

# ***Cross-Band Repeater* HAM Radio berbasis SDR dan *Raspberry Pi* untuk Tanggap Darurat Bencana Alam**

**ALDIL BHASKORO ANGGITO ISDWIHardjo, Rohmat Tulloh, Dwi Andi Nurmantris**

Fakultas Ilmu Terapan, Telkom University, Indonesia  
Email: [aldilbhaskoro@gmail.com](mailto:aldilbhaskoro@gmail.com)

*Received* 9 Juni 2023 | *Revised* 26 Juni 2023 | *Accepted* 1 Juli 2023

## **ABSTRAK**

*Indonesia merupakan negara rawan bencana alam yang dampaknya dapat melumpuhkan akses telekomunikasi publik. Hal ini menjadi penghambat ketika proses koordinasi evakuasi korban bencana. Diperlukan alternatif untuk berkomunikasi, seperti radio genggam atau Handy Transceiver (HT). Namun HT memiliki kekurangan pada jangkauannya yang terbilang kecil sekitar 2 – 5 Km tanpa penghalang. Untuk mengatasi kekurangan tersebut, Pada penelitian ini dilakukan perancangan dan realisasi cross band repeater (XBR) HAM radio berbasis Software Defined Radio (SDR) dan Raspberry-Pi. XBR HAM radio merupakan Radio Pancar Ulang dengan menerapkan 2 frekuensi yang berbeda pada sisi uplink dan downlink. Hasil pengujian pada area penduduk dengan intensitas padat menunjukkan bahwa XBR HAM radio yang telah dibuat dapat menjangkau area sejauh 8,8 Km dengan pancaran maksimal sebesar 10 watt serta penguatan pada SDR sebesar 49.6 dB pada ketinggian 15 meter.*

**Kata kunci:** *Cross band repeater, HAM Radio, Raspberry-Pi, SDR*

## **ABSTRACT**

*Indonesia is prone to natural disasters whose impact can paralyzing access to public telecommunication. It becomes an obstacle in the process of consolidating disaster victims. An alternative is needed to communicate, such as a handheld radio or Handy Transceiver (HT). However, HT has a disadvantage in its relatively small range of around 2-5 Km without obstructions. This study designed and realized a cross-band repeater (XBR) HAM radio based on Software Defined Radio (SDR) and Raspberry Pi to resolve the issue. XBR HAM Radio is a Retransmission Radio that applies two different frequencies on the uplink and downlink sides. Test results in residential areas with dense intensity show that the XBR HAM radio that has been made can reach an area of 8.8 km with a maximum beam of 10 watts and a gain of 49.6 dB at an SDR at the height of 15 meters from the ground*

**Keywords:** *Cross band repeater, HAM Radio, Raspberry-Pi, SDR*

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan perangkat komunikasi *mobile* seperti radio *Handy Transceiver* (HT) pada kondisi-kondisi tertentu, dapat menjadi pilihan alternatif ketika membutuhkan komunikasi yang tidak membutuhkan infrastruktur yang kompleks. Tidak hanya karena kepraktisan dalam pengoperasiannya saja, radio HT juga tidak memerlukan infrastruktur telekomunikasi khusus seperti halnya system komunikasi publik. HT menjadi alat komunikasi pilihan utama terutama ketika infrastruktur komunikasi publik rusak pada saat terjadi bencana alam. Pada umumnya HT dapat bekerja pada 2-m band, VHF (137 MHz – 171 MHz) dan pada 70-cm band, UHF (410 MHz – 450 MHz). Penggunaan HT sangat membantu dalam komunikasi ketika terjadi bencana disaat akses komunikasi publik telah lumpuh, terutama pada saat berkoordinasi untuk proses evakuasi korban bencana. Meskipun memiliki banyak kelebihan, HT juga memiliki kekurangan terutama pada daya pancarnya yang tergolong kecil sehingga jangkauan efektifnya hanya mencapai 2 hingga 5 Km saja dengan kondisi tanpa penghalang **(Saleh, dkk, 2019)**. Untuk memperluas jangkauan radio pada HT diperlukan tambahan berupa *Cross Band Repeater*.

*Cross band repeater* berfungsi untuk mengirimkan informasi yang lemah ke penerima lain dengan kualitas sinyal yang lebih baik untuk berkomunikasi. Selain itu perangkat radio amatir juga sangat mudah untuk dikembangkan bahkan dimodifikasi secara menyeluruh pada sistemnya dengan mempertahankan fungsinya. Pengembangan yang dapat dilakukan pada bidang radio amatir salah satunya adalah *cross band repeater* atau radio pancar ulang, pada umumnya untuk merealisasikan *cross band repeater* memerlukan dua perangkat radio amatir baik berupa HT atau *Handy Transceiver* dan RIG. Selain itu terdapat penggunaan istilah HAM pada dunia radio amatir, penggunaan kata HAM ini merujuk pada penggunaan kata amatir dimana penggunaannya merujuk pada komunikasi radio yang dilakukan oleh beberapa orang. Walaupun bersifat amatir, seseorang memerlukan lisensi untuk mengoperasikan perangkat radio secara resmi. Penggunaan lisensi ini juga berfungsi untuk memberikan identitas terhadap orang yang melakukan komunikasi radio. Identitas yang diberikan berupa susunan abjad *phonetic* yang disesuaikan dengan masing-masing wilayah ataupun organisasi yang mengurus radio amatir pada setiap negara, identitas ini berlaku dan wajib digunakan ketika melakukan komunikasi resmi terhadap orang lain yang melakukan komunikasi melalui komunikasi radio tersebut **(Saleh, dkk, 2019)**.

Penggunaan *cross band repeater* ini sangat membantu ketika melakukan komunikasi radio jarak jauh pada saat menyampaikan informasi maupun saat terjadi bencana, penggunaan *cross band repeater* sangat dibutuhkan ketika penggunanya saling menggunakan HT, hal ini dikarenakan jangkauan dari HT yang tergolong kecil. Pada penelitian ini telah dilakukan pengembangan dengan melakukan perancangan serta implementasi *cross band repeater* HAM radio berbasis SDR dan *Raspberry Pi* dengan frekuensi kerja pada perangkat radio amatir, dimana SDR berfungsi untuk menerima sinyal pada 70-cm band (UHF). Sedangkan pada *Raspberry Pi* akan memancarkan ulang informasi pada 2-m band (VHF) **(Saleh, dkk, 2019)**.

