

IMPLEMENTASI GNU RADIO DAN GQRX UNTUK DECODING SINYAL RADIO

Dian Faruqi Azid

Mochammad Fahu Rizal, S.T., M.T.

Devie Ryana Suchendra, S.T., M.T.

Telkom University
faruqiazid76@gmail.com

Telkom University
mfrizal@tass.telkomuniversity.ac.id

Telkom University
deviersuchendra@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Sebelum sistem SDR (*Software Defined Radio*) dikembangkan, komunikasi melalui sinyal radio membutuhkan banyak perangkat yang dapat digunakan seperti antena, FM transmitter, amplifier, BTS dan lain sebagainya, sehingga sistem SDR dapat diartikan sebagai proses komunikasi yang melalui gelombang radio dapat dilakukan hanya menggunakan *hardware* dan *software* komputer. Implementasi sistem berbasis SDR ini bertujuan untuk memberikan alternatif dalam komunikasi melalui gelombang radio menggunakan sumber daya komputer dan perangkat yang bernama RTL-SDR R2832U dan USRP N210 untuk menggantikan perangkat komunikasi radio. Maka dari itu dibangun sebuah sistem yang memanfaatkan aplikasi GNU-RADIO dan GQRX pada sistem operasi linux untuk proses decoding sinyal radio sedangkan untuk proses penangkapannya menggunakan perangkat RTL-SDR, fungsi dari dibangunnya sistem ini adalah untuk menyisipkan informasi berupa data / suara pada sinyal radio yang ditangkap dalam frekuensi 25MHz – 1,7GHz kemudian mampu dikirim ulang menggunakan perangkat USRP.

Sistem ini dapat menjadi sebuah acuan didalam proses pengembangan komunikasi melalui sinyal radio karena dibangun diatas sistem yang berbasis open source. Diharapkan sistem ini mampu mendukung proses identifikasi sinyal dan menunjang proses komunikasi yang menggunakan gelombang radio dibidang pendidikan, militer dan instansi lainnya.

Kata kunci: SDR (*Software Defined Radio*), RTL-SDR R2832U, GNU-RADIO, GQRX, USRP.

Abstract

Before SDR (*Software Defined Radio*) system is developed, communication via radio signal requires a lot of devices that can be used as an antenna, FM transmitters, amplifiers, base stations, and etc. So, the SDR system can be defined as the process of communication through radio waves can be performed using only computer hardware and software. The implementation of this SDR system is for give an alternative on the communication system through the radio waves using a resources of computer and combined with the device called RTL-SDR R2832U and USRP N210 to replace the radio communication device. Therefore this implementation built a system that utilizes the GNU-RADIO and GQRX applications on linux operating system for decode the radio signal and for the capture of the signal using the RTL-SDR device. The function of building this system is for inserted a data or voice information on the radio signal which captured on 25MHz – 1.7GHz frequency and then can be re-transmitted by USRP device.

This system can be a reference on communication development process through a radio signal because this system is built on the open source system and this system is expected to be able to support the process of identifying signals and support the process of communication that uses radio waves in the field of education, the military and other agencies.

Keywords: SDR (*Software Defined Radio*), RTL-SDR R2832U, GNU-RADIO, GQRX, USRP.

1. Pendahuluan

SDR (*Software Defined Radio*) adalah suatu teknologi komputasi yang dimana komputer digunakan sebagai alat untuk proses menterjemahkan sinyal radio, secara singkat dapat dijelaskan sistem komunikasi radio yang terdapat komponen berupa *hardware* mampu dikendalikan atau diatur oleh *software* komputer dan perangkat keras SDR. Sebelum konsep ini dikembangkan tentunya membutuhkan banyak perangkat yang dapat digunakan agar dapat melakukan komunikasi melalui sinyal radio seperti antena, FM transmitter, amplifier dll.

Dampak perkembangan teknologi SDR, maka saat ini sudah tersedianya hardware SDR yang jauh lebih kecil serta harga lebih murah yang dinamakan RTL-SDR. RTL-SDR adalah sebuah usb dvb-t / dongle yang digunakan untuk menangkap siaran televisi digital. RTL-SDR tidak hanya dapat digunakan sebagai alat streaming saja, tetapi dapat digunakan sebagai alat penerima *multimode multiband*. Chipset DVB-T RTL-SDR adalah Realtek RTL2832U yang mampu menangkap semua sinyal radio dari frekuensi dan modulasi tertentu. Maka didalam implementasi proyek akhir ini, RTL-SDR dapat digunakan sebagai alat untuk menangkap berbagai sinyal radio tergantung jenis modulasi yang kita pilih kedalam komputer dengan bantuan software yang mampu melakukan proses decoding tersebut, seperti GNU Radio GQRX sebagai alternatif untuk menangkap semua komunikasi radio dengan menggunakan hardware dan software komputer sebagai media untuk memproses sinyal yang dikirim melalui gelombang radio. GNU Radio dan GQRX adalah aplikasi “spectrum analyzer” yang digunakan untuk mensimulasikan sinyal radio yang ditangkap berupa grafik sinyal kedalam komputer, tentunya proses ini membutuhkan konfigurasi (*tune*) terlebih dahulu.

A. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka rumusan masalah dari proyek akhir ini adalah bagaimana membangun sistem SDR untuk mengimplementasikan komunikasi suara pada sinyal radio menggunakan software komputer dan perangkat SDR yang memiliki fitur kemudahan dalam penggunaannya jika dibandingkan dengan perangkat radio untuk komunikasi suara.

B. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah maka tujuan implementasi proyek akhir ini adalah untuk membangun sistem yang mampu mengimplementasikan komunikasi suara dengan perangkat SDR seperti RTL-SDR dan USRP pada sinyal radio menggunakan software komputer GNU Radio dan GQRX.

C. Batasan Masalah

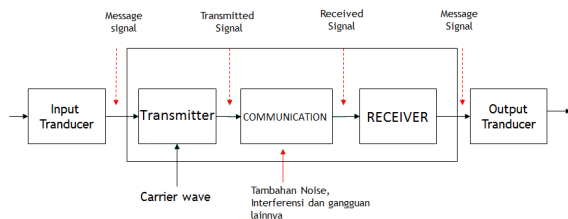
Implementasi proyek akhir ini memiliki batasan masalah sebagai berikut:

1. Hanya mengimplementasikan komunikasi suara.
2. Tidak membahas parameter penangkapan dan transmisi sinyal oleh perangkat.
3. Tidak membahas mengenai sinyal dan gelombang elektromagnetik mendetail.
4. Hanya membahas modulasi AM dan FM pada gelombang radio dengan frekuensi 25MHz – 1,7GHz.
5. Hanya menggunakan perangkat keras RTL-SDR dan USRP.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Sinyal Radio

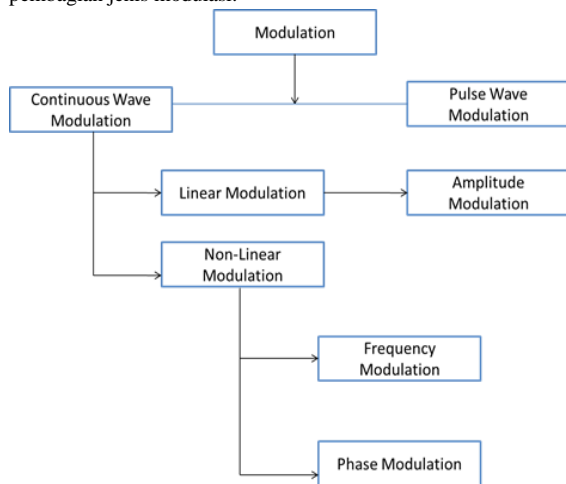
Radio adalah teknologi yang dapat digunakan untuk melakukan pengiriman sinyal dengan cara modulasi dan radiasi elektromagnetik. Gelombang radio ini melintas dan merambat melalui udara, karena gelombang tidak memerlukan medium pengangkut. Sistem komunikasi ini tidak menggunakan kawat dalam proses perambatannya, melainkan menggunakan udara atau ruang angkasa sebagai bahan penghantar. Pemancar Tx memancarkan dayanya menggunakan antenna ke arah tujuan, sinyal yang dipancarkan berbentuk gelombang elektromagnetis. Gelombang elektromagnetik ini diterima oleh sebuah antenna yang sesuai. Sinyal yang diterima kemudian diteruskan ke sebuah pesawat penerima Rx seperti yang tertera pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.1-1
Skema Dasar Komunikasi Radio

Gelombang radio adalah bentuk dari sebuah radiasi elektromagnetik, dan terbentuk ketika objek bermuatan listrik dimodulasi (dinaikkan frekuensinya) pada frekuensi yang terdapat dalam frekuensi gelombang radio (RF), yang kemudian menghasilkan sinyal elektromagnetik. Berikut ini adalah jenis sinyal elektromagnetik [1].

