Perancangan dan Realisasi *Cross-Band Repeater* HAM Radio Berbasis SDR dan *Raspberry Pi*

Design and Realization of Cross-Band Repeater HAM Radio Based on SDR and Raspberry Pi

1st Aldil Bhaskoro Anggito Isdwihardjo
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
aldilbhaskoro@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Rohmat Tulloh
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
rohmatth@telkomuniversity.ac.id

3rd Dwi Andi Nurmantris
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
dwiandi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Pada saat ini di Indonesia sangat sering terjadi bencana alam di beberapa daerah. Salah contoh satu bencana yang sering terjadi adalah gempa. Ketika, terjadi gempa maka akan timbul banyak sekali masalah. Contohnya akses komunikasi berupa *handphone* atau telepon genggam yang masih sangat mengandalkan operator seluler sebagai aksesnya tidak mendapatkan sinyal ketika terjadi gempa, hal ini diakibatkan karena terputusnya jaringan listrik maupun RAN atau *Radio Access Network* yang rusak akibat bencana tersebut. Melihat kondisi tersebut diperlukan kepemilikan radio genggam atau *Handy Transceiver* agar ketika terjadi bencana alam para warga dapat saling berkomunikasi. Akan tetapi HT atau *Handy Transceiver* memiliki beberapa kekurangan, yaitu jangkauannya yang terbilang kecil sekitar 2 – 5 Km, dengan kondisi tanpa penghalang, untuk mengatasi hal tersebut diperlukan (XBR) *Cross Band Repeater*. *Cross band repeater* HAM radio merupakan RPU atau Radio Pancar Ulang dengan menerapkan 2 frekuensi yang berbeda pada sisi *uplink* dan *downlink*. Pada penelitian ini dilakukan perancangan serta realisasi *cross band repeater* HAM radio berbasis SDR dan *Raspberry Pi.* Diharapkan dengan pembuatan *cross band repeater* berbasis SDR dan Raspberry Pi ini dapat memodernisasi bidang komunikasi radio amatir, serta dapat memberikan bentuk sistem yang ringkas daripada RPU konvensional dan pengembangan yang mudah untuk dipahami oleh pemula.

Kata kunci—Raspberry Pi, SDR, cross band repeater, HAM Radio.

I PENDAHULUAN

Penggunaan perangkat komunikasi *mobile* pada saat ini sudah menjadi pilihan karena kepraktisan dalam pengoperasiannya. Selain itu penyampaian informasi dapat dilakukan dengan cepat dengan radio HT (*Handy Transceiver*). 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 tersebut sangat membantu dalam komunikasi ketika terjadi bencana, penyampaian trafik lalu lintas hingga sekedar melakukan komunikasi pada daerah yang masih minim dengan sinyal seluler. Dengan bentuk yang ringkas radio genggam atau Handy Transceiver memiliki beberapa kekurangan, yaitu daya pancar yang tergolong kecil dengan efektivitas 2 Km hingga 5 Km, dengan kondisi tanpa penghalang, untuk mengatasi hal tersebut diperlukan *Cross Band Repeater*.

Cross band repeater berfungsi untuk mengirimkan informasi yang lemah ke penerima lain dengan kualitas sinyal yang 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.

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 proyek ini akan 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) [1].

Terdapat penelitian [1] perancangan serta realisasi *cross band repeater* atau XBR menggunakan dua buah *rig* atau radio *transceiver* untuk membangun XBR tersebut, sehingga kurang cocok jika mempunyai sumber daya yang terbatas (listrik, lahan dan lain-lain). Pada penelitian [2] 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 [3] dilakukan perancangan serta realisasi SDR dan *Raspberry Pi* sebagai penerima radio suara dengan mode *wide FM*. Pada

penelitian [5] dilakukan perancangan serta realisasi *Low Pass Filter* untuk transmisi berdaya tinggi, akan tetapi tidak cocok untuk transmisi berdaya rendah. Pada penelitian [8] dilakukan perancangan serta realisasi pemancar FM *Broadcast* dengan mode *wideband FM*, jika hanya digunakan untuk komunikasi suara (percakapan) kurang baik dalam penggunaan lebar pita.