Penelitian terkait alternatif infrastruktur komunikasi pada daerah terpencil juga pernah dilakukan oleh **(Falih, dkk, 2019)** **(Ramadan, dkk, 2021)** yang mendesain dan mengimplementasikan infrastruktur cellular menggunakan *Open Source Mobile Communication* (OSMOCOM). Penggunaan *Software Define Radio* (SDR) dalam implementasi sistem komunikasi digital memang menjadi alternatif dikarenakan fleksibilitasnya **(Muslimin, dkk, 2016)**. Penelitian lain melakukan perancangan serta realisasi *cross band repeater* atau XBR menggunakan dua buah rig atau *radio transceiver* untuk membangun XBR **(Saleh, dkk, 2019)**. Implementasi hasil penelitian tersebut membutuhkan sumber daya yang cukup besar (listrik, lahan dan lain-lain). Pada penelitian **(Nayyar & Puri, 2015)** dilakukan review pada

perangkat *Raspberry Pi* yang memfokuskan pemasangan terhadap perangkat tambahan dengan menggunakan pin GPIO pada *Raspberry Pi*, tetapi tidak ada membahas tentang penggunaan GPCLK. Pada penelitian **(Wijanto, 2020)** dilakukan perancangan serta realisasi SDR dan *Raspberry Pi* sebagai penerima radio suara dengan mode *wide FM*. Pada penelitian **(Pourgholamhossein, dkk, 2014)** dilakukan perancangan serta realisasi *Low Pass Filter* untuk transmisi berdaya tinggi, akan tetapi tidak cocok untuk transmisi berdaya rendah. Pada penelitian **(Martínez-Quintero, dkk, 2019)** **(Solekhan & Iqbal, 2020)** dilakukan perancangan serta realisasi pemancar *FM Broadcast* dengan mode *wideband FM* dimana lebar pitanya berkisar 200KHz pada *Raspberry Pi* dimana sinyal RF dibangkitkan melalui osilator internal yang berfungsi sebagai *clock generator*. Selanjutnya sinyal *carrier* ini dimodulasi melalui *prosesor* yang terdapat pada *Raspberry Pi*, sebelum dilakukan modulasi sinyal informasi diproses lebih dalam melalui program yang telah dibuat dengan menggunakan bahasa C++. Setelah proses berjalan dengan lancar sinyal RF kemudian diteruskan untuk memancar pada GPIO 4 yang terdapat pada *Raspberry Pi*. Jika hanya digunakan untuk komunikasi suara (percakapan) kurang baik dalam penggunaan lebar pita, maka pada saat realisasi perangkat akan dilakukan kustomisasi agar *Raspberry Pi* dapat memancar dengan lebar pita yang sempit berkisar 8KHz.

SDR atau *Software Defined Radio* merupakan perangkat yang terdiri dari pengolahan sinyal secara *hardware* dan *software*. Pada *hardware*, SDR akan berfungsi sebagai penerima sinyal analog dengan menggunakan ADC atau Analog to Digital Converter yang berfungsi untuk merubah sinyal analog menjadi data digital. Pada sisi *software*, SDR akan melakukan pengelolaan sinyal, penguatan dan filterasi. Pada saat ini kebanyakan perangkat radio komunikasi menggunakan SDR, dimana sistem ini dapat menyederhanakan blok rangkaian dari perangkat radio komunikasi tersebut dengan menggabungkan *hardware* dan *software* yang dapat saling terintegrasikan **(Vachhani & Mallari, 2015)**. Diharapkan dengan kelebihan teknologi seperti ini dapat mengatasi berbagai macam kendala yang terdapat pada teknologi sistem radio komunikasi sebelumnya, seperti penggunaan frekuensi, sensitivitas pada daya terima oleh perangkat maupun pengurangan derau dan SDR pada sistem radio ini dapat membangun sistem yang lebih fleksibel dengan artian dapat melakukan komunikasi *multiband*, *decoding* ataupun *encoding* serta pemograman *multiservice* melalui sisi konfigurasi *software* yang terdapat pada SDR tersebut **(Meshram & Kolhare, 2019)** **(Rivera, dkk, 2018)** **(Shrivastava, 2017)**.

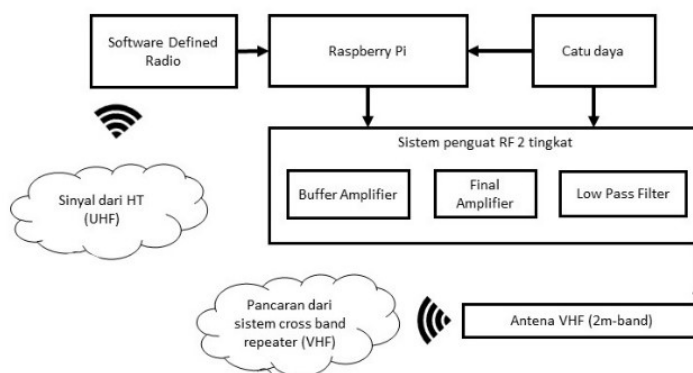
Pada penelitian ini, SDR dan *Raspberry Pi* dikonfigurasi agar dapat bekerja pada frekuensi radio amatir dan sesuai dengan standar komunikasi Internasional berupa mode *Narrow FM*. Selain itu juga, LPF (*Low pass Filter*) dan *amplifier* dua tingkat yang dapat bekerja pada transmisi berdaya rendah diimplementasikan agar dapat meningkatkan kualitas sinyal RF yang dihasilkan oleh *Raspberry Pi*.