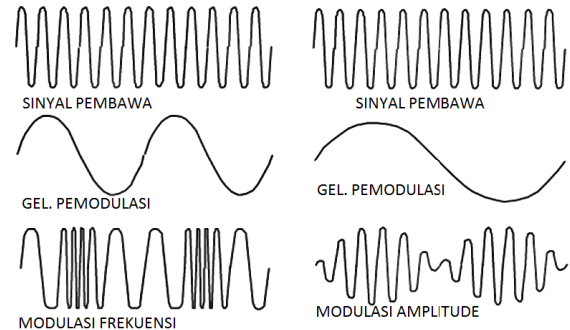
Modulasi adalah proses pencampuran dua sinyal menjadi satu sinyal. Biasanya sinyal yang dicampur adalah sinyal berfrekuensi tinggi dan sinyal berfrekuensi rendah. Dengan memanfaatkan karakteristik masing-masing sinyal, maka modulasi dapat digunakan untuk mentransmisikan sinyal informasi pada daerah yang luas atau jauh [7]. Gambar dibawah ini adalah skema pembagian jenis modulasi.



Gambar 2.1-2
Jenis Modulasi

Sinyal analog adalah sinyal yang intensitasnya beragam seiring dengan waktu berjalan. Dengan kata lain, tidak ada jeda atau diskontinuitas dalam sinyal. Didalam komunikasi sinyal analog dibagi dua jenis modulasi yaitu modulasi amplitude dan modulasi frekuensi.

Modulasi amplitude adalah jenis komunikasi menggunakan sinyal radio dengan cara menumpangkan data pada gelombang pembawa dengan cara merubah tinggi rendahnya amplitude. Sedangkan frekuensi modulasi adalah penumpangkan data pada sinyal radio dengan cara merubah frekuensinya [8]. Berikut adalah gambaran umum bentuk sinyal dengan modulasi amplitude dan frekuensi.



Gambar 2.1-3
Modulasi Amplitude dan Frekuensi

Terdapat perbedaan pada kedua jenis modulasi diatas jika kedua modulasi tersebut digunakan untuk pengiriman data suara yaitu pada tingkat kualitas sinyal suara yang diterima oleh penerima dan pada jarak yang ditempuh oleh sinyal tersebut.

2.2 Decoding Sinyal Radio

Prinsip dasar konversi A / D adalah mengambil sampel sinyal analog yang masuk, dan menyatakan sinyal tersebut sebagai data numerik pada outputnya. Supaya akurat, maka sampel ini harus diambil pada tingkat yang lebih tinggi dari frekuensi yang dibutuhkan. selanjutnya sinyal di proses oleh perangkat lunak (GNURADIO), kemudian mampu diproses oleh komputer dan menghasilkan output suara yang sebelumnya sudah diproses juga oleh software dan hardware soundcard pada komputer [1].

2.3 SDR (Software Defined Radio)

Software Defined Radio adalah suatu konsep sistem komunikasi radio yang komponen berupa hardware diatur oleh software komputer. SDR mampu menerjemahkan sinyal yang ditangkap oleh perangkat keras yang berupa transmitter / receiver yang nantinya akan diterjemahkan kedalam komputer sebagai proses decoding sinyal itu sendiri. Sistem ini tentunya memerlukan perangkat keras yang digunakan sebagai antenna dan software yang digunakan untuk proses decode sinyal tersebut.

Hal ini dilakukan dengan menggunakan sebuah perangkat front-end (perangkat keras SDR) untuk melakukan konversi data dari sinyal radio, sehingga sinyal ini dapat diberikan langsung ke audio line input dari soundcard PC untuk diproses. Perangkat keras SDR akan terhubung ke PC melalui antarmuka seperti RS232, LPT, USB atau CAT. Jadi, SDR dapat disimpulkan sebagai sistem yang dimana PC dapat melakukan proses demodulation dan proses modulasi [2].

2.4 GNURADIO

GNURADIO adalah software gratis berbasis open source yang digunakan untuk memproses suatu sinyal udara yang ditangkap oleh antenna guna mengimplementasikan sistem Software Defined Radio. GNURADIO sebuah aplikasi yang memberikan akses kepada pengguna untuk merancang, mensimulasikan, dan menyiarkan sistem komunikasi radio.

Sebagian besar komunikasi radio dapat diimplementasikan menggunakan software GNURADIO contohnya ; pengolahan audio, komunikasi mobile, pelacakan satelit, sistem radar, jaringan

GSM dan CDMA, dan masih banyak lagi semua dalam perangkat lunak komputer. GNU Radio akan mampu bekerja jika perangkat komputer yang kita miliki memiliki perangkat eksternal RF seperti USRP dan RTL-SDR. Aplikasi yang terdapat pada aplikasi GNURADIO umumnya diprogram menggunakan bahasa pemrograman python, namun saat implementasi penggunaan bias juga dikombinasikan menggunakan bahasa pemrograman C++ untuk hasil yang lebih akurat [3].