Untuk perancangan serta realisasi kali ini, penulis akan melakukan konfigurasi terhadap SDR dan *Raspberry Pi* agar dapat bekerja pada frekuensi radio amatir dan sesuai dengan standar komunikasi Internasional berupa mode *Narrow FM*. Selain itu akan dilakukan implementasi penggunaan LPF yang dapat bekerja pada transmisi berdaya rendah agar dapat meningkatkan kualitas sinyal RF yang dihasilkan oleh *Raspberry Pi.*

II DASAR TEORI

A. *Raspberry Pi*

Raspberry Pi biasa disebut raspi merupakan perangkat komputer yang saling terintegrasi dan tersusun dalam satu papan sirkuit (*Single Board Computer*). Penggunaan *Raspberry Pi* sangat membantu dalam perkembangan di semua bidang, mulai dari IoT hingga kluster komputer. Berdasarkan *datasheet* dari *Raspberry Pi* melalui GPIO pada raspi dapat menghasilkan sinyal RF dengan menggunakan GPCLK atau General Purpose Clock. GPCLK merupakan pin pada raspi yang dapat menghasilkan sinyal RF berdasarkan program yang telah dibuat. [2].

B. SDR *(Software Defined Radio)*

SDR atau *Software Defined Radio* merupakan perangkat sistem radio telekomunikasi, dimana *software* dijalankan pada platform *hardware* tepatnya pada *chip* DSP (*Digital Signal Processing*) dan FPGA atau *Field Programmable Gate Array*. Kedua bagian tersebut berfungsi untuk menjalankan prinsip kerja radio seperti modulasi, lebar pita, filter dan sebagainya. Pada penelitian ini digunakan SDR dari RTL-SDR.COM v3, pemilihan SDR ini dikarenakan *chip* DSP yang digunakan lebih stabil serta penghantaran panasnya lebih baik, sehingga sangat cocok apabila digunakan dalam jangka waktu yang lama, baik dalam posisi *standby* ataupun selama proses komunikasi berlangsung [3] [4].

C. *Low Pass Filter*

Low Pass Filter bisa disingkat LPF merupakan *filter* atau penyaring yang melewatkan sinyal dengan frekuensi rendah, serta menghambat hingga memblokir frekuensi tinggi. Pada penelitian ini LPF berfungsi untuk menyaring sinyal yang ditransmisikan oleh *Raspberry Pi* agar lebih baik baik kualitasnya. Dalam penelitian ini LPF yang digunakan akan tersusun dari rangkaian L-C [5].

D. *SpyServer*

SpyServer merupakan perangkat lunak yang bersifat gratis berfungsi untuk menjalankan SDR melalui jaringan lokal secara *remote. Remote server* ini sangat berguna sekali untuk melakukan pengembangan pada SDR dan dalam penggunaan jaringan sangat efisien, dikarenakan terdapat alat yang bernama rtl_tcp, alat ini berfungsi untuk mengirim data mentah yang diterima oleh SDR. Selain itu, *SpyServer* hanya mengirim data IQ. Data IQ merupakan data yang berisi informasi dari frekuensi [6].

E. *Rpitx*

Rpitx merupakan perangkat lunak yang bersifat *open source* yang dapat digunakan untuk mentransmisikan sinyal RF dari *Raspberry Pi* dan dapat men-*handle* dari frekuensi 5 KHz hingga 1.500 MHz [7]. Selain itu, *Rpitx* juga dapat melakukan berbagai jenis modulasi sinyal RF.

F. RF *Amplifier*

RF *Amplifier* atau penguat RF merupakan perangkat yang digunakan untuk memperkuat daya pancar dari *transmitter*, sebelum diteruskan ke antena untuk dipancarkan [10]. Umumnya pada perangkat penguat RF digunakan penguatan 2 tingkat. Penguat pertama disebut *buffer*. *Buffer* merupakan rangkaian penguat tingkat pertama atau tingkat awal dari penguat RF, pada rangkaian ini didesain dengan komponen yang berfungsi untuk menguatkan sinyal yang sangat lemah berasal dari *transmitter*. Setelah diperkuat oleh rangkaian *buffer*, sinyal RF diperkuat kembali oleh rangkaian final, pada rangkaian final terjadi penguatan terakhir pada sinyal RF. Umumnya pada rangkaian final, proses pemilihan komponen dilakukan serta penggunaan daya yang akan disuplay pada perangkat final ditentukan agar dapat diketahui seberapa besar daya yang akan dipancarkan oleh pemancar.