Pita frekuensi amatir radio atau band plan merupakan peraturan yang memuat penggunaan pita frekuensi yang berlaku di Indonesia, alokasi spektrum frekuensi radio di setiap negara akan berbeda beda. Di Indonesia melalui Kementrian Komunikasi dan Informatika (Kominfo) mengatur penggunaan spektrum radio yang dituangkan di dalam peraturan Kominfo nomor 13 tahun 2018. Sedangkan secara internasional penggunaan spektrum radio diatur oleh *International Telecommunication Union* (ITU). Di Indonesia terdapat dua organisasi radio yang telah diakui oleh KOMINFO, yaitu ORARI atau Organisasi Amatir Radio Indonesia dan RAPI atau Radio Antar Penduduk Indonesia

## 2. PERANCANGAN SISTEM

### 2.1. Blok Diagram Sistem

Pada penelitian ini dilakukan perancangan *cross band repeater* berbasis SDR dan Raspberry Pi. Secara umum blok sistem dalam bentuk hardware dari sistem cross band repeater bisa dilihat pada Gambar 1.

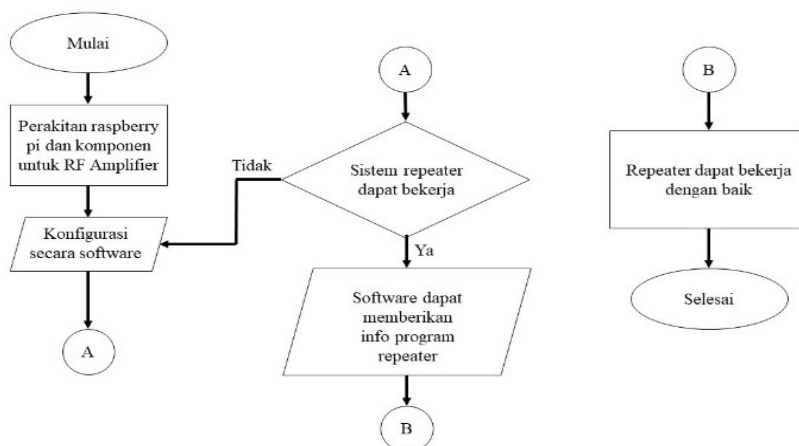


**Gambar 1. Blok Diagram repeater**

Sistem Repeater ini bekerja dengan menerima pancaran radio dan datanya diolah melalui SDR, kemudian data yang telah diolah melalui SDR diproses lebih lanjut dan dipancarkan kembali melalui Raspberry Pi dalam bentuk sinyal RF. Sinyal RF yang dihasilkan oleh Raspberry Pi diperkuat terlebih dahulu sebelum diteruskan menuju ke antena. Penguatan ini dilakukan dengan RF amplifier 2 tingkat yang bekerja pada VHF atau Very High Frequency.

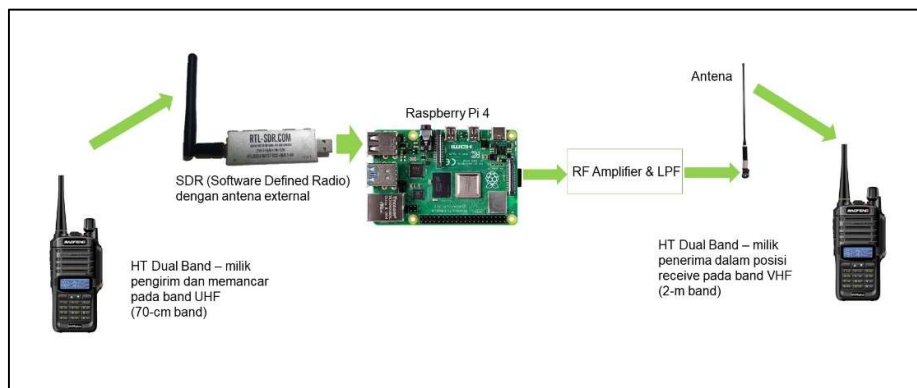
### 2.2. Perancangan Cross Band Repeater

Sistem *cross band repeater* ini tersusun dari dua komponen utama yaitu SDR atau *Software Defined Radio* dan Raspberry Pi *serta* komponen pendukung lainnya seperti sistem penguat. Adapun perancangan sistem ini dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2. Diagram Alir Perancangan Sistem Cross Band Repeater**

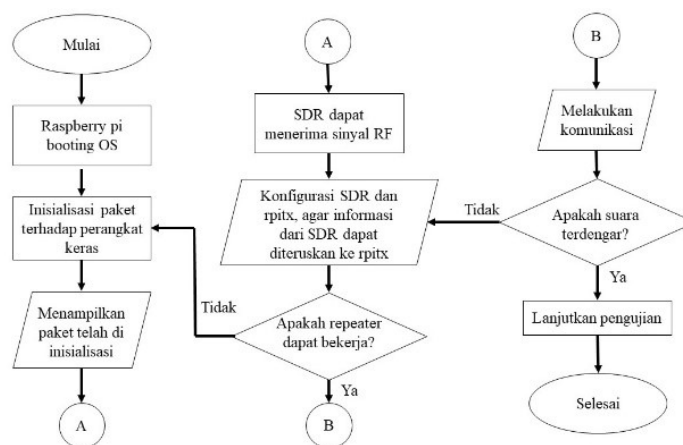
Langkah awal dalam perancangan Cross band repeater ini adalah perakitan hardware. Adapun hardware yang digunakan dalam perancangan ini terdiri dari: *Raspberry Pi 4b*, SDR dari RTL-SDR.COM v3, RF *Amplifier* & LPF yang saling terintegrasi dan Antena. Adapun ilustrasi cara kerja *repeater* ini bisa dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3. Komponen Hardware Cross band Repeater**

Dalam penelitian ini dibutuhkan beberapa komponen pendukung agar jangkauan dari repeater dapat lebih jauh diantaranya adalah RF amplifier. Sebanyak dua buah RF amplifier digunakan dalam repeater ini untuk mengurangi risiko kerusakan pada *Raspberry Pi*, selain itu penggunaan penguatan dua kali ini berfungsi untuk mengoptimalkan dari kinerja RF amplifier itu sendiri. Pada penguatan tingkat 1 atau buffer stage digunakan transistor 2N4427 yang dapat memperkuat sinyal RF hingga 1 Watt pada frekuensi 175 MHz. Sinyal RF ini kemudian diperkuat pada penguat tingkat 2 atau final Stage dengan mosfet RD15HVF1, RD15HVF1 ini dapat memperkuat sinyal RF dari 15 Watt hingga 20 watt dengan daya input RF 1 watt hingga 4 watt. Adapun tegangan yang diperlukan untuk mensuplai rangkaian final adalah 8 volt hingga 17 volt. Selanjutnya sinyal RF yang telah diperkuat, difilter menggunakan LPF.