Gambar 2.4-1
Pybombs

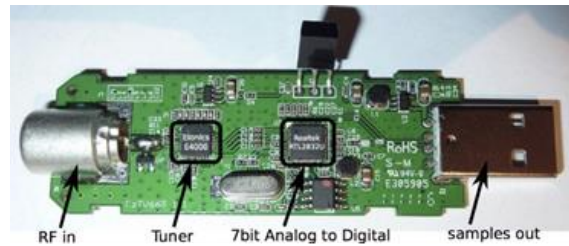
2.5 Pybombs

Pybombs (*Python Build Overlay Managed Bundle System*) adalah sistem management baru yang digunakan untuk proses instalasi GNURADIO agar dapat berjalan dengan baik. Pada dasarnya GNURADIO berada didalam bahasa pemrograman python dan C++.

Tujuan dibuatnya pybombs adalah menggabungkan beberapa aplikasi yang digunakan untuk menyelesaikan suatu proyek dengan menggunakan bahasa pemrograman python. Maka dari itu pybombs menjadi sistem dasar yang harus ada sebelum menggunakan aplikasi GNURADIO yang dimana aplikasi tersebut terdiri dari beberapa aplikasi pengolah sinyal radio [3].

2.6 RTL-SDR R2832U

RTL-SDR dongle adalah sebuah *front-end* yang digunakan untuk menerima sinyal TV digital. Beberapa jenis software SDR bisa mengubah RTL-SDR tersebut sebagai penerima multi-mode dan multi-band. Perangkat ini, bisanya bekerja pada frekwensi 60Mhz-1700Mhz. Agar bisa bekerja di frekwensi HF, diperlukan up converter. [4] Tidak semua versi RTL-SDR mampu mendukung / kompatibel jika dikombinasikan dengan berbagai aplikasi SDR seperti GNURADIO, hanya perangkat dengan chipset R2332U yang sudah diuji mampu melakukan konversi sinyal dengan menggunakan software GNURADIO [4].



Gambar 2.6-1
RTL-SDR R2832U
<http://sdr.osmocom.org/trac/wiki/rtl-sdr>

Jika hendak menambahkan range jangkauan dan agar lebih akurat dalam menemukan sinyal, maka dongle RTL-SDR perlu dimodifikasi dengan ditambahkan up converter.

2.7 USRP N210

USRP adalah sebuah perangkat SDR (*Software Defined Radio*) yang dikembangkan oleh lembaga pemerintahan yang bernama Ettus Research yang bertujuan untuk membuat *platform* perangkat keras komunikasi radio yang relative lebih murah dan mudah dikembangkan karena driver (UHD) support terhadap banyak aplikasi pendukung USRP seperti Gnu-Radio mampu bekerja pada OS Linux, Windows dan Mac OS. Perangkat USRP juga mampu mendukung bahasa pemrograman seperti C++ dan python yang diproses melalui driver UHD.[6].

3. Analisis dan perancangan

3.1 Gambaran Sistem Sebelumnya

Dalam kondisi sekarang ini proses komunikasi suara mayoritas masih banyak menggunakan alat komunikasi radio seperti FM transmitter, amplifier, antenna, RF low pass filter, HT dll. Sehingga terdapat banyak kekurangan seperti aksesibilitas sangat bergantung kepada alat yang ada. Berikut ini adalah beberapa contoh gambar perangkat-perangkat komunikasi radio:

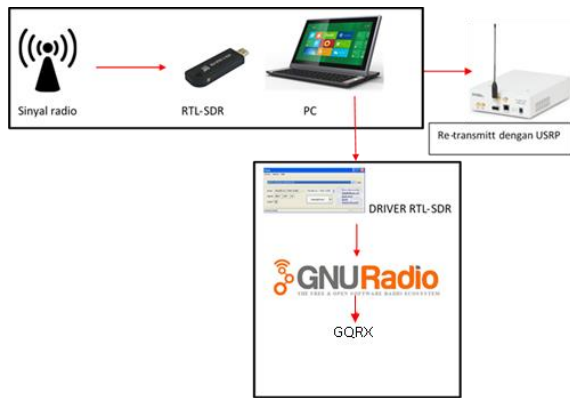


Gambar 0-1
Contoh Perangkat Radio

3.2 Perancangan Sistem

Bedasarkan pada permasalahan saat ini maka dari itu dibangunlah sebuah sistem yang dinamakan SDR (*Software Defined Radio*) yang bertujuan untuk menjadi alternatif alat komunikasi radio secara lebih mudah untuk pengaturan dan sederhana dalam penggunaan karena sistem ini hanya perlu menggunakan perangkat SDR dan dibantu oleh hardware dan software komputer sebagai pemrosesan sinyalnya.

