

## SIMULASI SISTEM OFDM PADA GNURADIO

### *SIMULATION OF OFDM SYSTEM ON GNURADIO*

Renandy Rifqi Aryandara<sup>1</sup>, Achmad Ali Muayyadi<sup>2</sup>, Uke Kurniawan Usman<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>renandyrifki@yahoo.co.id, <sup>2</sup>ali.muayyadi@gmail.com, <sup>3</sup>usman.uke@gmail.com

---

#### Abstrak

Penggunaan teknologi komunikasi terus berkembang sangat pesat, hal ini lah yang mendorong peningkatan standar pada area teknologi komunikasi, dan memerlukan prototype untuk standar yang berbeda dalam waktu yang sangat cepat. Teknologi modern saat ini sudah banyak yang memakai konsep sistem komunikasi radio atau di definisikan sebagai Software Defined Radio (SDR). Hal yang mendasari munculnya konsep sistem komunikasi radio yaitu disebabkan oleh meningkatnya permintaan untuk desain yang fleksibel dan ketersediaan Digital Signal Processing (DSP) serta reconfigurable logic (FPGA, PLD). SDR adalah sistem komunikasi radio dimana komponen yang terdapat pada perangkat keras digantikan dengan pengimplementasian perangkat lunak pada perangkat komputer atau embedded system. Sistem SDR yang umum digunakan adalah GNU Radio.

Dalam pengujian Tugas Akhir ini terdapat beberapa parameter yang diuji yaitu frekuensi, amplitude, Fast Fourier Transform (FFT) size, noise dengan menggunakan skema modulasi Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) pada sisi payload, dan Binary Phase Shift Keying (BPSK) pada sisi header. Dan hasil dalam penelitian Tugas Akhir ini berupa keluaran sinyal dari sistem OFDM menggunakan GNU radio dengan ukuran FFT yang berbeda – beda, dengan menggunakan kanal AWGN.

**Kata Kunci :** OFDM, USRP, LTE, GNURadio, BPSK, QPSK

---

#### Abstract

The use of communication technology continues to grow very rapidly, this is what drives the increase in standards in the area of communication technology, and requires prototypes for different standards in a very fast time. Many modern technologies nowadays use the concept of a radio communication system or defined as Software Defined Radio (SDR). What underlies the emergence of the concept of radio communication systems is that it is caused by the increasing demand for flexible designs and the availability of Digital Signal Processing (DSP) and reconfigurable logic (FPGA, PLD). SDR is a radio communication system where components contained in hardware are replaced by implementing software on a computer or embedded system. The SDR system commonly used is GNU Radio.

In this Final Project test, there are several parameters tested, namely frequency, amplitude, Fast Fourier Transform (FFT) size, noise using several Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) modulation schemes on the payload side, and Binary Phase Shift Keying (BPSK) on the side header. And the results of this Final Project research are output signals from OFDM systems using GNU radio with different FFT sizes, using AWGN channel.

**Keywords :** OFDM, USRP, LTE, GNURadio, BPSK, QPSK

---

## 1. Pendahuluan

Software Defined Radio (SDR) merupakan sistem komunikasi radio dimana komponen yang terdapat pada perangkat keras digantikan dengan pengimplementasian perangkat lunak pada perangkat komputer atau embedded system. Sistem SDR yang umum digunakan adalah GNU Radio. GNU Radio merupakan perangkat lunak yang dapat digunakan secara gratis, dan digunakan untuk membuat sebuah Software Defined Radio (SDR), tanpa memerlukan perangkat keras, dan menggunakan bahasa pemrograman C++ dan Python. Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) sudah terdapat didalam software GNU radio [1].

Pada penelitian ini penulis membuat sistem OFDM menggunakan software GNU radio dan perangkat Universal Software Radio Peripheral (USRP) N210, dengan parameter yang di uji adalah frekuensi, amplitude, dan keluaran sinyal yang dihasilkan dari konfigurasi sistem OFDM pada GNU radio.