G. Pita Frekuensi Amatir Radio

Pita frekuensi amatir radio atau band plan merupakan peraturan yang memuat penggunaan pita frekuensi yang berlaku di Indonesia, alokasi spektrum frekuensi radio diatur oleh otoritas telekomunikasi disetiap negara. Di Indonesia penggunan spektrum radio diatur oleh Kementrian Komunikasi dan Informatika dalam Peraturan Mentri Kominfo No.13 Tahun 2018. Tentang tabel Alokasi spektrum Frekuensi Radio Indonesia. Sedangkan secara internasional penggunaan spektrum radio diatur oleh ITU atau *International Telecommunication Union*. ITU merupakan badan khusus perserikatan bangsa-bangsa yang menangani bidang telekomunikasi termasuk mengawasi seberapa banyak penggunaan spektrum frekuensi radio yang dialokasikan masing-masing penggunaannya. 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 [11]. Pada sistem *repeater* yang dibuat digunakan frekuensi VHF yang berada pada 2-m band pada bagian *output repeater* dan UHF yang berada pada 70-cm band pada bagian *input repeater*.

III PERANCANGAN SISTEM

A. Proses Pengerjaan Proyek Akhir

Pada Proyek Akhir ini akan dilakukan perencanaan *cross band repeater* berbasis SDR dan *raspberry pi*. Proses perancangan *cross band repeater* ini digambarkan dalam diagram alir. Alur pengerjaan dapat dilihat pada diagram alir pada gambar berikut

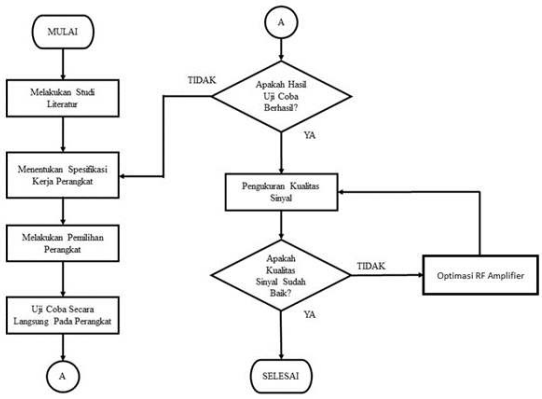
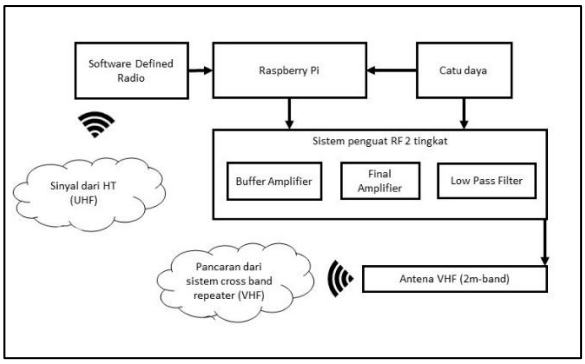


Diagram alir di atas menunjukkan proses perancangan dan implementasi*cross band repeater* berbasis SDR dan *raspberry pi* yang dilakukan melalui beberapa tahap. Pada tahapan awal akan dilakukan studi literatur terlebih dahulu, studi literatur dilakukan dengan membaca jurnal ataupun buku yang berkaitan dengan sistem *cross band repeater*. Selanjutnya dilakukan penentuan spesifikasi kerja perangkat, penentuan ini dilakukan agar dapat diketahui perangkat yang ideal untuk digunakan.