Deskripsi alur kerja sistem yang hendak dibangun:



Gambar 0-1
Skema Kerja

Proyek akhir ini dibangun dengan perangkat RTL-SDR yang mampu menjadi antenna transceiver multimode sinyal radio yang merambat melalui udara, perangkat ini mampu berjalan pada OS Linux dan Windows. Pada implementasi proyek akhir ini akan dijalankan pada OS linux Ubuntu 14.04 dan menggunakan aplikasi RTL-SDR driver, GNU RADIO dan GQRX yang keduanya berbasis pemrograman python.

RTL-SDR akan mendecoding sinyal radio analog yang ditangkap menggunakan aplikasi GNU RADIO dan GQRX, sehingga sinyal radio analog yang masuk mampu dimonitoring dan diterjemahkan (decoding) kedalam komputer dan kemudian menghasilkan output berupa suara yang dihasilkan oleh soundcard yang terdapat pada komputer, setelah itu hasil data yang masuk kedalam komputer mampu ditransmit ulang menggunakan USRP untuk keperluan komunikasi lainnya seperti contohnya ditambahkan informasi berupa data / suara, atau bahkan mampu dirubah frekuensinya untuk disesuaikan dengan perangkat pada sisi penerima informasi tersebut.

3.3 Kebutuhan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Berikut kebutuhan Hardware untuk sistem yang digunakan:

1. RTL-SDR

Chipset	: R2832U
Interface	: USB 2.0 standard
Recording Format	: DVBT TV-DVD (MPEG-2), FM Radio, DAB radio, WMA
Frequency	: DVBT: 48.25 ~ 863.25 M Radio: 50MHz ~ 2000MHz
System Requirements	: <ol style="list-style-type: none"> a. Pentium 4 CPU b. 512MB RAM c. Graphics card supports DirectX 9.0C d. OS windows xp / above, Linux e. USB DVB-T stick with FM&DAB device

Fitur: mampu menangkap semua komunikasi radio mulai dari 50MHz ~ 2000MHz kecuali sinyal GSM yang dienkripsi, contoh komunikasi radio seperti; komunikasi radio broadcast, komunikasi penerbangan, radio amatir, komunikasi kepolisian, dsb.

2. PC

Processor	: Pentium core i3
RAM	: 2GB RAM
USB	: USB 3.0
HDD	: min. 5GB free

Berikut Kebutuhan Software yang digunakan:

1. OS : Ubuntu 12.04 atau lebih (LTS)
2. RTL-SDR DRIVER : Driver RTL-SDR R2832U
3. UHD : Driver USRP
4. APLIKASI SDR Gnu Radio-Companion & GQRX

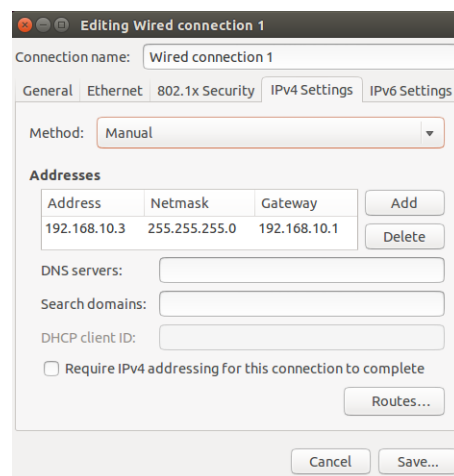
4. Pengujian

Pengujian didalam implementasi proyek akhir ini menggunakan metode *blackbox*, pengujian ini dilakukan untuk menguji fungsionalitas sistem yang telah dibangun sebelumnya. Berikut adalah beberapa fungsi yang hendak diuji diantaranya pengujian sinkronisasi USRP dengan komputer, test persiapan perangkat USRP, pengujian komunikasi suara dalam modulasi AM, pengujian komunikasi suara dalam modulasi WFM, pengujian komunikasi suara dalam modulasi NFM, pengujian aplikasi spectrum analyzer sebagai aplikasi yang berguna untuk mendecode komunikasi suara serta test GUI yang berdasarkan pada *shell programming*.

