q kemudian dialirkan ke kartu suara personal computer (PC) untuk proses digital lebih lanjut menggunakan perangkat lunak SDR. Sinyal yang telah diolah akan dikeluarkan melalui output audio dari kartu suara PC. Proses pengiriman sinyal (transmitter) akan mengikuti langkah-langkah sebaliknya[3].

B. Transverter



Gambar 2 Blok Diagram Transverter

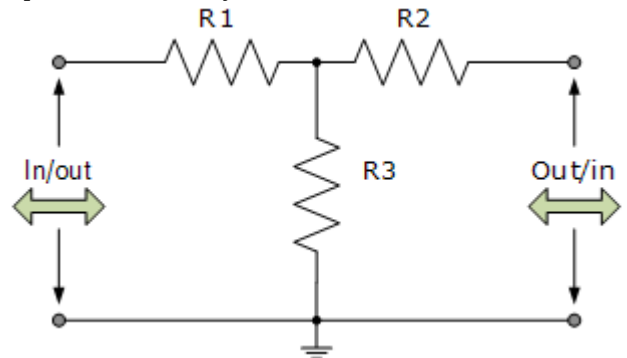
Transverter merupakan perangkat untuk menghubungkan dua frekuensi kerja yang berbeda[4]. Sistem transverter menggunakan output baseband dari suatu perangkat dan mengirimkannya kembali ke perangkat lain yang memiliki frekuensi yang berbeda. Bagian yang paling utama adalah mixer dan local oscillator karena kedua bagian tersebut akan menentukan nilai output frekuensi dari transverter.

C. Attenuator

Attenuator adalah suatu komponen yang dirancang untuk meredam kekuatan sinyal atau amplitudo[5]. Ada beberapa jenis attenuator, yaitu:

1) Attenuator Tipe T

Cara kerja attenuator tipe T adalah menggunakan resistor yang terhubung parallel antara impedansi bagian masukan dan impedansi bagian keluaran. Amplitudo sinyal yang masuk pada impedansi masukan akan diredam oleh resistor. Resistor berfungsi sebagai beban tambahan mengalirkan sebagian energi sinyal ke ground, sehingga mengurangi amplitudo sinyal yang keluar dari impedansi bagian keluaran. Keuntungan dari attenuator tipe T adalah kemudahan dalam pembuatan dan konfigurasi, serta memiliki karakteristik frekuensi yang lebih stabil daripada tipe attenuator lainnya.



Gambar 3 Attenuator Tipe T

Nilai “K” adalah rasio tegangan, arus atau daya yang sesuai dengan nilai redaman tertentu. Persamaan umum untuk nilai “K” yaitu :

$$K = \frac{V_{in}}{V_{out}} = 10^{dB/20} \text{ (untuk tegangan/arus)}$$

$$K = \frac{V_{in}}{V_{out}} = 10^{\frac{dB}{10}} \text{ (untuk daya)}$$

Dengan perhitungan untuk ketiga resistor :

$$R3 = 2 \times \sqrt{Z_{in} \times Z_{out}} \times \frac{K}{K^2 + 1}$$

$$R1 = Z_{in} \times \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1} - R3$$

Dan perumusan besarnya karakteristik resistansi adalah :

$$R_{ino} = R2 + R3$$

$$R_{ins} = R1 + \left(\frac{1}{\frac{1}{R2} + \frac{1}{R3}} \right)$$

$$R_o = \sqrt{R_{ins} \times R_{ino}}$$

Keterangan :

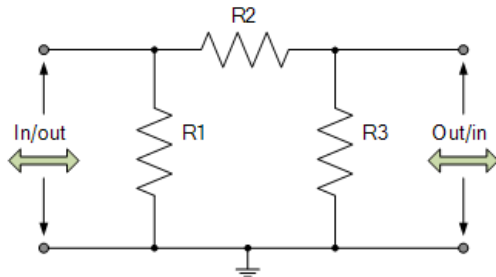
R_{ins} = resistansi masukan pada saat keluaran dihubungkan singkat.

R_{ino} = resistansi masukan pada saat keluaran terbuka.

2) Attenuator Tipe Phi

Attenuator tipe phi (Π) memiliki desain menyerupai simbol “ Π ”, dengan tiga resistor yang terhubung dalam konfigurasi tertentu. Cara kerja attenuator tipe Π melibatkan pengaturan kompleks dari ketiga resistor untuk

mencapai tingkat penurunan amplitudo yang diinginkan. Resistor dalam attenuator tipe II dapat diatur dengan cara paralel, serial, atau kombinasi dari keduanya, tergantung pada karakteristik yang diinginkan dari attenuator tersebut. Keuntungan dari attenuator tipe II adalah fleksibilitasnya dalam mengatur penurunan amplitudo dengan lebih presisi dibandingkan dengan attenuator jenis lainnya. Namun, desain yang lebih kompleks ini juga membuat attenuator tipe II lebih sulit untuk dibuat dan dirancang.



Gambar 4 Attenuator Tipe Phi

Nilai “K” adalah rasio tegangan, arus atau daya yang sesuai dengan nilai redaman tertentu. Persamaan umum untuk nilai “K” yaitu :

$$K = \frac{V_{in}}{V_{out}} = 10^{dB/20} \text{ (untuk tegangan/arus)}$$

$$K = \frac{V_{in}}{V_{out}} = 10^{dB/10} \text{ (untuk daya)}$$

$$Z = Z_{in} = Z_{out}$$

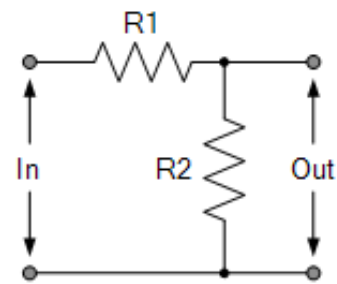
Dimana “K” adalah faktor impedansi dan “Z” adalah impedansi sumber atau beban. Dengan perumusan untuk impedansi yaitu :