Konfigurasi *software* dimulai dengan melakukan inialisasi pada *Raspberry Pi* terhadap *hardware* seperti SDR melalui RTL\_SDR dan GPIO pada *Raspberry Pi* melalui rpitx. Gambar 4 merupakan diagram alir Konfigurasi *software* dari sistem *cross band repeater*.



**Gambar 4. Diagram Alir Konfigurasi Software**

Program untuk konfigurasi pada CLI yang dilakukan secara SSH melalui *putty* terhadap Raspberry Pi bisa dilihat pada Gambar 5. Berikut merupakan konfigurasi *repeater* dari *software*. Program ini dibuat untuk menjalankan *service* seperti RTL\_SDR dan RPITX, serta melakukan konfigurasi agar SDR dapat terhubung secara langsung menuju RPITX. Pada program ini juga diberikan spesifikasi kerja seperti frekuensi yang diterima dan dipancarkan kembali, serta seberapa besar penguatan yang akan dilakukan oleh SDR untuk menerima frekuensi yang telah diberi.

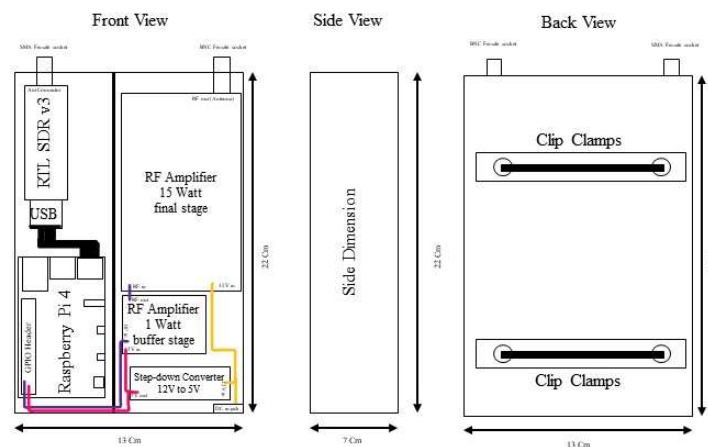
```
sudo rtl_fm -p 38 -s48000 -g 49.6 -l 3
-M fm -f 4180000000 |
csdr convert_i16_f | csdr gain_ff 12000 |
csdr convert_f_samplerf 20330 |
sudo rpitx -i- -m RF -f 140000 -c1&
```

**Gambar 5. Program Konfigurasi pada CLI terhadap Raspberry Pi**

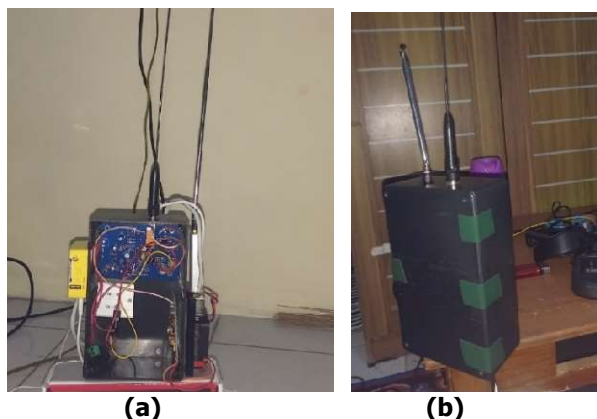
Berikut ini merupakan penjelasan singkat yang mewakili setiap penggunaan perintah tersebut:

1. `sudo rtl_fm -p 38 -s48000 -g 49.6 -l 3 -M fm -f 4180000000`, merupakan perintah untuk menjalankan program SDR secara *super user* dengan konfigurasi penguatan (*gain*) pada SDR dengan *sample rate* sebesar 48000 sebesar 49.6 dB terkonfigurasi pada frekuensi 418,000 MHz
2. `csdr convert_i16_f | csdr gain_ff 12000 | csdr convert_f_samplerf 20330`, merupakan konfigurasi pada *tool* CSDR yang berfungsi untuk menjalankan program DSP atau *Digital Sound Processor* untuk SDR pada *library* libcsdr (paket untuk program SDR), pada program ini dikonfigurasi untuk melakukan konversi *sampling* yang masuk dari SDR menjadi 20330. Pada penelitian ini digunakan konfigurasi basis dari dokumentasi yang tersedia.
3. `sudo rpitx -i- -m RF -f 140000 -c1&`, merupakan perintah untuk menjalankan program `rpitx` secara *super user* dengan konfigurasi untuk memancar melalui GPIO pada *Raspberry Pi* dengan frekuensi 140,000 MHz dengan *clock generator* 1.

Desain alat, casing serta penempatan komponen crossband repeater bisa dilihat pada Gambar 6. Kemudian hasil photo Prototype hasil perancangan akhir dari Crossband Repeater bisa dilihat pada Gambar 7.