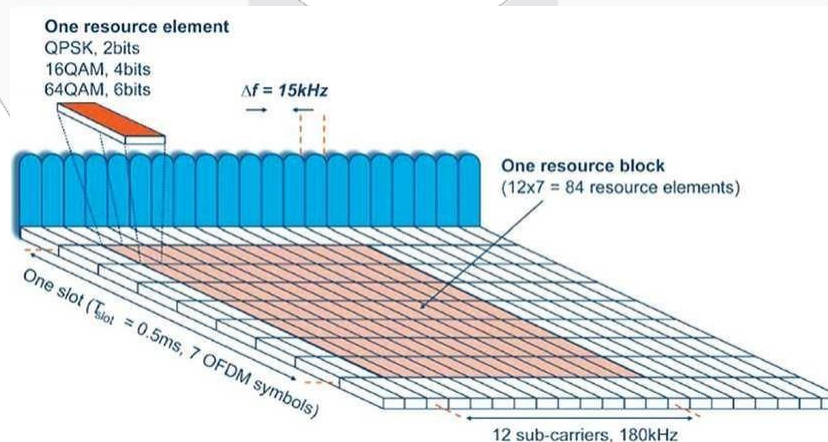
## 2. Dasar Teori

### A. Long Term Evolution (LTE) / 4G

LTE adalah sebuah nama pada sebuah projek dari Third Generation Partnership Project (3GPP) untuk memperbaiki standar komunikasi seluler generasi ke-3 (3G) yaitu UMTS WCDMA. LTE merupakan pengembangan dari teknologi sebelumnya, yaitu UMTS (3G) dan HSPA (3.5G), dan LTE disebut juga sebagai teknologi generasi ke-4 (4G). Keunggulan dari LTE adalah kecepatan dalam hal transfer data dapat mencapai 100 Mbps pada sisi downlink, dan pada sisi uplink sebesar 50 Mbps, selain unggul dalam hal kecepatan transfer datanya, LTE juga dapat memberikan coverage dan kapasitas dari layanan yang lebih besar, mengurangi biaya operasional, mendukung penggunaan multiple-antena, fleksibel dalam penggunaan bandwidth operasinya dan juga dapat terhubung atau terintegrasi dengan teknologi yang sudah ada, selain itu LTE / 4G dapat memberikan layanan berbasis IP, suara, data, dan streaming multimedia dengan kecepatan dan Quality of Experience (QoE) / Quality of Service (QoS) yang lebih tinggi dibandingkan dengan teknologi 3G, yang bisa diberikan kepada masing-masing pelanggan [2].

### B. Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)

OFDM merupakan teknik transmisi pada teknologi seluler khususnya LTE yang menggunakan sebuah frekuensi (multicarrier) yang saling tegak lurus (orthogonal), dan merupakan gabungan dari teknik modulasi dan teknik multiplexing. Modulasi adalah proses perubahan suatu gelombang periodik suatu sinyal menjadi sinyal informasi, terdapat tiga parameter pada modulasi, yaitu: Amplitudo, fasa, dan frekuensi, sedangkan multiplexing adalah proses pengiriman lebih dari satu sinyal informasi melalui satu saluran [2].



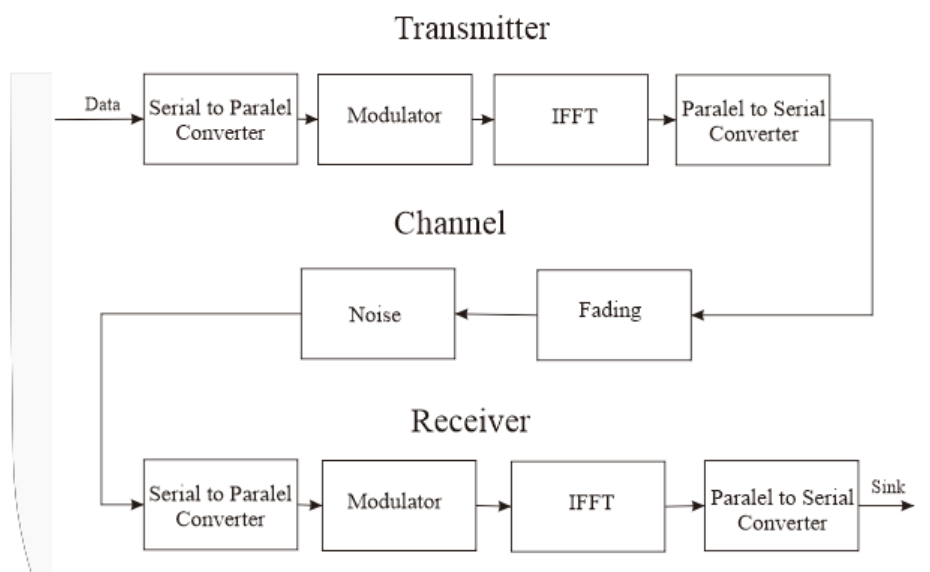
**Gambar 1.** Physical Resource Block LTE.

Gambar 1 merupakan gambar PRB pada sisi downlink LTE. LTE menggunakan OFDM pada sisi downlink dari Base Station ke terminal. Pada domain waktu frame radio memiliki panjang 10 ms dan terdiri dari 10 sub-frame setiap 1 ms, setiap subframe terdiri dari 2 slot dimana setiap slot adalah 0,5 ms, dan pada domain frekuensi memiliki jarak pada setiap subcarrier ( $\Delta f$ ) sebesar 15 KHz.