$$R1 = R3 = Z \times \left[\frac{K + 1}{K - 1} \right]$$

$$R2 = Z \times \left[\frac{K^2 - 1}{2 \times K} \right]$$

3) Attenuator Tipe L

Attenuator tipe L memiliki desain menyerupai huruf “L”, dengan dua resistor yang terhubung membentuk sudut siku-siku. Cara kerja attenuator tipe L adalah dengan menghubungkan resistor ke impedansi bagian masukan dan impedansi bagian keluaran secara serial, sehingga sinyal melewati kedua resistor tersebut sebelum mencapai impedansi bagian keluaran. Salah satu resistor berfungsi sebagai pembagi tegangan, sedangkan resistor lainnya berfungsi sebagai beban, sehingga mengurangi amplitudo sinyal yang keluar dari impedansi bagian output. Keuntungan dari attenuator tipe L adalah kemudahan dalam konstruksi dan memiliki karakteristik yang relatif stabil terhadap perubahan frekuensi. Namun, seperti attenuator tipe T, attenuator tipe L juga dapat menghasilkan kehilangan daya karena disipasi daya pada resistor yaitu proses daya atau energi yang hilang atau terbuang secara sia-sia.



Gambar 5 Attenuator Tipe L

Nilai “K” adalah rasio tegangan, arus atau daya yang sesuai dengan nilai redaman tertentu. Persamaan umum untuk nilai “K” yaitu :

$$K = \frac{V_{in}}{V_{out}} = 10^{dB/20} \text{ (untuk tegangan/arus)}$$

$$K = \frac{V_{in}}{V_{out}} = 10^{dB/10} \text{ (untuk daya)}$$

Dengan perumusan untuk impedansi yaitu :

$$R1 = Z_{in} \left[\frac{K - 1}{K} \right]$$

$$R2 = Z_{in} \left[\frac{1}{K - 1} \right]$$

D. Local Oscillator (LO)

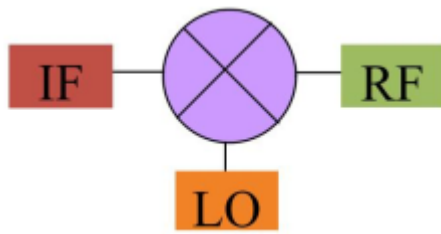
Local Oscillator adalah rangkaian elektronika yang menghasilkan sinyal sinusoidal. Local Oscillator berfungsi untuk membangkitkan gelombang frekuensi [6]. Osilator Crystal memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah Stabilitas frekuensi yang tinggi, distorsi frekuensi yang rendah, kualitas sinyal dan ketahanan terhadap gangguan.



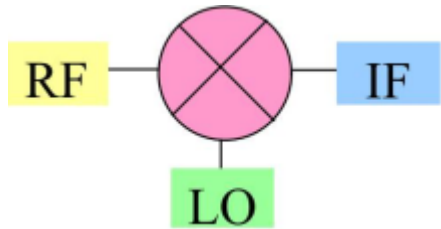
Gambar 6 Local Oscillator

E. Mixer

Mixer bertujuan untuk mentransformasikan frekuensi[7]. Yaitu menciptakan frekuensi baru dari dua sinyal frekuensi yang di masukkan ke mixer dalam hal ini adalah frekuensi awal dari SDR dan frekuensi dari local oscillator. Setelah pencampuran, mixer pada sisi pemancar dapat melakukan peningkatan frekuensi untuk menggeser frekuensi menengah (IF) ke radio frekuensi (RF). Dan pada sisi penerima mixer dapat melakukan penurunan frekuensi untuk menggeser RF ke IF.



Gambar 7 Mixer Peningkata Frekuensi



Gambar 8 Mixer Penurunan Frekuensi

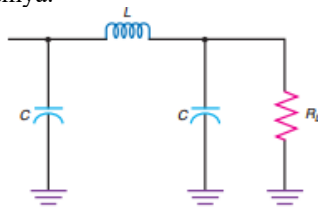
F. Filter

Filter merupakan rangkaian yang berfungsi untuk menahan semua frekuensi yang tidak diinginkan dan meloloskan semua frekuensi yang diinginkan[8]. ada beberapa karakteristik dari kemampuan filter frekuensi yang sering digunakan:

- Stop Band, yaitu menahan frekuensi yang tidak diinginkan supaya tidak keluar.
- Pass Band, yaitu meloloskan rentang frekuensi tertentu yang diinginkan
- Cut off, yaitu memisahkan frekuensi pass band dan stop band yang akan direspon.

Filter frekuensi terbagi menjadi 4:

- 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)[9]. Selain untuk mengurangi noise, LPF digunakan untuk tetap mempertahankan harmonisa frekuensi ke-1 atau frekuensi fundamentalnya.

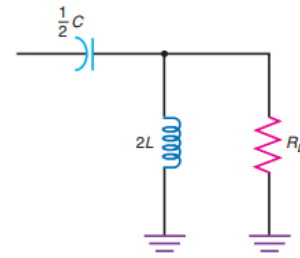


Gambar 9 Low Pass Filter

Dengan perhitungan frekuensi cutoff : $F_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

- High Pass Filter
High pass filter merupakan rangkaian filter yang melewatkan frekuensi diatas frekuensi cut off (f_c) dan meredam frekuensi dibawah frekuensi cut off (f_c)[10]. HPF digunakan untuk menghilangkan noise atau gangguan frekuensi rendah dari sinyal dan memfilter

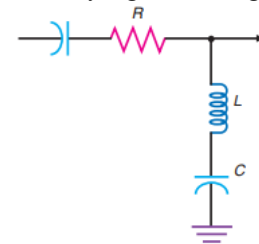
sinyal yang diinginkan dari interferensi frekuensi rendah.