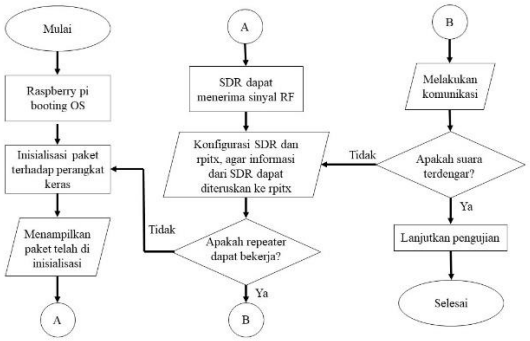
Kemudian, dilakukan percobaan secara lansung pada perangkat. Jika, uji coba pada perangkat telah berhasil, maka akan dilakukan pengukuran kualitas sinyal. Tetapi bila perangkat tidak dapat bekerja dengan baik, maka dilakukan penentuan spesifikasi kerja perangkat kembali. Setelah dilakukan pengukuran terhadap kualitas sinyal. Tahapan selanjutnya adalah pengambilan kesimpulan. Apabila pengukuran kualitas sinyal masih belum memenuhi spesifikasi maka akan dilakukan optimasi kembali terhadap rangkaian RF *amplifier.*

B. Perancangan Sistem

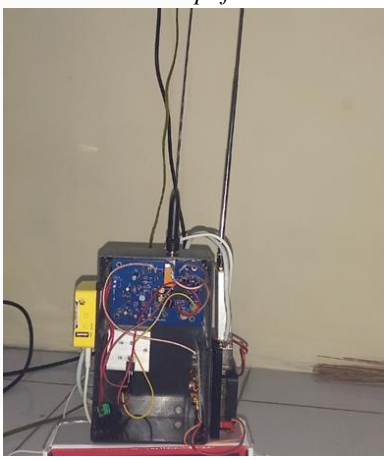
Sistem *cross band repeater* ini tersusun dari SDR atau *Software Defined Radio* dan *raspberry pi*. Sistem ini bekerja dengan menerima pancaran radio dan datanya diolah melalui SDR, kemudian data yang telah diolah melalui SDR diproses lebih lanjut dan dipancarkan kembali melalui *raspberry pi* dalam bentuk sinyal RF. Sinyal RF yang dihasilkan oleh *raspberry pi* ini diperkuat terlebih dahulu sebelum diteruskan menuju ke antena. Penguatan ini dilakukan dengan RF *amplifier* 2 tingkat yang bekerja pada VHF atau *Very High Frequency*. Berikut merupakan gambaran blok secara umum dalam bentuk *hardware* dari sistem *cross band repeater* ini.



Kemudian sistem dibagian *software* dimulai dengan melakukan inisialisasi pada *raspberry pi* terhadap *hardware* seperti SDR melalui RTL_SDR dan GPIO pada *raspberry pi* melalui rpitx. Berikut merupakan diagram alur dari kerja *software* dari sistem *cross band repeater.*



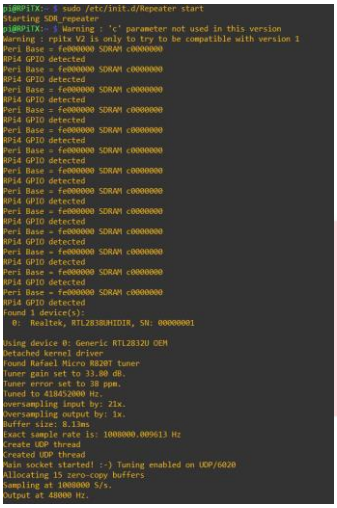
Dalam pengerjaan proyek akhir ini dibutuhkan beberapa peralatan pendukung, agar jangkauan dari *repeater* dapat lebih jauh, pada gambar merupakan *prototype* dari *repeater* dilakukan penambahan RF *amplifier*.



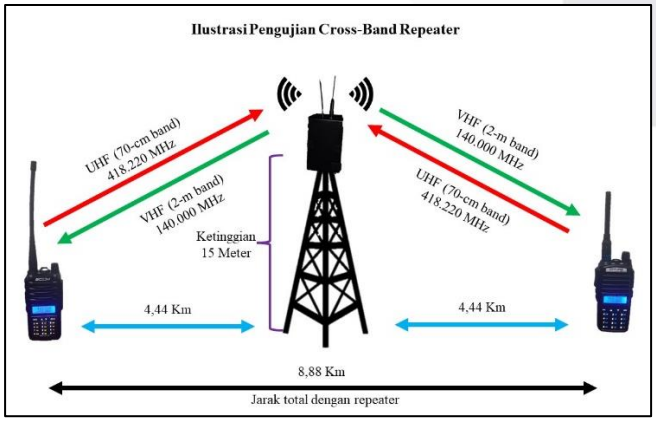
Berikut dilampirkan konfigurasi melalui program melalui CLI yang dilakukan secara SSH melalui *putty* terhadap *raspberry pi*. Berikut merupakan konfigurasi *repeater* dari *software.* Program ini dibuat untuk menjalankan *service* seperti RTL_SDR dan RPITX, serta melakukan konfigurasi agar SDR dapat 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.