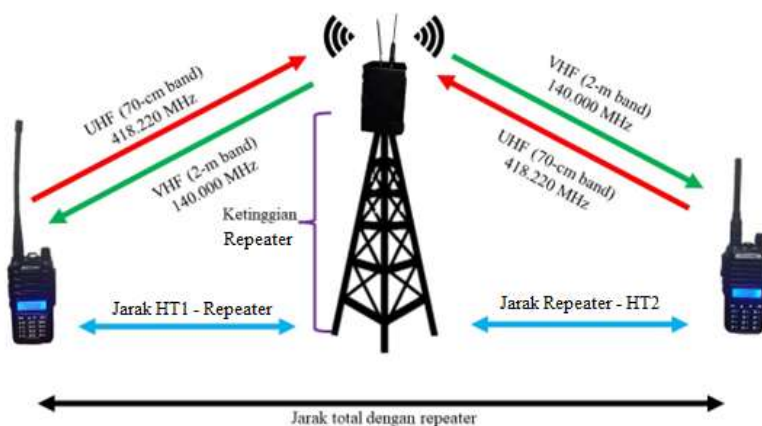
**Gambar 6. Desain Casing dan penempatan Komponen Crossband Repeater**



**Gambar 7. Hasil Impelementasi Crossband Repeater (a) Cover Casing terbuka (b) Cover Casing tertutup**

### 3. PENGUJIAN SISTEM DAN PEMBAHASAN

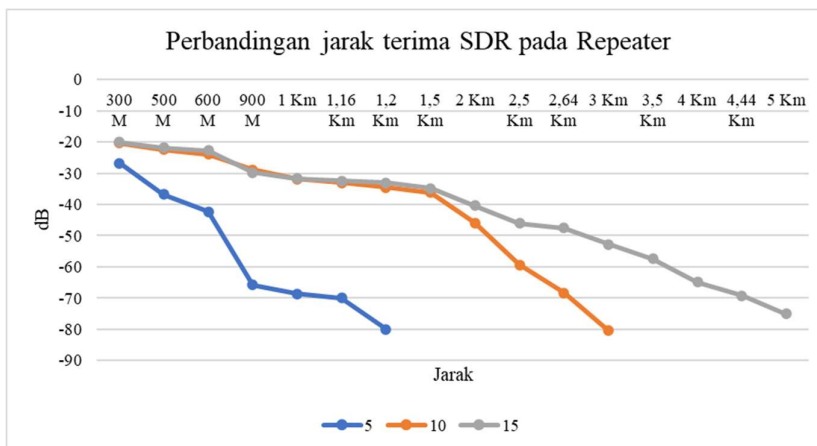
Setelah Perancangan dan Pembuatan Crossband repeater selesai dilakukan, Selanjutnya dilakukan pengujian Sistem. Adapun tujuan dari pengujian sistem ini adalah untuk mengetahui jarak pancar ketika melakukan komunikasi antar HT dengan menggunakan repeater. Pada HT konfigurasi untuk melakukan TX atau transmit berada pada mode high dengan kemampuan memancar sebesar 5 watt. Sedangkan pada sistem repeater dilakukan konfigurasi dengan kemampuan memancar sebesar 10 watt dengan penguatan pada SDR dan, sistem repeater berada pada 49.6 dB. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 3 skenario ketinggian repeater yaitu 5, 10, dan 15 Meter. Kondisi pengujian pada padat penduduk dengan menggunakan antenna bawaan pada setiap HT. Gambar 8 merupakan ilustrasi pengujian *cross band repeater*.



**Gambar 8. Skenario Pengujian Crossband Repeater**

Berikut merupakan hasil pengukuran yang terbagi menjadi 3 bagian:

- a. Pengaruh ketinggian Repeater terhadap Jarak Terima Repeater  
Gambar 9 menunjukkan perbandingan jarak terima oleh SDR pada repeater dengan penguatan pada SDR sebesar 49.6 dB dengan 3 tingkat ketinggian, yaitu 5, 10 dan 15 dalam satuan meter.

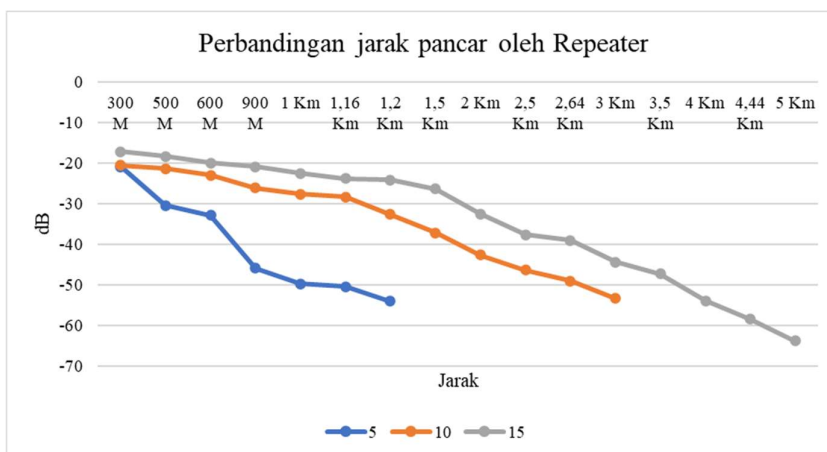


**Gambar 9. Perbandingan jarak Terima SDR pada repeater untuk Ketinggian repeater 5, 10, dan 15 Meter**

Pada ketinggian 5 meter, jarak terima repeater terjauh adalah sebesar 1.2 Km dengan level daya terima sebesar -80 dB. Pada ketinggian 10 meter, jarak terima repeater terjauh adalah sebesar 3 Km dengan level daya terima sebesar -80.4 dB. Sedangkan pada ketinggian 15 meter, jarak terima repeater terjauh adalah sebesar 5 Km dengan level daya terima -75 dB. Ketiga pengujian pengaruh ketinggian repeater ini menggunakan batasan titik terjauhnya adalah ketika suara tidak tertangkap lagi oleh repeater pada posisi repeater tersebut. Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi repeater, jarak terima repeater semakin jauh. Hal ini disebabkan karena ketika posisi repeater semakin tinggi, maka penghalang gelombangnya semakin sedikit sehingga bisa menerima signal dengan jangkauan yang lebih jauh.

b. Pengaruh ketinggian repeater terhadap Jarak Pancar Repeater

Gambar 10 menunjukkan perbandingan jarak pancar repeater ke penerima dengan penguatan pada SDR sebesar 49.6 dB, pengujian ini dilakukan dengan berjalan membawa HT penerima hingga suara tidak bisa diterima kembali oleh HT penerima.