Gambar 10 High Pass Filter

Dengan perhitungan frekuensi cutoff : $F_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

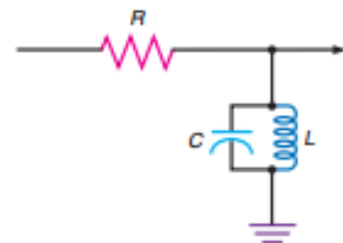
- Band Stop Filter
Band stop filter merupakan rangkaian filter yang menahan frekuensi yang berada di antara dua titik cut off, sedangkan semua frekuensi yang dibawah dan diatas frekuensi cut off akan dilewatkannya[11]. Band stop filter digunakan untuk mengisolasi atau menolak sinyal pada frekuensi yang tidak diinginkan.



Gambar 11 Band Stop Filter

Dengan perhitungan frekuensi cutoff : $F_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

- Band Pass Filter
Band pass filter merupakan rangkaian filter yang menahan frekuensi cut off atas dan frekuensi cut off bawah[12]. BPF digunakan untuk memastikan sinyal yang dipancarkan dalam rentang frekuensi yang diinginkan dan untuk memisah sinyal frekuensi yang tidak diinginkan dan membantu mengurangi noise yang masuk sehingga meningkatkan kualitas sinyal yang diterima.



Gambar 12 Band Pass Filter

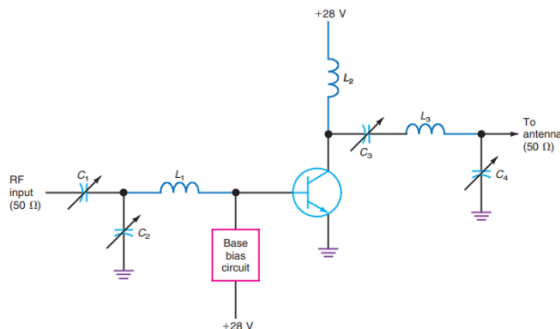
Dengan perhitungan frekuensi cutoff : $F_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

G. Penguat Daya

Penguat daya merupakan rangkaian elektronika penguat akhir yang memperkuat frekuensi pembawa yang telah temodulasi[13], dan berfungsi untuk memperkuat frekuensi pancaran. penguat daya terdiri dari beberapa jenis, seperti kelas A, kelas AB, kelas B, kelas C dan kelas D.

1) Penguat Daya Kelas A

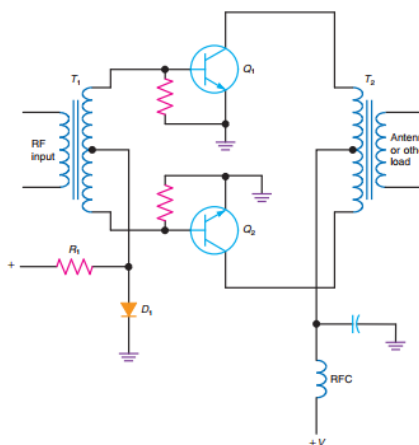
Penguat daya kelas A memiliki desain yang sederhana dan sering digunakan. Karena memiliki tingkat distorsi sinyal yang rendah dan memiliki linieritas yang baik. Penguat kelas A dibiaskan sehingga dapat menghantarkan arus secara kontinu. Letak titik kerja berada di tengah kurva karakteristik.



Gambar 13 Contoh Rangkaian Penguat Daya Kelas A

2) Penguat Daya Kelas B

Penguat daya kelas B adalah jenis penguat yang umum diterapkan pada audio dan radio frekuensi (RF) untuk memperkuat sinyal. Penguat daya kelas B memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan penguat kelas A, karena arus mengalir hanya sebagian dari sinyal masukan. Penguat daya kelas B mendistorsi sinyal masukan karena sinyal tersebut bekerja selama setengah siklus.

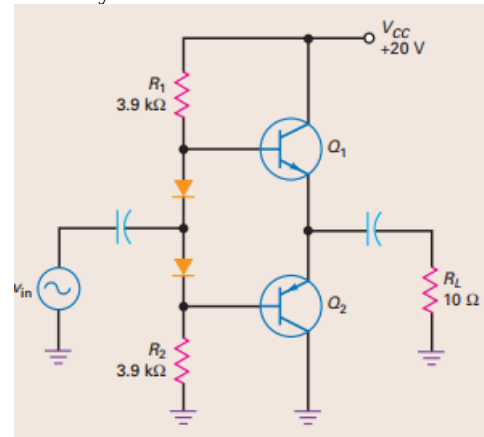


Gambar 14 Contoh rangkaian penguat daya kelas B

3) Penguat Daya Kelas AB

Penguat daya kelas AB adalah jenis penguat daya yang menggabungkan kelebihan dari penguat daya kelas A dan kelas B untuk mencapai keseimbangan antara efisiensi dan kualitas sinyal. Penguat daya kelas AB mengurangi distorsi crossover yang menghasilkan

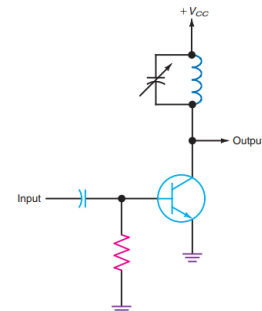
kualitas sinyal yang lebih baik dibandingkan penguat daya kelas B. Dan penguat daya kelas AB beroperasi dalam mode linear untuk sebagian besar siklus sinyal input yang memberikan keseimbangan antara kualitas sinyal dan efisiensi daya.



Gambar 15 Contoh rangkaian penguat daya kelas AB

4) Penguat Daya Kelas C

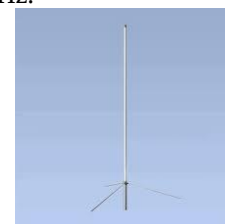
Penguat daya kelas C menguatkan sinyal input kurang dari setengah gelombang, pulsa arus yang terdistorsi digunakan untuk mengaktifkan sirkuit yang disetel untuk menghasilkan keluaran gelombang sinus kontinu. penguat daya kelas C sangat ideal untuk frekuensi tinggi dan efisiensi tinggi yang mana mengurangi konsumsi daya dan panas yang dihasilkan.