Kemudian, pada gambar dibawah ini terlihat pada tampilan CLI ketika *raspberry pi* sedang menjalankan program *repeater*.



Setelah itu, dilakukan pengujian dengan komunikasi antar HT dan juga pemantauan melalui SDR yang terinisialisasi dengan komputer menggunakan SDR++. Pada saat pengujian *cross band radio* digunakan frekuensi 418.220 MHz sebagai *downlink*. Sedangkan, 140.000 MHz merupakan frekuensi *uplink* menuju *repeater*. Pemilihan frekuensi *uplink* dan *downlink* dilakukan dengan melihat tabel alokasi spektrum frekuensi yang dikeluarkan oleh KOMINFO, selain itu dilakukan juga *scanning* frekuensi menggunakan RTL-SDR v3 pada empat waktu yang strategis dalam penggunaan frekuensi radio, yaitu pagi, siang, sore dan malam. Pemindaian frekuensi ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui frekuensi yang kosong. Sehingga, pada saat melakukan pengujian tidak mengganggu komunikasi radio yang sedang berlangsung. Pada gambar berikut merupakan ilustrasi ketika melakukan pengujian *cross band repeater.*



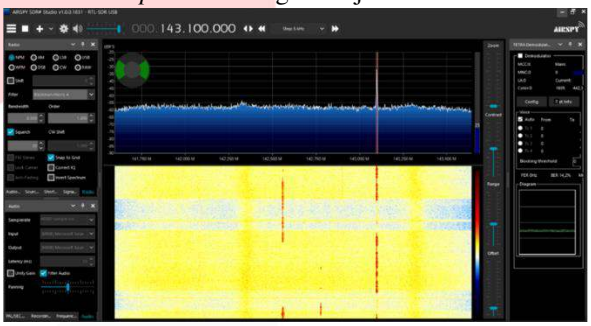
IV HASIL DAN ANALISIS

A. Deskripsi Simulasi Sistem

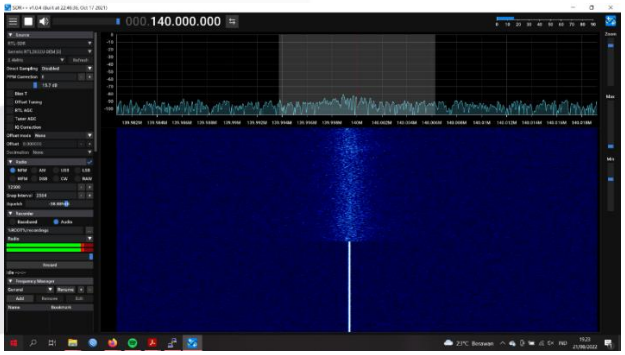
Simulasi sistem ini dimulai dari pembuatan perangkat *cross band repeater* yang terbuat dari SDR dan *raspberry pi* serta integrasi sistem dengan RF *amplifier*. Pembuatan sistem ini diharapkan dapat membantu untuk menambah jangkauan komunikasi radio HAM agar dapat menjadi lebih luas. Dari simulasi ini dilakukan pengambilan variabel data berupa *wattmeter*, SNR dan kualitas suara. Pengujian ini dilakukan dengan pemantauan melalui perangkat SDR yang terpasang pada *laptop*. Selain itu, dilakukan juga komunikasi secara langsung melalui perangkat HT atau *Handy Transceiver.*