### C. Prinsip Kerja OFDM

Prinsip kerja dari OFDM dapat dijelaskan sebagai berikut, terdapat deretan data informasi yang dikirim, dan dikonversikan ke dalam bentuk paralel, sehingga bila bit rate semula adalah  $R$ , maka bit rate di setiap jalur data adalah  $R/M$ , dimana  $M$  adalah jumlah jalur paralel atau sama dengan jumlah subcarrier, setelah itu modulasi dilakukan pada masing – masing subcarrier. Modulasi yang digunakan untuk OFDM adalah BPSK, QPSK, 16 QAM, dan 64 QAM.

Kemudian setelah sinyal termulasi lalu diaplikasikan ke dalam Inverse Fast Fourier Transform (IFFT), untuk pembuatan symbol OFDM. Pada OFDM terdapat Cyclic Prefix (CP) yang merupakan pengulangan sampel bagian akhir dari simbol OFDM yang ditambahkan pada bagian depan dari simbol. CP berfungsi sebagai guard interval yang memastikan semua simbol OFDM terkirim secara lengkap dalam interval FFT dengan waktu tunda yang sama. Hal ini akan menjaga ke-orthogonalitas-an dari sinyal OFDM. Pada modulasi OFDM, IFFT diambil sebagai periode simbol sehingga secara teknisnya akan dihasilkan waktu yang sama [2].



Gambar 2. Blok Diagram OFDM.

### D. Skema Modulasi Pada LTE

Pada jaringan LTE terdapat beberapa skema modulasi yang digunakan. Berikut merupakan penjelasan dari masing – masing skema modulasi.

- **BPSK**

BPSK adalah format yang paling sederhana dari PSK. Menggunakan dua yang tahap yang dipisahkan sebesar  $180^\circ$  dan sering juga disebut 2PSK. Modulasi ini paling sempurna dari semua bentuk modulasi PSK. Akan tetapi bentuk modulasi ini hanya mampu memodulasi 1 bit/symbol dan dengan demikian maka modulasi ini tidak cocok untuk aplikasi datarate yang tinggi dimana bandwidthnya dibatasi.

- **QPSK**

QPSK merupakan teknik modulasi pada jaringan LTE yang terdiri dari simbol dan pada tiap simbol terdiri dari 2 bit. QPSK digunakan nilai Signal to Interference Noise Ratio (SINR) rendah.

- **16 QAM**

Modulasi 16 QAM terdiri dari 16 simbol, setiap simbolnya terdiri dari 4 bit.

- **64 QAM**

Modulasi 64 QAM terdiri dari 64 simbol yang terdiri dari 6 bit. 64 QAM digunakan pada kondisi kanal antara pengirim dan penerima sangat baik (SINR tinggi). Kelebihan 64 QAM yaitu, kecepatan pengiriman data yang tinggi, dan kekurangannya yaitu, rentan terhadap noise, interferensi, dan kesalahan estimasi kanal.

### E. FFT/IFFT

Setelah sinyal telah termodulasi lalu sinyal tersebut diaplikasikan ke dalam proses IFFT (sisi pengirim), untuk pembuatan simbol OFDM, setelah itu dikonversikan ke dalam bentuk serial, setelah dikonversikan sinyal kembali dikirimkan. Pada sisi penerima proses nya hampir sama dengan pada sisi pengirim namun berkebalikannya, sinyal dikonversi dari serial ke parallel dengan FFT, setelah itu di demodulasi, koversi parallel ke serial, dan setelah itu kembali menjadi bentuk data informasi.

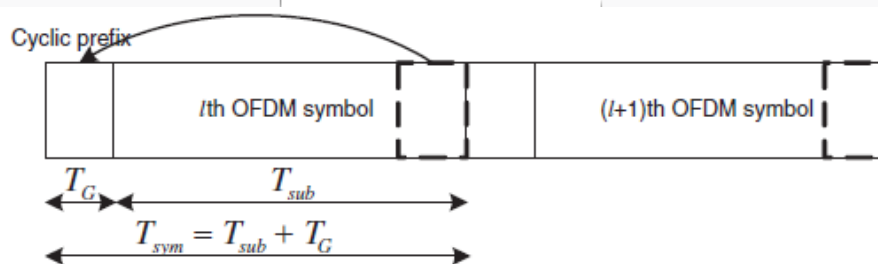
FFT pada blok OFDM berfungsi untuk mengurangi kompleksitas pada sistem karena tidak memerlukan osilator, mixer, dan filter untuk menghasilkan frekuensi subcarriers secara tepat [3].