Gambar 16 Contoh rangkaian penguat daya kelas C

H. Antena Omnidirectional

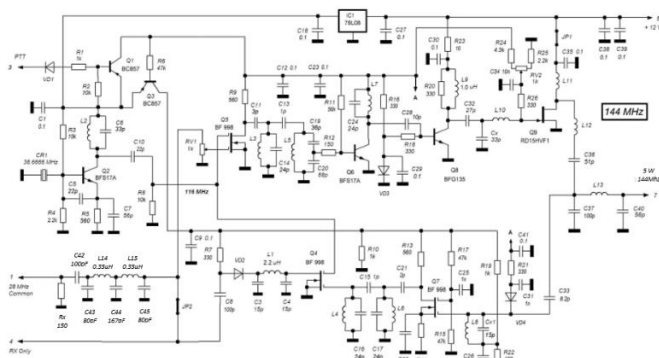
Antena omnidirectional adalah jenis antenna yang dirancang untuk memancarkan dan menerima sinyal radio ke segala arah secara horizontal sehingga memiliki cakupan yang luas tetapi jarak jangkauan yang cukup terbatas[14]. Antena omnidirectional diamond BC-100 memiliki rentang frekuensi 134 MHz – 174 MHz.



Gambar 17 Antena Omnidirectional Diamond BC-100

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Perancangan Sistem Transverter

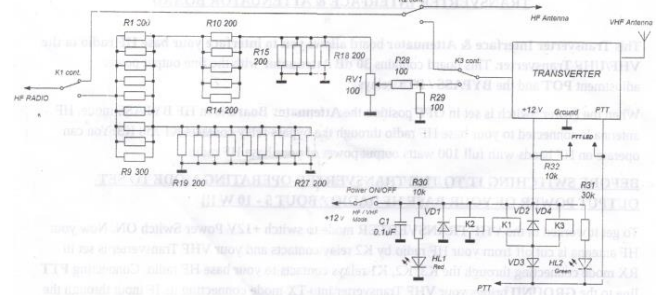


Gambar 18 Rangkaian Transverter

Berdasarkan gambar 10 diatas dapat dijelaskan bahwa. Transceiver SDR HF frekuensi 28 Mhz merupakan frekuensi masukan untuk Transverter. peralihan mode HF dan VHF menggunakan saklar power on/off. ketika saklar power off atau dalam mode HF, transceiver SDR akan terhubung langsung ke jalur antenna HF. Dan ketika saklar power on maka akan melewati bagian bagian transverter terlebih dahulu kemudian dipancarkan. Push To Talk(PTT) merupakan mode aktivasi dalam transverter untuk RX/TX, ketika PTT transverter ditekan maka switch akan mengarah ke bagian rangkaian pemancar. Frekuensi masukan 28 Mhz akan melewati bagian attenuator untuk dilemahkan. Selanjutnya frekuensi 28 Mhz melalui tahap mixer untuk di campur/gabung dengan frekuensi 116 Mhz yang berasal dari local oscillator untuk menghasilkan frekuensi 144 Mhz. Setelah melalui tahap mixer, selanjutnya frekuensi 144 Mhz di filter menggunakan rangkaian band pass filter. Setelah melalui tahap band pass filter, frekuensi 144 Mhz dikuatkan dengan daya pancar sebesar 5 watt pada bagian rangkaian power amplifier untuk selanjutnya dipancarkan melalui antenna.

Ketika PTT tidak ditekan maka switch akan mengarah ke bagian rangkaian penerima. Antenna menerima frekuensi 144 Mhz kemudian melewati blok rangkaian pre-amplifier untuk menguatkan sinyal audio yang diterima. Setelah dari rangkaian pre-amplifier, sinyal yang diterima di filter menggunakan rangkaian band pass filter. Kemudian melewati bagian rangkaian mixer yang melakukan penurunan frekuensi dari frekuensi diterima 144 Mhz diturunkan menjadi 28 Mhz dengan bantuan local oscillator 116 Mhz. Selanjutnya frekuensi akan melewati bagian low pass filter yang digunakan untuk tetap menjaga frekuensi 28 Mhz dan diterima oleh perangkat transceiver SDR HF.

B. Analisis Rangkaian Attenuator



Gambar 19 Rangkaian Attenuator

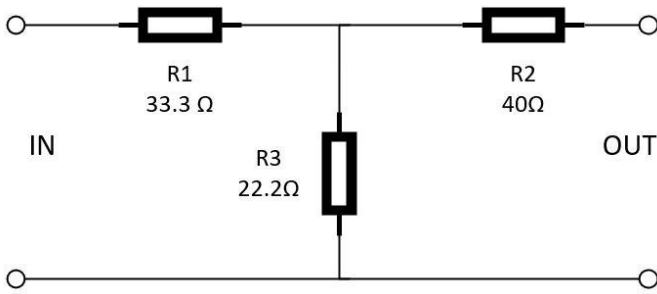
• Peralihan Mode Frekuensi HF dan VHF

Pada gambar rangkaian diatas dapat dijelaskan bahwa peralihan mode HF dan VHF menggunakan saklar power on/off. ketika saklar power off atau dalam mode HF, transceiver SDR akan terhubung langsung ke jalur antenna HF. Saat saklar power on, arus +12V akan mengalir ke rangkaian perangkat transverter. LED HL1(red) akan menyala sebagai indikator bahwa perangkat telah teraliri arus dan dalam mode VHF. Perangkat transverter menggunakan ptt (push to talk) untuk mengaktifkan relay untuk terhubung ke rangkaian pemancar atau penerima. Saat ptt ditekan, ptt akan terhubung ke ground dan LED HL2 (green) akan menyala sebagai indikator bahwa perangkat komunikasi dalam kondisi memancar frekuensi.