4.1 USRP

Pengujian ini dilakukan untuk melakukan testing perangkat USRP sudah terhubung dengan komputer dengan cara melakukan ping terhadap perangkat USRP dari komputer yang sudah terhubung dengan USRP melalui sebuah konektor.

Pertama, set ip address pada Ubuntu yang digunakan ke 192.168.10.xx dan gateway set di 192.168.10.1 karena default ip address dari perangkat USRP 192.168.10.2.



Gambar 4.1-1
Setting IP Address

Setelah selesai mensetting ip address, lakukan test ping ke ip address USRP.

```
#ping 192.168.10.2

az@az-K46CB:~$ sudo su
[sudo] password for az:
root@az-K46CB:/home/az# ping 192.168.10.2
PING 192.168.10.2 (192.168.10.2) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 192.168.10.2: icmp_seq=1 ttl=32 time=1.59 ms
64 bytes from 192.168.10.2: icmp_seq=2 ttl=32 time=1.14 ms
^C
--- 192.168.10.2 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1001ms
rtt min/avg/max/mdev = 1.141/1.369/1.598/0.231 ms
root@az-K46CB:/home/az# ping 192.168.10.2
PING 192.168.10.2 (192.168.10.2) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 192.168.10.2: icmp_seq=1 ttl=32 time=1.08 ms
64 bytes from 192.168.10.2: icmp_seq=2 ttl=32 time=1.10 ms
64 bytes from 192.168.10.2: icmp_seq=3 ttl=32 time=1.09 ms
64 bytes from 192.168.10.2: icmp_seq=4 ttl=32 time=1.10 ms
```

Gambar 4.1-2
Test Ping

4.2 UHD DRIVER

Tes persiapan perangkat USRP dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

```
#uhd_usrp_probe

Name: SBX/CBX RX
Antennas: TX/RX, RX2, CAL
Sensors: lo_locked
Freq range: 400.000 to 4400.000 MHz
Gain range PGA0: 0.0 to 31.5 step 0.5 dB
Bandwidth range: 4000000.0 to 40000000.0 step 0.0 Hz
Connection Type: IQ
Uses LO offset: No

RX Codec: A
Name: ads62p44
Gain range digital: 0.0 to 6.0 step 0.5 dB
Gain range fine: 0.0 to 0.5 step 0.1 dB

TX DSP: 0
Freq range: -50.000 to 50.000 MHz

TX Dboard: A
ID: SBX v5 (0x006B)
Serial: F45BCC

TX Frontend: 0
Name: SBX/CBX TX
Antennas: TX/RX, CAL
Sensors: lo_locked
Freq range: 400.000 to 4400.000 MHz
Gain range PGA0: 0.0 to 31.5 step 0.5 dB
Bandwidth range: 4000000.0 to 40000000.0 step 0.0 Hz
Connection Type: IQ
Uses LO offset: No

TX Codec: A
Name: ad9777
Gain Elements: None

root@az-K46CB:/home/az#
```

Gambar 4.2-1
Persiapan Perangkat USRP

Langkah diatas dilakukan bertujuan agar perangkat USRP melakukan persiapan transmit dan receive sinyal sebelum digunakan. Dan langkah selanjutnya adalah mengecek ID dari perangkat.

```
#uhd_find_devices

root@az-K46CB:/home/az# uhd_find_devices
linux; GNU C++ version 4.8.2; Boost_105400; UHD_003.009.git-171-g51bc0ee

-----
-- UHD Device 0
-----
Device Address:
type: usrp2
addr: 192.168.10.2
name:
serial: F449CC

root@az-K46CB:/home/az#
```

Gambar 4.2-2
Persiapan Perangkat USRP

4.3 Modulasi AM

Pengujian implementasi transmit audio menggunakan sinyal radio dalam modulasi AM bertujuan untuk mengimplementasikan proses komunikasi suara melalui gelombang radio dengan modulasi AM.

Pertama, buka *directory* tempat penyimpanan file pemrograman Gnuradio-Companion yang sebelumnya sudah dibuat.

```
#cd /home/az/GRC/new

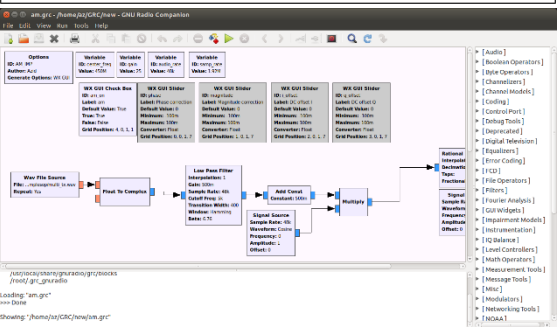
#ls

root@az-K46CB:~/GRC/new$ ls
9u'0LC VW`IMb'ba  MEW'0LC MEW`IMb'ba  MLW'0LC MEW`IMb'ba
root@az-K46CB:~/GRC/new$
```