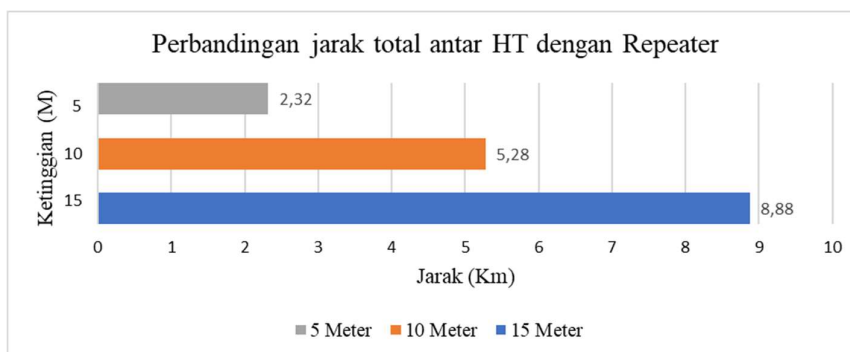


**Gambar 10. Perbandingan jarak pancar Repeater untuk ketinggian repeater 5, 10, dan 15 Meter**

Pada ketinggian 5 meter, jarak pancar terjauh repeater adalah sebesar 1.2 Km dengan level daya terima sebesar -53.9 dB. Pada ketinggian 10 meter, jarak pancar terjauh repeater adalah sebesar 3 Km dengan level daya terima sebesar -53.3 dB. Sedangkan pada ketinggian 15 meter, jarak jarak pancar terjauh repeater adalah sebesar 5 Km dengan level daya terima -63.7 dB. Ketiga pengujian jarak pancar repeater tersebut menggunakan batasan titik terjauhnya adalah ketika suara tidak tertangkap lagi oleh HT penerima. Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi repeater, jarak pancar repeater semakin jauh. Hal ini disebabkan karena ketika posisi repeater semakin tinggi, maka penghalang gelombangnya semakin sedikit sehingga bisa memancarkan sinyal dengan jangkauan jarak yang lebih jauh.

c. Pengaruh ketinggian repeater terhadap Jarak operasional Repeater

Gambar **11** menunjukkan perbandingan jarak komunikasi antar HT yang dapat dijangkau dengan menggunakan repeater, pengujian ini dilakukan dengan melakukan komunikasi sambil berjalan dengan batasan jarak pancar dari HT ke repeater. Pengujian ini menunjukkan bahwa jarak terjauh yang bisa dicapai untuk komunikasi antar HT menggunakan Repeater adalah sejauh 8,88 Km pada ketinggian repeater 15 meter.



**Gambar 11. Perbandingan Jarak Total Antar HT menggunakan Repeater untuk ketinggian Repeater 5, 10, dan 15 meter**

Pada ketinggian 5 meter, jarak Komunikasi antar HT terjauh menggunakan repeater adalah sebesar 2.32 Km. Pada ketinggian 10 meter, jarak Komunikasi antar HT terjauh menggunakan repeater adalah sebesar 5.28 Km. Sedangkan pada ketinggian 15 meter, jarak Komunikasi antar HT terjauh menggunakan repeater adalah sebesar 8.88 Km. Ketiga pengujian jarak pancar repeater tersebut menggunakan batasan titik terjauhnya adalah ketika suara tidak tertangkap lagi oleh HT penerima. Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi repeater, jarak komunikasi HT menggunakan repeater semakin jauh. Hal ini disebabkan karena ketika posisi repeater semakin tinggi, maka penghalang gelombangnya semakin sedikit sehingga jangkauan komunikasi semakin jauh.

Pada pengujian berikutnya melihat pengaruh kualitas suara terhadap jarak pada *cross band repeater*.

- a. Pengujian kualitas suara pada ketinggian *cross band repeater* 5 meter  
 Pada bagian ini ditentukan jarak maksimal yang efisien untuk melakukan komunikasi dua arah dengan ketinggian *repeater* 5 meter dari tanah. Jarak maksimum tersebut didapat dari kemampuan SDR pada repeater dalam menerima pancaran HT pengirim. Tabel 1 menunjukkan perbandingan sinyal yang diterima oleh Repeater dan HT penerima dengan kualitas suara pada repeater dan HT Penerima untuk ketinggian repeater 5 meter.

**Tabel 1. Perbandingan jarak terhadap daya terima oleh SDR dan HT**

No.	Jarak HT pengirim-Repeater (meter)	Daya terima Repeater (dB)	Kualitas Suara di Repeater	Daya terima HT Penerima (dB)	Jml Bar pada HT Penerima	Kualitas Suara di HT Penerima
1	300	-26,7 dB	Sangat baik	-20,8	5	Sangat baik
2	600	-42,3 dB	Sangat baik	-32,8	5	Sangat baik
3	900	-65,8 dB	Baik	-45,8	4	Sangat baik
4	1160	-70 dB	Samar-samar	-50,3	4	Baik
5	1200	-80 dB	Tidak ada	-53,9	4	Baik

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada jarak terjauh 1,2 Km antara HT pengirim dengan repeater, daya terima pada HT penerima masih bagus sebesar -53,9 dB sedangkan kualitas suara yang diterima oleh HT penerima juga masih baik. Tetapi jika dilihat pada repeater, daya terimanya sudah di level -80 dB dengan sudah tidak bisa menangkap suara dari HT pengirim. Hal ini menunjukkan bahwa batasan jarak jangkauan total repeater ini sangat ditentukan oleh jarak terima Repeater terhadap Sinyal HT pengirim.

- b. Pengujian kualitas suara pada ketinggian *cross band repeater* 10 meter  
 Pada bagian ini dibahas jarak maksimal yang efisien untuk melakukan komunikasi dua arah dengan ketinggian *repeater* 10 meter dari tanah. Jarak maksimum tersebut didapat dari kemampuan SDR pada *repeater* dalam menerima pancaran HT pengirim. Tabel 2 menunjukkan perbandingan sinyal yang diterima oleh Repeater dan HT penerima dengan kualitas suara pada repeater dan HT Penerima untuk ketinggian repeater 10 meter.