Kondisi relay K2 diatur oleh saklar power on/off. saat saklar power off, relay K2 dalam kondisi normally open dan terhubung ke jalur antenna HF. kemudian ketika kondisi saklar power on, relay K2 dalam kondisi normally close dan relay yang awalnya terhubung ke jalur antenna HF akan berpindah posisi untuk terhubung ke jalur rangkaian transverter. Kondisi relay K1 dan K3 diatur oleh ptt. Apabila ptt tidak ditekan maka perangkat komunikasi dalam kondisi menerima frekuensi, relay K1 dan K3 akan berada dalam kondisi normally open untuk menghubungkan langsung rangkaian transverter ke transceiver SDR. Ketika ptt ditekan maka perangkat komunikasi dalam kondisi memancar frekuensi, relay K1 dan K3 akan berada dalam kondisi normally close untuk menghubungkan transceiver SDR ke rangkaian transverter dengan melewati rangkaian attenuator terlebih dahulu.

• Analisis Rangkaian Attenuator

Pada gambar 11 tampak rangkaian attenuator yang digunakan adalah attenuator 30dB tipe T, dengan penguatan daya yang berasal dari SDR HF transceiver sebesar 5 Watt (37dBm).



Gambar 20 Attenuator 30dB Tipe T

$$R1 = \left[\frac{1}{\frac{1}{300} + \frac{1}{300} + \frac{1}{300} + \frac{1}{300} + \frac{1}{300} + \frac{1}{300} + \frac{1}{300} + \frac{1}{300} + \frac{1}{300}} \right] = 33.3\Omega$$

$$R2 = \left[\frac{1}{\frac{1}{200} + \frac{1}{200} + \frac{1}{200} + \frac{1}{200} + \frac{1}{200}} \right] = 40\Omega$$

$$R3 = \left[\frac{1}{\frac{1}{200} + \frac{1}{200} + \frac{1}{200} + \frac{1}{200} + \frac{1}{200} + \frac{1}{200} + \frac{1}{200} + \frac{1}{200} + \frac{1}{200}} \right] = 22.2\Omega$$

$$Rino = R2 + R3 = 40 + 22.2 = 62.2\Omega$$

$$Rins = R1 + \left(\frac{1}{\frac{1}{R2} + \frac{1}{R3}} \right) = 33.3 + \left(\frac{1}{\frac{1}{40} + \frac{1}{22.2}} \right) = 33.3 + 13.32 = 46.62\Omega$$

$$Ro = \sqrt{Rins \times Rino} = \sqrt{46.62 \times 62.2} = 53.8\Omega$$

Jadi resistansi atau impedansi sumber masukan dan sumber keluaran adalah 53.8Ω.

C. Analisis Rangkaian Transverter

1) Analisis Rangkaian Pemancar TX

Berdasarkan gambar 13 rangkaian transverter dapat dianalisis pada rangkaian pemancar pada transverter sebagai berikut :

- Pin 1 merupakan pin untuk frekuensi masukan 28 MHz dari transceiver SDR HF yang sudah melewati bagian attenuator, kemudian Low pass filter digunakan untuk tetap mempertahankan harmonisa frekuensi ke-1 atau frekuensi fundamentalnya. Low pass filter 5 elemen komponen pada penelitian ini menggunakan lowpass filter jenis chebyshev dengan hasil perhitungan frekuensi cutoff sebesar 30 MHz.

$$Fc1 = \frac{G1}{Rx2\pi x C43} = \frac{0.7563}{50 \times 2\pi(80 \times 10^{-12})} = 30 \text{ MHz}$$

$$Fc2 = \frac{G3}{Rx2\pi x C44} = \frac{1.577}{50 \times 2\pi(167 \times 10^{-12})} = 30 \text{ MHz}$$

$$Fc3 = \frac{G5}{Rx2\pi x C45} = \frac{0.7563}{50 \times 2\pi(80 \times 10^{-12})} = 30 \text{ MHz}$$

- Local Osilator yang digunakan adalah tipe Crystal dengan frekuensi 38.666 MHz, kemudian bandpass filter yang terdiri dari komponen inductor dan kapasitor dengan nilai komponen L2=57.1nH, C6=33pF digunakan untuk mendapatkan harmonisa frekuensi ke-3 sebesar 116 MHz dari frekuensi fundamentalnya yaitu 38.666 MHz.

$$Fc = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(57.1 \times 10^{-9}) \times (33 \times 10^{-12})}} = 116 \text{ MHz}$$

- Mixer menggunakan transistor dual gate Mosfet BF998 dengan pencampuran IF 28MHz ke terminal G1 dan LO 116 MHz ke G2. Output dari drain menghasilkan frekuensi 144 MHz. Band Pass Filter digunakan untuk memastikan sinyal yang dipancarkan tetap dalam rentang frekuensi yang diinginkan sebesar 144 MHz. dengan nilai komponen BPF 1 L3=50.8nH, C14=24pF dan BPF 2 L5=11.7nH, C19=36pF, C20=68pF).

$$Fc1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(50.8 \times 10^{-9}) \times (24 \times 10^{-12})}} = 144 \text{ MHz}$$

$$Fc2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(11.7 \times 10^{-9}) \times (104 \times 10^{-12})}} = 144 \text{ MHz}$$

- Rangkaian penguat daya yang digunakan adalah jenis penguat daya kelas A dengan beberapa bagian atau tingkatan yaitu driver, penguat daya awal kelas A, penguat daya akhir atau final amplifier kelas A. Driver berfungsi untuk memastikan penguat daya bekerja dengan efisien pada frekuensi kerja yang diinginkan serta meminimalkan distorsi pada sinyal output. Driver menggunakan transistor BFS17A yang bekerja pada tegangan basis 5.82V, kemudian komponen inductor L7=50.8nH dan kapasitor C24=24pF yang menghasilkan frekuensi cutoff 144 MHz.

$$Fc = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(50.8 \times 10^{-9}) \times (24 \times 10^{-12})}} = 144 \text{ MHz}$$

Rangkaian penyusun pada Transistor Q8 digunakan sebagai penguat daya kelas A tingkat pertama untuk memberikan penguatan tambahan sehingga sinyal cukup kuat untuk diproses pada penguat daya akhir atau final amplifier. Final amplifier berfungsi untuk memastikan sinyal keluaran memiliki daya yang cukup untuk dipancarkan. Final amplifier menggunakan transistor mosfet RD15HVF1 untuk tahap keluaran penguatan daya tinggi pada band VHF. Dengan nilai

tegangan dari RV2 sebesar 3.41 V. Besarnya daya yang dipancar berasal dari daya yang masuk pada perangkat transverter yaitu perangkat transceiver SDR HF sebesar 5 watt.

$$Ap = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{5watt}{5watt} = 1$$

Jadi penguat daya kelas A menguatkan daya sebesar 1x penguatan.