Gambar 4.3-1
Direktori penyimpanan pemrograman GRC

Kemudian buka file *am.grc*

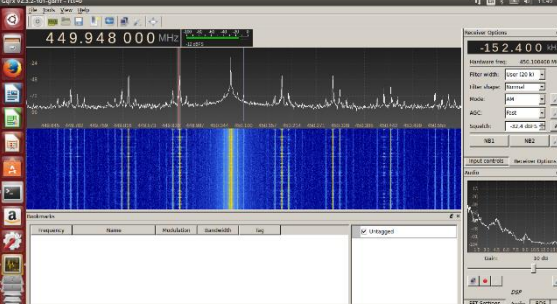
```
#gnuradio-companion am.grc
```



Gambar 4.3-2
File AM.grc

Selanjutnya generate dan execute, jika konfigurasi sudah benar maka aplikasi *gnuradio-companion* akan menampilkan grafikal berupa informasi sudah ditransmitnya file audio melalui perangkat USRP.

Scan menggunakan aplikasi *spectrum analyzer GQRX* yang menggunakan dongle DVB-T RTL-SDR R2832U.

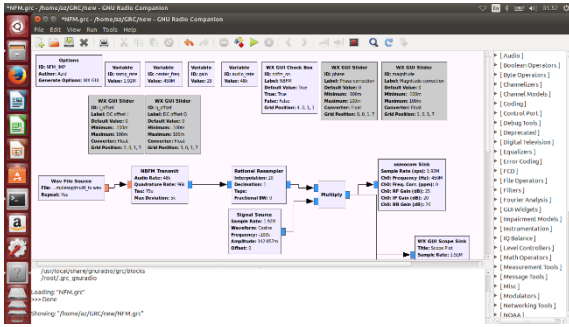


Gambar 4.3-3
Decode pada Modulasi AM

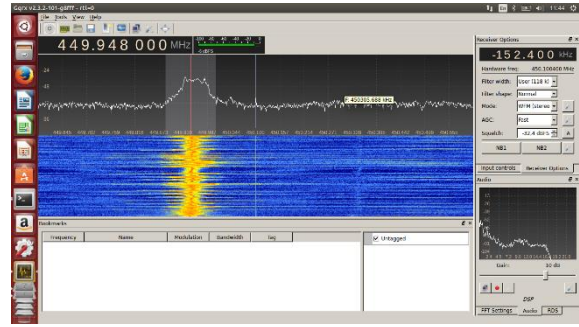
4.4 Modulasi NFM

Pengujian implementasi transmit audio menggunakan sinyal radio dalam modulasi NFM, kemudian buka file *NFM.grc* bertujuan untuk mengimplementasikan proses komunikasi suara melalui gelombang radio dengan modulasi NFM. Buka aplikasi NFM.grc

```
#gnuradio-companion NFM.grc
```



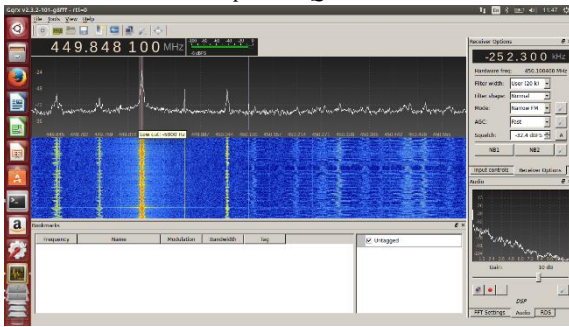
Gambar 4.4-1
NFM.grc



Gambar 4.5-2
Decode pada Modulasi WFM

Kemudian generate dan execute, jika konfigurasi sudah benar maka aplikasi gnuradio-companion akan menampilkan grafik berupa informasi sudah ditransmitnya file audio melalui perangkat USRP.

Selanjutnya lakukan scan menggunakan aplikasi *spectrum analyzer GQRX* yang menggunakan dongle DVB-T RTL-SDR R2832U, kemudian buka aplikasi *GQRX*.