**Tabel 2. Perbandingan jarak terhadap daya terima oleh SDR dan HT**

No.	Jarak HT pengirim-Repeater (meter)	Daya terima Repeater (dB)	Kualitas Suara di Repeater	Daya terima HT Penerima (dB)	Jml Bar pada HT Penerima	Kualitas Suara di HT Penerima
1	0,5	-22,4 dB	Sangat baik	-21,3	5	Sangat baik
2	1	-31,9 dB	Sangat baik	-27,6	5	Sangat baik
3	1,5	-36,2 dB	Sangat baik	-37,1	4	Sangat baik
4	2	-45,9 dB	Baik	-42,5	4	Baik
5	2,5	-59,3 dB	Baik	-46,3	3	Baik
6	2,64	-68,3 dB	Samar-samar	-48,9	3	Baik
7	3	-80,4 dB	Tidak ada	-53,3	2	Baik

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada jarak terjauh 3 Km antara HT pengirim dengan repeater, daya terima pada HT penerima masih bagus sebesar -53,9 dB sedangkan kualitas suara yang diterima oleh HT penerima juga masih baik. Tetapi jika dilihat pada repeater, daya terimanya sudah di level -80,4 dB dengan sudah tidak bisa menangkap suara dari HT pengirim. Hal ini menunjukkan bahwa batasan jarak jangkauan total repeater ini sangat ditentukan oleh jarak terima Repeater terhadap Sinyal HT pengirim.

- c. Pengujian kualitas suara pada ketinggian *cross band repeater* 15 meter  
Pada bagian ini dibahas jarak maksimal yang efisien untuk melakukan komunikasi dua arah dengan ketinggian *repeater* 15 meter dari tanah, jarak maksimum tersebut didapat dari kemampuan SDR pada *repeater* dalam menerima pancaran HT pengirim. Tabel 3 menunjukkan perbandingan sinyal yang diterima oleh Repeater dan HT penerima dengan kualitas suara pada repeater dan HT Penerima untuk ketinggian repeater 15 meter.

**Tabel 3. Perbandingan jarak terhadap daya terima oleh SDR dan HT**

No.	Jarak HT pengirim-Repeater (meter)	Daya terima Repeater (dB)	Kualitas Suara di Repeater	Daya terima HT Penerima (dB)	Jml Bar pada HT Penerima	Kualitas Suara di HT Penerima
1	0,5	-21,9 dB	Sangat baik	-18,3	5	Sangat baik
2	1	-31,7 dB	Sangat baik	-22,5	5	Sangat baik
3	1,5	-34,8 dB	Sangat baik	-26,3	5	Sangat baik
4	2	-40,4 dB	Sangat baik	-32,4	5	Sangat baik
5	2,5	-46,1 dB	Baik	-37,6	4	Sangat baik
6	3	-52,8 dB	Baik	-44,3	4	Sangat baik
7	3,5	-57,4 dB	Baik	-47,2	3	Baik
8	4	-64,9 dB	Samar-samar	-53,8	3	Baik
9	4,44	-69,2 dB	Samar-samar	-58,4	3	Baik
10	5	-75 dB	Tidak ada	-63,7	3	Baik

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada jarak terjauh 5 Km antara HT pengirim dengan repeater, daya terima pada HT penerima masih bagus sebesar -63,7 dB sedangkan kualitas suara yang diterima oleh HT penerima juga masih baik. Tetapi jika dilihat pada repeater, daya terimanya sudah di level -75 dB dengan sudah tidak bisa menangkap suara dari HT pengirim. Hal ini menunjukkan bahwa batasan jarak jangkauan total repeater ini sangat ditentukan oleh jarak terima Repeater terhadap Sinyal HT pengirim.

#### 4. KESIMPULAN

Pada Penelitian ini telah berhasil merancang dan membuat prototipe Crossband Repeater menggunakan Raspberry Pi dan SDR yang juga dilengkapi dengan komponen penguat dan LPF. SDR pada sistem ini berfungsi sebagai receiver. Sinyal dari receiver kemudian ditumpangkan pada sinyal carrier yang dihasilkan oleh internal clock generator pada Raspberry

Pi, diminimalisir noisenya menggunakan LPF, dan dikuatkan amplitudonya menggunakan buffer stage amplifier dan final stage amplifier, untuk selanjutnya dipancarkan dalam bentuk sinyal RF. Skenario pada pengujian sistem Cross band Repeater ini dilakukan dengan mengukur jarak pancar maksimal dan kualitas suara yang dihasilkan dengan 3 tingkat ketinggian yaitu 5 m, 10 m, dan 15 m, dimana Crossband repeater ini dapat menjangkau jarak maksimum sejauh 8,8 Km dengan kualitas suara yang masih baik pada daya pancar final sebesar 10 watt, penguatan SDR 49.6 dB, posisi repeater pada ketinggian 15 meter, dan area dengan penduduk yang padat. Limitasi yang terdapat pada perangkat Cross Band Repeater ini adalah tidak semua frekuensi dapat dihasilkan oleh Raspberry Pi dalam kata lain ada beberapa frekuensi tertentu tidak dapat dihasilkan oleh clock generator yang terdapat pada Raspberry Pi, sehingga diperlukan analisa lebih lanjut cara untuk membangkitkan frekuensi tertentu baik melalui internal clock generator ataupun melalui clock generator external yang disuntikan ke Raspberry Pi. Noise yang dihasilkan oleh perangkat Raspberry Pi itu sendiri juga sangat mengganggu sehingga menurunkan kualitas suara yang dihasilkan, jadi diperlukan pengembangan filter RF yang berkelanjutan. Penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam pengembangan dunia radio komunikasi.