- Kemudian lowpass filter yang terdiri dari komponen inductor dan kapasitor, dengan nilai komponen $L2=21.8nH$, $C37=100pF$, $C40=56pF$ digunakan untuk untuk tetap mempertahankan frekuensi fundamentalnya sebesar 144 MHz, lalu diteruskan ke pin 7 yang terhubung dengan antena VHF.

$$Fc = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(21.8 \times 10^{-9}) \times (56 \times 10^{-12})}} = 144 \text{ MHz}$$

2) Analisis Rangkaian Penerima RX

Berdasarkan gambar 13 rangkaian transverter dapat dianalisis pada rangkaian pemancar pada transverter sebagai berikut :

- Frekuensi yang diterima oleh Antena omnidirectional akan menuju pin 7 dan melewati low pass filter terlebih dahulu kemudian dilanjut dengan pemrosesan selanjutnya.

$$Fc = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(21.8 \times 10^{-9}) \times (56 \times 10^{-12})}} = 144 \text{ MHz}$$

- Transistor Q7 (BF998) berfungsi sebagai pre-amplifier untuk memperkuat sinyal audio secara efektif dengan kualitas tinggi, memungkinkan tahap pemrosesan selanjutnya menghasilkan suara yang optimal dan jernih. Band Pass Filter digunakan untuk memisah sinyal frekuensi yang tidak diinginkan dan membantu mengurangi noise yang masuk sehingga meningkatkan kualitas sinyal yang diterima. Dengan nilai komponen BPF 1 $L4=50.8nH$, $C16=24pF$ dan BPF 2 $L6=50.8nH$, $C17=24pF$.

$$Fc1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(50.8 \times 10^{-9}) \times (24 \times 10^{-12})}} = 144 \text{ MHz}$$

$$Fc2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(50.8 \times 10^{-9}) \times (24 \times 10^{-12})}} = 144 \text{ MHz}$$

- Penurunan frekuensi menggunakan mixer transistor dual gate Mosfet BF998 dengan pencampuran RF 144MHz ke terminal G1 dan LO 116 MHz ke G2. Output dari drain menghasilkan frekuensi 28 MHz. kemudian dilanjutkan dengan tahapan low pass filter yang digunakan untuk untuk tetap mempertahankan frekuensi fundamentalnya sebesar 28 MHz.

$$Fc = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(2.2 \times 10^{-6}) \times (15 \times 10^{-12})}} = 28 \text{ MHz}$$

- Setelah melewati bagian mixer dan lpf, frekuensi 28MHz yang dihasilkan akan melewati lowpass filter 5 elemen jenis chebyshev terlebih dahulu, kemudian

frekuensi 28 MHz diteruskan pada pin 1 untuk diterima oleh perangkat Transceiver SDR HF.

$$Fc1 = \frac{G1}{Rx2\pi\sqrt{C43}} = \frac{0.7563}{50 \times 2\pi\sqrt{(80 \times 10^{-12})}} = 30 \text{ MHz}$$

$$Fc2 = \frac{G3}{Rx2\pi\sqrt{C44}} = \frac{1.577}{50 \times 2\pi\sqrt{(167 \times 10^{-12})}} = 30 \text{ MHz}$$

$$Fc3 = \frac{G5}{Rx2\pi\sqrt{C45}} = \frac{0.7563}{50 \times 2\pi\sqrt{(80 \times 10^{-12})}} = 30 \text{ MHz}$$

IV. SIMULASI DAN ANALISA

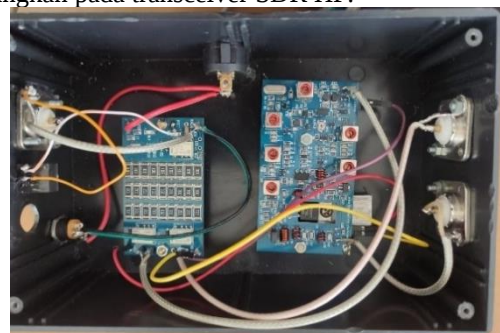
A. Realisasi Prototipe Sistem Transverter

Prototipe Sistem transverter yang telah teralisasi terdiri dari 3 bagian, yaitu : bagian Input, bagian sistem transverter, bagian output.



Gambar 21 Bagian Input Transverter

Pada gambar 21, bagian input transverter terdapat beberapa konektor, yaitu : konektor jack untuk dihubungkan pada PTT, konektor adaptor +12V, dan konektor RG58 untuk dihubungkan pada transceiver SDR HF.



Gambar 22 Bagian Sistem Transverter

Pada gambar 22 menunjukkan bagian pemrosesan sistem transverter untuk meningkatkan frekuensi HF ke VHF.



Gambar 23 Bagian Output Transverter

Pada gambar 23, bagian output transverter dihubungkan ke antenna. Terdapat 2 konektor RG58, konektor RG58 VHF dihubungkan pada antenna omnidirectional VHF dan konektor RG58 HF dihubungkan pada antenna open dipole HF.