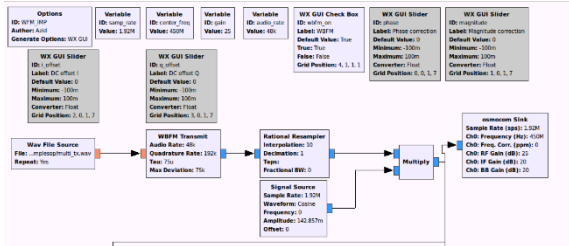


Gambar 4.4-2
Decode pada Modulasi NFM

4.5 Modulasi WFM

Pengujian implementasi transmit audio menggunakan sinyal radio dalam modulasi NFM, kemudian buka file *WFM.grc* bertujuan untuk mengimplementasikan proses komunikasi suara melalui gelombang radio dengan modulasi WFM. Pertama buka:

```
#gnuradio-companion WFM.grc
```



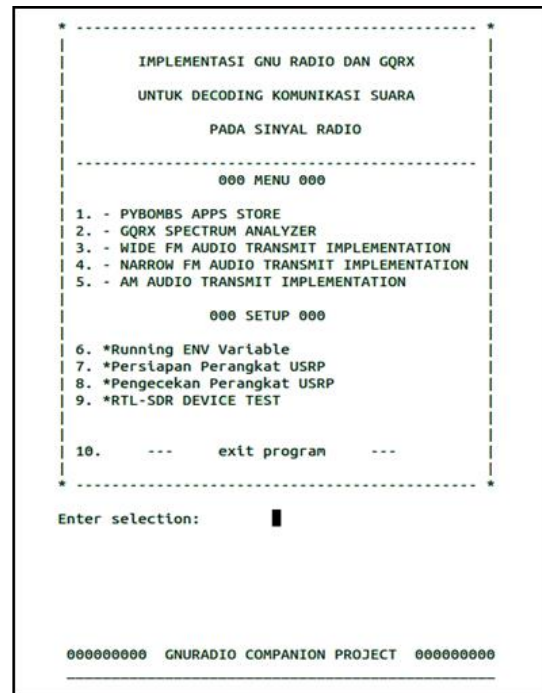
Gambar 4.5-1
WFM.grc

Kemudian generate dan execute, jika berhasil maka aplikasi gnuradio-companion akan menampilkan grafik berupa informasi sudah ditransmitnya file audio melalui perangkat USRP.

Selanjutnya lakukan scan menggunakan aplikasi *spectrum analyzer GQRX* yang menggunakan dongle DVB-T RTL-SDR R2832U, kemudian buka aplikasi *GQRX*.

4.6 Tampilan Antar Muka

Berikut adalah tampilan antarmuka *shell programming* untuk implementasi sistem komunikasi suara menggunakan perangkat SDR.



Gambar 4.6-1
Test UI dengan Shell

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan tujuan dan hasil pengujian maka kesimpulan pada proyek akhir ini adalah komunikasi audio mampu diimplementasikan dengan menggunakan modulasi AM, WFM dan NFM pada frekuensi 450MHz, hanya dengan perangkat USRP sebagai perangkat transmitter dan pengolahan data audio dan transmisi sinyalnya yaitu menggunakan *software* komputer Gnuradio-Companion. yang perlu diperhatikan adalah sample rate file audio yang hendak dikirim harus disesuaikan dengan sample rate perangkat pengirim.

5.2 Saran

1. Didalam proyek akhir ini hanya membahas mengenai komunikasi Audio mungkin untuk tahap selanjutnya dapat dilakukan pembahasan mengenai komunikasi data.
2. Dapat melakukan pengiriman komunikasi audio secara langsung (*live audio streaming*).
3. Mampu menambahkan atau menyisipkan file data pada komunikasi audio.

Daftar Pustaka

- [1] Alexander M. Wyglinski, Cognitive Radio Communications and Networks, United States of America, 2010.
- [2] [2015, Februari 4]. Baldini Gianmarco. (2010). *Software Defined Radio*. [Online] Tersedia : <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/>
- [3] [2015, Februari 2]. "gnuradio". [online] Tersedia : <http://gnuradio.org/redmine/projects/gnuradio/wiki> [2006, November 16]
- [4] [2015, Januari 29]. "OsmocomSDR". [Online] Tersedia : <http://sdr.osmocom.org/trac/wiki/rtl-sdr>. [2014, Desember 20]
- [5] [2015, Januari 29]. "RTL-SDR". [Online] Tersedia : <http://www.rtl-sdr.com>. [2014, Juni 1]
- [6] [2015, Februari 2]. "USRP N210". [online] : <http://www.ettus.com>. [2012, September 5]
- [7] Hsu Hwei, Komunikasi Analog Dan Digital, Jakarta: Erlangga, 2005.
- [8] Couch Leon, Digital and Analog Communication Systems, Prentice Hall, 2012.