B. Pengujian Fungsionalitas Repeater

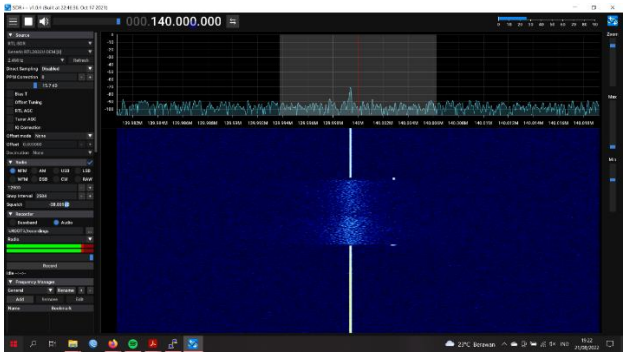
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui dan memastikan sistem pada proyek akhir yang telah dirancang sebelumnya dapat berjalan dengan baik. Pengujian ini dilakukan pada sistem *cross band repeater* yang telah dibuat, meliputi *wattmeter*, SNR dan kualitas suara. Pada gambar berikut terlihat *repeater* sedang bekerja.



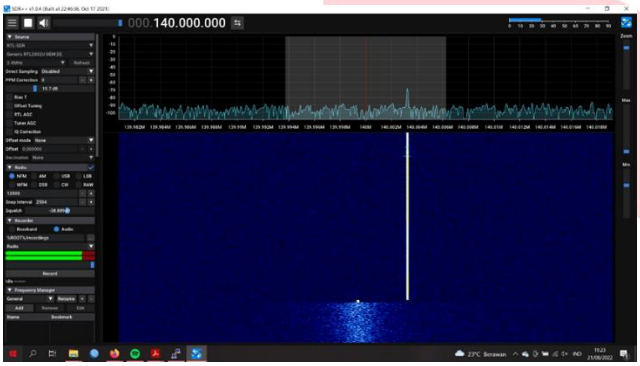
Selain itu, dilakukan juga pemantauan melalui *software* SDR++. SDR++ digunakan untuk mengendalikan serta melakukan pemantauan terhadap sinyal RF melalui komputer. Dapat dilihat pada gamabr dibawah ini merupakan kondisi, ketika *repeater* belum dinyalakan, frekuensi yang digunakan untuk memancar dari *repeater* ini adalah 140.000 MHz.



Setelah menyalakan perangkat *repeater* akan terdapat sinyal RF yang mengalami pergeseran frekuensi, berikut merupakan kondisi ketika *repeater* menyala tanpa adanya komunikasi suara. Terlihat pada gambar dibawah berikut terjadi pergeseran mundur dari 140.000 MHz (secara *software*) menjadi 139.999 MHz (secara pemantauan melalui aplikasi).



Selanjutnya, terlihat pada gambar dibawah ini dilakukan komunikasi suara, terjadi pergeseran frekuensi menjadi maju sebesar 140.003 MHz secara pemantauan melalui SDR++ dari yang awalnya berada di frekuensi 139.999 MHz

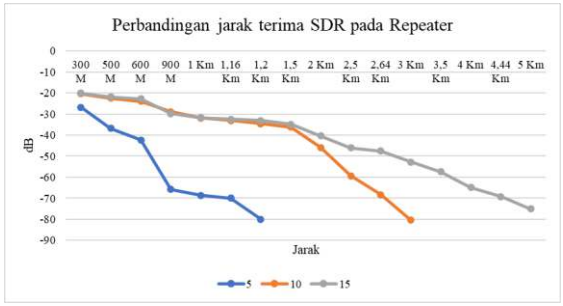


C. Perbandingan Jarak Pancar *Repeater*

Pada bagian ini dilakukan pengujian 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 da;a, sistem *repeater* berada pada 49.6 dB. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 3 skenario ketinggian untuk sistem *repeater* dengan kondisi pada penduduk dengan menggunakan antena bawaan pada setiap HT, sedangkan untuk pengukuran kualitas sinyal digunakan SDR yang terkonfigurasi dengan *laptop* untuk menampilkan tingkat kekuatan sinyal dan HT sebagai media komunikasinya. Berikut merupakan hasil pengukuran yang terbagi menjadi 3 bagian.