B. Pengujian Frekuensi

Pengujian ini digunakan untuk memastikan frekuensi yang digunakan pada bagian rangkaian. Seperti frekuensi input pada transverter, frekuensi pada local oscillator, dan frekuensi pada keluaran mixer.

1) Frekuensi Input



Gambar 24 Frekuensi Input Transverter

Pada gambar 24 frekuensi input transverter yang terbaca oleh frequency counter menunjukkan hasil frekuensi mendekati 28 MHz. Hal ini sesuai dengan spesifikasi pada perangkat transverter.

2) Frekuensi Local Oscillator



Gambar 25 Frekuensi Local Oscillator

Pada gambar 25 frekuensi local oscillator yang terbaca oleh frequency counter menunjukkan hasil frekuensi 116 MHz. Hal ini sesuai dengan spesifikasi pada perangkat transverter.

3) Frekuensi Keluaran Mixer



Gambar 26 Frekuensi Keluaran Mixer

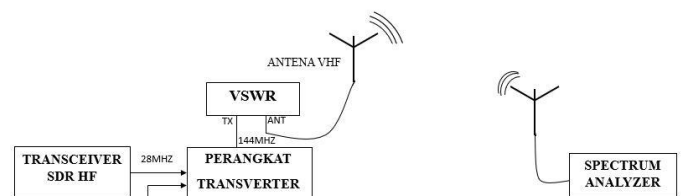
Pada gambar 4.6 frekuensi keluaran pada mixer yang terbaca oleh frequency counter menunjukkan hasil frekuensi 140 MHz. kemudian melewati rangkaian bandpass filter untuk mendapatkan frekuensi 144 MHz.

C. Pengujian Ketepatan Dan Kestabilan Frekuensi

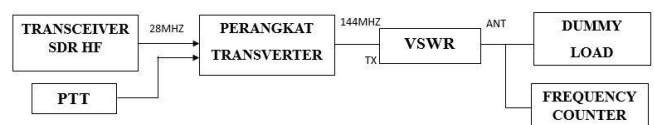
Perancangan dan realisasi sistem perangkat transverter telah di laksanakan, namun masih memerlukan pengujian untuk mengetahui kinerja sistem transverter. Pengujian yang dilakukan adalah ketepatan serta kestabilan frekuensi yang di pancarkan maupun yang diterima. Perangkat transverter dihubungkan dengan perangkat transceiver sdr untuk dilakukan pengujian yang ditunjukkan pada gambar 27.



Gambar 27 Konfigurasi Perangkat Transceiver SDR dan Tranverter



Gambar 28 Pengujian Menggunakan Spectrum Analyzer



Gambar 29 Pengujian Menggunakan Frequency Counter

Alur konfigurasi atau penyambungan masing masing perangkat dapat dilihat pada gambar 28 dan gambar 29 dengan penjelasan sebagai berikut:

- Perangkat transceiver SDR HF dihubungkan dengan bagian input perangkat transverter menggunakan kabel konektor RG58.
- PTT dihubungkan ke socket jack yang ada pada bagian input perangkat transverter.
- Bagian output VHF perangkat transverter dihubungkan dengan bagian TX vswr menggunakan kabel konektor RG58.
- Bagian ANT vswr terhubung dengan antenna omnidirectional VHF.
- Pada bagian Spectrum Analyzer juga dihubungkan dengan antenna.
- Perangkat frequency counter dihubungkan pada keluaran ANT untuk melakukan pengukuran frekuensi yang dipancarkan.

Dari pengujian ketepatan dan kestabilan frekuensi pada band 2 meter yang ditampilkan pada aplikasi piHPSDR dengan menu VFOA dan alat pengukuran yang digunakan adalah VSWR, Spectrum Analyzer, dan Frequency Counter mendapatkan hasil pengujian sebagai berikut:

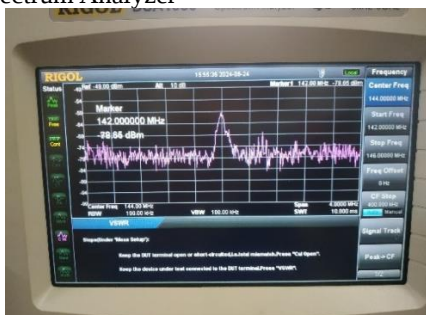
1) Hasil VSWR



Gambar 30 Hasil VSWR

Daya yang keluar dari perangkat transverter pada frekuensi kerja 144 MHz sebesar 4 Watt, hasil tersebut cukup mendekati nilai penguat daya yang digunakan sebesar 5Watt.

2) Hasil Spectrum Analyzer



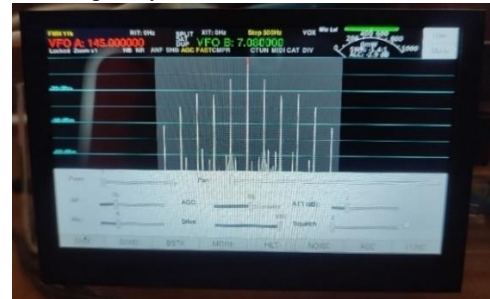
Gambar 31 Hasil Spectrum Analyzer

Pada perangkat spectrum analyzer terdapat beberapa pengaturan terlebih dahulu seperti penyesuaian frekuensi pada spectrum analyzer, yaitu frekuensi

awal sebesar 142 MHz, frekuensi akhir sebesar 146 MHz dan frekuensi Tengah sebesar 144 MHz.

Saat kondisi PTT ditekan maka perangkat transceiver SDR VHF akan memancarkan frekuensi, frekuensi yang di pancarkan akan di terima oleh spectrum analyzer. Spektrum frekuensi yang tampil pada spectrum analyzer menunjukkan bahwa frekuensi VHF yang di pancarkan tepat pada titik frekuensi tengah yaitu 144 MHz dengan -59 dBm pada band 2 meter.