### DAFTAR RUJUKAN

- Band Plan ORARI atau Pita Frekuensi Amatir Radio Indonesia* | YC2TFB. (n.d.). Retrieved May 8, 2023, from <https://yc2tfb.net/2021/07/19/band-plan-orari-atau-pita-frekuensi-amatir-radio-indonesia/>
- Falih, M. D., Hafidudin, Ramadan, D. N., & Hadiyoso, S. (2019). Implementation of GPRS Service on Mobile Network Based OSMOCOM. *2019 IEEE Conference on Sustainable Utilization and Development in Engineering and Technologies, CSUDET 2019*, 276–280. <https://doi.org/10.1109/CSUDET47057.2019.9214748>
- GNU Radio*. (n.d.). Retrieved June 26, 2023, from [https://wiki.gnuradio.org/index.php/Main\\_Page](https://wiki.gnuradio.org/index.php/Main_Page)
- Harjoko, A., & Supardi, T. W. (2013). Acka 500 Watt Power Amplifier For A 144 Mhz Channel Based On A VHF Push-Pull Power MOS Transistor. *Journal of Computer Science*, 9(10), 1323–1328. <https://doi.org/10.3844/JCSSP.2013.1323.1328>
- Laufer, C. (n.d.). *The Hobbyist's Guide to the RTL-SDR: Really Cheap Software Defined Radio*.
- Martínez-Quintero, J. C., Estupiñán-Cuesta, E. P., & Rodríguez-Ortega, V. D. (2019). Raspberry PI 3 RF signal generation system. *Visión Electrónica*, 13(2), 294–299. <https://doi.org/10.14483/22484728.15160>
- Meshram, S., & Kolhare, N. (2019). The advent software defined radio: FM receiver with RTL SDR and GNU radio. *Proceedings of the 2nd International Conference on Smart Systems and Inventive Technology, ICSSIT 2019*, 230–235. <https://doi.org/10.1109/ICSSIT46314.2019.8987588>
- Muslimin, J., Asnawi, A. L., Ismail, A. F., & Jusoh, A. Z. (2016). SDR-Based Transceiver of

- Digital Communication System Using USRP and GNU Radio. *Proceedings - 6th International Conference on Computer and Communication Engineering: Innovative Technologies to Serve Humanity, ICCCE 2016*, 449–453. <https://doi.org/10.1109/ICCCE.2016.100>
- Nayyar, A., & Puri, V. (2015). Raspberry Pi-A Small, Powerful, Cost Effective and Efficient Form Factor Computer: A Review. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering (IJARCSSE)*, 5(July), 720–737. <https://www.researchgate.net/publication/305668622>
- Ramadan, D.N., Hadiyoso, S., Dzakwan Falih, M., & Fajar Nugroho Alam, M. (2021). Design And Implementation Of Multisite Cellular Network Based On Open Source System For Remote Areas. *LUME*, 10, 2. [www.ijstr.org](http://www.ijstr.org)
- Pourgholamhossein, Z., Askari, G., Hedayati, M., & Sadeghi, H. M. (2014). Design and implementation of a practical semi-lumped high power low-pass filter. *International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering*, 24(5), 605–614. <https://doi.org/10.1002/mmce.20805>
- RPiTX Beta for Raspberry Pi 4 Released*. (n.d.). Retrieved May 8, 2023, from <https://www.rtl-sdr.com/rpitx-beta-for-raspberry-pi-4-released/>
- Rtl-sdr - rtl-sdr - Open Source Mobile Communications*. (n.d.). Retrieved June 26, 2023, from <https://osmocom.org/projects/rtl-sdr/wiki/Rtl-sdr>
- RTL-SDR Tutorial: Setting up and using the SpyServer Remote Streaming Server with an RTL-SDR*. (n.d.). Retrieved May 8, 2023, from <https://www.rtl-sdr.com/rtl-sdr-tutorial-setting-up-and-using-the-spyserver-remote-streaming-server-with-an-rtl-sdr/>
- Saleh, C., Nurcahyo, E., & Noertjahjono, S. (2019). Komunikasi Jarak Jauh Radio VHF/UHF Menggunakan Cross Band Repeater (XBR) di Kube PSP Desa Kemiri Kecamatan Jabungmalang. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 9(1), 21–29. <https://doi.org/10.36040/INDUSTRI.V9I1.378>
- Rivera, I. Santiago, Vidal Beltran, S., & Martinez-Pinon, F. (2018). Spectrum Analyzer by Software Defined Radio. *Proceedings - 2018 International Conference on Mechatronics, Electronics and Automotive Engineering, ICMEAE 2018*, 93–97. <https://doi.org/10.1109/ICMEAE.2018.00024>
- Narayana, P. Satya, Syam Kumar, M. N. V. S., Keerthi Kishan, A., & Suraj, K. V. R. K. (2018). Design approach for wideband FM receiver using RTL-SDR and raspberry PI. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(2.31), 9–12. <https://doi.org/10.14419/IJET.V7I2.31.13386>

- Shrivastava, A. (2017). Design and development of low-range frequency modulated signal (F.M.) transmitter. *BIBECHANA*, 15, 30–36.  
<https://doi.org/10.3126/BIBECHANA.V15I0.18279>
- Solekhan, S., & Iqbal, M. (2020). Media Pembelajaran Pemancar Wireless FM Menggunakan Raspberry Pi. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 11(1), 257–262.  
<https://jurnal.umk.ac.id/index.php/simet/article/view/3980>
- Turning the Raspberry Pi Into an FM Transmitter - Imperial College Robotics Society*. (n.d.). Retrieved June 26, 2023, from [http://www.icrobotics.co.uk/wiki/index.php/Turning\\_the\\_Raspberry\\_Pi\\_Into\\_an\\_FM\\_Transmitter](http://www.icrobotics.co.uk/wiki/index.php/Turning_the_Raspberry_Pi_Into_an_FM_Transmitter)
- Vachhani, K., & Mallari, R. A. (2015). Experimental study on wide band FM receiver using GNURadio and RTL-SDR. *2015 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics, ICACCI 2015*, 1810–1814.  
<https://doi.org/10.1109/ICACCI.2015.7275878>
- Wijanto, H. (2020). Design of software defined radio (SDR) in 88 MHz to 800 MHz multiband frequency based Audio Receipt System at Raspberry. *Telekontran: Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali Dan Elektronika Terapan*, 7(2).  
<https://doi.org/10.34010/telekontran.v7i2.1749>