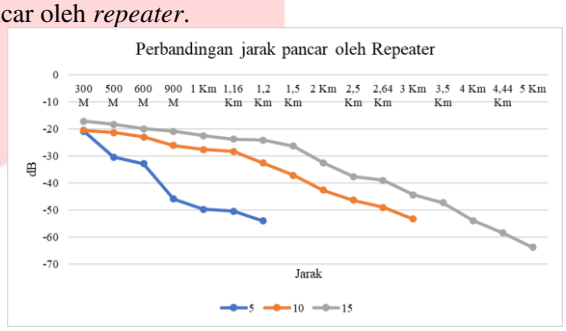
1. Perbandingan Jarak Terima oleh *Repeater*

Pada bagian ini ditampilkan 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 dibawa ini merupakan perbandingan jarak terima oleh SDR pada *repeater*



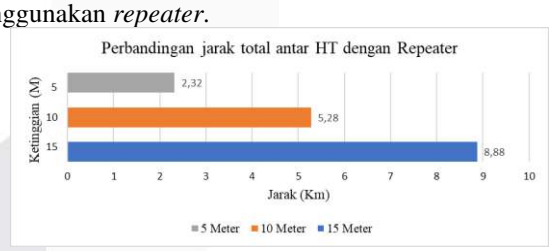
2. Perbandingan Jarak Pancar oleh *Repeater*

Pada bagian ini ditampilkan perbandingan jarak pancar oleh *repeater* ke penerima dengan penguatan pada SDR sebesar 49.6 dB pada *laptop*, pengujian ini dilakukan sambil berjalan membawa HT penerima dan SDR untuk melihat nilai. Gambar dibawah ini merupakan perbandingan jarak pancar oleh *repeater*.



3. Perbandingan Jarak total *End to End* Dengan *Repeater*

Pada bagian ini ditampilkan 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*. Gambar dibawah ini merupakan perbandingan jarak komunikasi yang dilakukan antar HT menggunakan *repeater*.



V KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian dan analisa yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian, sistem dapat berjalan dengan baik.
2. Dari hasil implementasi dan pengujian, sistem *repeater* dapat menjangkau sejauh 7 Km dengan daya pancar final sebesar 10 watt, ketika menggunakan *buffer stage* sebesar 1 watt daya pancar dapat menjangkau sejauh 70 meter tanpa halangan dan jika dilakukan tanpa penguatan daya pancar sebesar 37 mW dengan jangkauan 1 meter.
3. Dari pengujian sistem, apabila tidak menggunakan LPF atau *low pass filter* secara *hardware* pada bagian *input* dan *output* sistem rf *amplifier*. Maka,

noise atau derau yang dihasilkan oleh sistem akan sangat mengganggu dalam proses komunikasi.

4. Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, sejauh ini fitur GPCLK atau *General Purpose Clock* hanya tersedia pada produk *Raspberry Pi*. Dimulai dari *raspberry pi* 1 yang menggunakan *processor* BCM2835 dari *Broadcom*, GPCLK ini dapat difungsikan dari *raspberry pi* 1 hingga *raspberry pi* 4 (generasi saat ini).
5. Apabila menggunakan SDR versi standar yang terdapat dipasaran, maka dipastikan panasnya melebihi RF *amplifier* itu sendiri dalam waktu penggunaan yang lama, selain itu panas yang berlebih dapat membuat frekuensi pada SDR mengalami pergeseran (*offset*), Diperlukan SDR buatan RTL-SDR Blog V3 yang lebih stabil dalam penggunaan yang lama ketika panas.
6. Berdasarkan pengujian ini jangkauan maksimum dari HT yang terdapat pada pasaran ketika menggunakan frekuensi VHF (2-m *band*) pada mode *low* dapat menjangkau sejauh 1,8 Km. Sedangkan ketika mode *high* dapat menjangkau setidaknya 3,7 Km, kondisi pengujian ini dilakukan pada daerah yang padat penduduk dengan ketinggian sama ketika melakukan komunikasi.
7. Berdasarkan pengujian ini jangkauan maksimum dari HT yang terdapat pada pasaran ketika menggunakan frekuensi UHF (70-cm *band*) pada mode *low* dapat menjangkau sejauh 1,4 Km. Sedangkan ketika mode *high* dapat menjangkau setidaknya 2,4 Km, kondisi pengujian ini dilakukan pada daerah yang padat penduduk dengan ketinggian sama ketika melakukan komunikasi.
8. Penggunaan frekuensi VHF (2-m *band*) pada HT menguras penggunaan baterai lebih banyak dengan jangkauan yang luas, serta kualitas suara yang kurang baik. Sedangkan penggunaan frekuensi UHF (70-cm *band*) pada HT lebih menghemat penggunaan baterai dengan jangkauan yang lebih pendek, akan tetapi kualitas suaranya lebih baik daripada VHF.