3) Hasil Frequency Counter



Gambar 32 Frekuensi Kerja



Gambar 33 Hasil Frekuensi Pengukuran

Bukti pengujian keakuratan frekuensi yang dipancarkan ditunjukan pada Gambar 32 dan Gambar 33 menunjukkan frekuensi yang terbaca oleh frequency counter.

Tabel 1 Hasil Pengukuran dan Keakuratan Frekuensi

Band (meter)	Frekuensi Kerja (MHZ)	Frekuensi Pengukuran (MHZ)	Persentase Error (%)
2	144.000.000	144.000.500	0,000347
	144.500.000	144.500.400	0,000276
	145.000.000	145.005.000	0,003448
Nilai Error Rata-Rata			0,001772

Dari Tabel diatas hasil pengujian keakuratan frekuensi pada setiap frekuensi kerjanya yang telah dilakukan menghasilkan nilai error rata – rata sekitar 0.001772%.

V. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Dalam realisasi sistem transverter transceiver sdr 28 MHz ke 144 MHz dapat menggunakan local oscillator 116 MHz.

- 2) Frekuensi input 28 MHz dan frekuensi Local Oscillator 116 MHz dicampur menggunakan dual gate mosfet yang menghasilkan keluaran frekuensi 140 MHz, kemudian frekuensi yang keluar melewati rangkaian bandpass filter untuk menghasilkan frekuensi 144 MHz.
- 3) Saat transceiver sdr memancarkan frekuensi, hasil pengukuran daya pancar menggunakan VSWR sebesar 4 watt.
- 4) Pengujian yang telah dilakukan menunjukkan ketepatan frekuensi pada sistem transverter, frekuensi yang diterima pada spectrum analyzer sebesar 144 MHz dengan level daya terima -59dBm.
- 5) Pengujian ketepatan dan kestabilan frekuensi yang telah dilakukan pada band 2 meter menghasilkan persentase error 0.001772%.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Sainath And K. V. Karthikeyan, "A Configurable Lte Transceiver Implementation On Sdr," Vol. 10, No. 9, 2015.
- [2] 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.
- [3] S. Sotyohadi And I. Budi Sulistiawati, "Desain Low Noise Transceiver 7 Mhz Berbasis Software Defined Radio (Sdr)," *Mnemonic*, Vol. 2, No. 1, Pp. 73–78, Dec. 2019, Doi: 10.36040/Mnemonic.V2i1.55.
- [4] R. A. Syah, T. Dutono, T. B. Santoso, And Z. Zakariyah, "Hf And Vhf/Uhf Transverter System For Disaster Area Communication," In *2020 International Electronics Symposium (Ies)*, Surabaya, Indonesia: Ieee, Sep. 2020, Pp. 163–168. Doi: 10.1109/Ies50839.2020.9231800.
- [5] E. J. Pristianto And S. Hardiati, "Desain Dan Pembuatan Alat Pengendali Nilai Redaman Attenuator Digital Radio Frekuensi (Rf) Pada Sistem Komunikasi Melalui Jaringan Tcp/Ip," No. 1, 2011.
- [6] J. Karim, A. H. M. Z. Alam, And A. N. Nordin, "Mems-Based Oscillators: A Review," *Iiumej*, Vol. 15, No. 1, May 2014, Doi: 10.31436/Iiumej.V15i1.446.
- [7] B. Murtianta, D. Susilo, And R. Salenda, "Pemancar Modulasi Frekuensi Dengan Modul Grf-3300," *Tech*, Vol. 17, No. 02, Pp. 81–92, Nov. 2018, Doi: 10.31358/Techne.V17i02.174.
- [8] L. E. Frenzel, *Principles Of Electronic Communication Systems*, Fourth Edition. New York, Ny: Mcgraw-Hill Education, 2016.
- [9] F. Farida, "Optimasi Lowpass Filter Mikrostrip Frekuensi 10,6 Ghz Dengan Metode Step-Impedansi," *Js*, Vol. Vol.06, Pp. 89–95, Oktober 2017.
- [10] S. Fuada, G. Alisrobia, M. Hasanah, M. C. Yustina, And D. Rahmawati, "Penggunaan Virtual Lab. Circuit Wizard Untuk Simulasi Rangkaian High Pass Filter Pasif," *Jitter*, Vol. 9, No. 2, Apr. 2023, Doi: 10.33197/Jitter.Vol9.Iss2.2023.1010.
- [11] A. D. Pratama And E. Elisma, "Perancangan Dan Realisasi Dual-Band Band-Stop Filter Dengan Metode Spurline Dan Stepped-Impedance Resonator Pada Frekuensi 2.45 Ghz Dan 5.8 Ghz," *Irwns*, Vol. 12, Pp. 29–34, Aug. 2021, Doi: 10.35313/Irwns.V12i0.2652.
- [12] A. Muliadi And K. Muttaqin, "Filtering Sinyal Menggunakan Bandpass Filter," *Jurnal Informatika Dan Komputer*, Vol. 02, Pp. 12–16, 2021.
- [13] B. Murtianta, "Pemancar Dan Penerima Fm," *Tech*, Vol. 16, No. 02, Pp. 65–78, Oct. 2017, Doi: 10.31358/Techne.V16i02.160.
- [14] A. Muthiah, B. S. Nugroho, And Y. Wahyu, "Antena Omnidirectional Ultra Wide Band (Uwb) Untuk Aplikasi Electronic Support Measure (Esm)".

VII. BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Kabupaten Pasuruan, tanggal 23 Maret 2002 dari pasangan Bapak Khoirul Anam dan Ibu Anik Rahmawati. Penulis menempuh pendidikan terakhir di SMKN 1 Bangil dengan memilih kompetensi keahlian Teknik Komputer dan Jaringan dan lulus pada tahun 2020. Penulis melanjutkan lagi di perguruan tinggi Institut Teknologi Nasional Malang dan memilih program studi Teknik Elektro S-1, peminatan Teknik Telekomunikasi, penulis aktif dalam kegiatan asisten Laboratorium Jaringan Telekomunikasi ITN Malang.