B. Saran

Berdasarkan hasil perancangan Proyek Akhir ini, dapat disampaikan beberapa saran untuk pengembangan selanjutnya yaitu:

1. Menambahkan layar sentuh ataupun GUI (*Graphical user interface*), agar konfigurasi dapat dilakukan secara langsung pada sistem tanpa harus melakukan koneksi melalui SSH.
2. Mengintegrasikan konfigurasi RF *amplifier* terhadap *raspberry pi*.
3. Melakukan modifikasi program, agar kerja *software* semakin mirip dengan *repeater konvensional*.
4. Menambahkan antarmuka secara grafis (GUI) agar lebih mudah dalam melakukan konfigurasi.
5. Mengintegrasikan perangkat *repeater* dengan catu daya alternatif, seperti panel surya dan sejenisnya. Serta melakukan manajemen terhadap penggunaan daya.

REFERENSI

[1] C. Saleh, E. Nurcahyo dan S. Noertjahjono, “Komunikasi Jarak Jauh Radio VHF/UHF Menggunakan Cross Band Repeater (XBR) Di KUBE PSP Desa Kemiri Kecamatan JABUNGMALANG,” Industri Inovatif - Jurnal Teknik Industri ITN Malang, pp. 21 - 29, Desember 2019.

[2] A. Nayyar dan V. Puri, “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, vol. 5, no. 12 Desember, pp. 720 - 737, 2015.

[3] H. Wijanto, B. Herdiana dan Y. E. Bimantoro, “Design of Sofware Defined Radio Multiband Frequency for Receiver Audio System Application Based Raspberry Pi,” TELEKONTRAN, vol. 7, no. 2 Oktober, pp. 179 - 184, March 2019.

[4] P. S. Narayana, M. N. V. S. S. Kumar, A. K. Kishan dan K. V. R. K. Suraj, “Design approach for wideband FM receiver using RTL SDR and raspberry Pi,” International Journal of Engineering & Technology, vol. 7, pp. 9 - 12, 2018.

[5] Z. Pourgholamhossein, G. Askar, M. Hedayati dan H. M. Sadeghi, “Design and Implementation of a Practical Semi-Lumped High Power Low-Pass Filter,” International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering, vol. 24, no. 1 Februari, pp. 605 - 614, 2014.

[6] "RTL-SDR Tutorial: Setting up and using the SpyServer Remote Streaming Server with an RTL-SDR," Oktober 2017. [Online]. Available: https://www.rtl-sdr.com/rtl-sdr-tutorial-setting-up-and-using-the-spyserver-remote-streaming-server-with-an-rtl-sdr/. [Accessed 13 Januari 2022].

[7] "RPiTX Beta for Raspberry Pi 4 Released," November 2020. [Online]. Available: https://www.rtl-sdr.com/rpitx-beta-for-raspberry-pi-4-released/. [Accessed 13 Januari 2022].

[8] Solekhan dan M. Iqbal, “Media Pembelajaran Pemancar Wireless FM Menggunakan Raspberry Pi,” Jurnal SIMETRIS, vol. 11, no. 1 April, pp. 257 - 262, 2020.

[9] E. Supriyanto, R. R. Achsani dan E. Susanto, “Rancang Bangun FM Transmitter Pada Frekuensi Broadcast Sebagai Penunjang Praktikum Sistem Telekomunikasi,” PERSATUAN PRANATA LABORATORIUM PENDIDIKAN INDONESIA (PPLPI) EDISI JULI 2020, pp. 15 - 19, June 2020.

[10] Harjoko, Agus dan Supardi, Tri Wahyu, “ACKA 500 WATT POWER AMPLIFIER FOR A 144 MHZ CHANNEL BASED ON A VHF PUSH-PULL POWER MOS TRANSISTOR,” Journal of Computer Science 9, Agustus 2013.

[11] "Band Plan ORARI atau Pita Frekuensi Amatir Radio Indonesia," Juli 2021. [Online]. Available: https://yc2tfb.net/2021/07/09/band-plan-orari-atau-pita-frekuensi-amatir-radio-indonesia/. [Accessed 08 September 2022].