### F. Cyclic Prefix

Untuk mengatasi terjadinya ISI dan ICI adalah dengan menyisipkan guard interval, yang berupa cyclic prefix (CP). CP berfungsi untuk mempertahankan ke-orthogonalitas sistem subcarriers OFDM pada situasi kanal yang selektif frekuensi. Penambahan CP pada sinyal OFDM tidak akan mengalami ISI selama besar delay spread lebih kecil dari durasi CP [4]. Berikut konfigurasi rate dari cyclic prefix, yaitu  $1/32$ ,  $1/16$ ,  $1/8$ , atau  $1/4$  dari panjang simbol OFDM. Pada jaringan LTE terdapat beberapa skema modulasi yang digunakan. Berikut merupakan penjelasan dari masing – masing skema modulasi. Berikut adalah persamaan dari CP:

$$T = T_{cp} + T_s \quad (1)$$

Dimana T adalah total panjang simbol OFDM,  $T_{cp}$  adalah panjang cyclicprefix,  $T_s$  adalah panjang simbol tanpa cyclic prefix, terlihat seperti pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Cyclic Prefix pada OFDM.

### G. GNU Radio

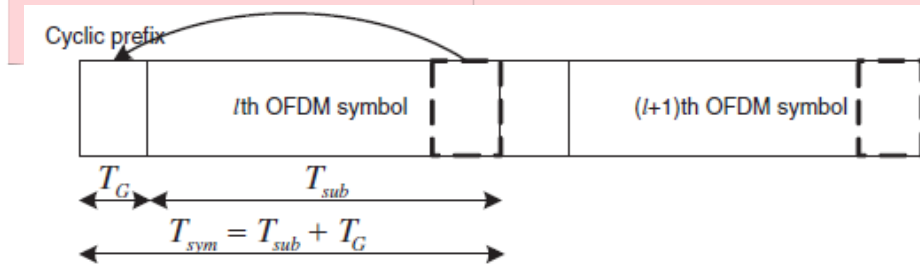
GNURadio merupakan perangkat lunak yang dapat digunakan secara gratis, dan digunakan untuk membuat sebuah *Software Defined Radio* (SDR), tanpa memerlukan perangkat keras. GNU Radio menggunakan bahasa pemrograman C++ atau *Phyton* dalam pengimplementasiannya.

Kelebihan dari GNU Radio adalah perangkat lunak dengan *open source*, dan tidak memakan banyak biaya dalam hal operasional nya. GNU Radio dapat digunakan dalam beberapa hal, seperti akusisi data GPS, *transmitter* DVB, komunikasi data, dan membuat BTS [5].

Untuk mengatasi terjadinya ISI dan ICI adalah dengan menyisipkan guard interval, yang berupa cyclic prefix (CP). CP berfungsi untuk mempertahankan ke-orthogonalitas sistem subcarriers OFDM pada situasi kanal yang selektif frekuensi. Penambahan CP pada sinyal OFDM tidak akan mengalami ISI selama besar delay spread lebih kecil dari durasi CP [4]. Berikut konfigurasi rate dari cyclic prefix, yaitu 1/32, 1/16, 1/8, atau 1/4 dari panjang simbol OFDM. Pada jaringan LTE terdapat beberapa skema modulasi yang digunakan. Berikut merupakan penjelasan dari masing – masing skema modulasi. Berikut adalah persamaan dari CP:

$$T = T_{cp} + T_s \tag{2}$$

Dimana T adalah total panjang simbol OFDM,  $T_{cp}$  adalah panjang cyclicprefix,  $T_s$  adalah panjang simbol tanpa cyclic prefix, terlihat seperti pada Gambar 3 berikut.



Gambar 4. Cyclic Prefix pada OFDM.

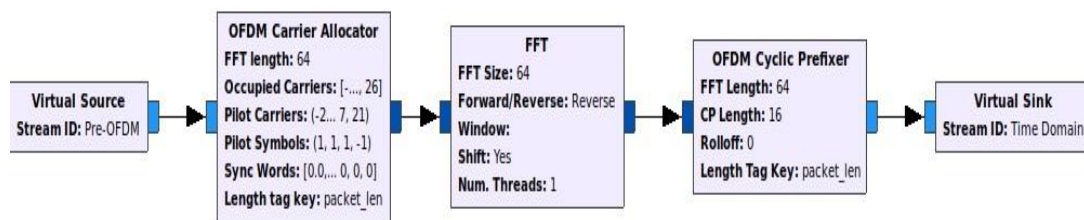
### 3. Perancangan Sistem

#### A. Spesifikasi Komponen Perangkat Keras

Adapun spesifikasi perangkat keras yang digunakan:

1. Laptop : ASUS Windows 8.1 Pro 64-bit; Processor 1.60 ~ 2.3 GHz Intel(R) i5; RAM 4096 MB; HD 500 GB.
2. USRP : USRP N210; Antena VERT900 dengan gain 3 dB.

#### B. Simulasi dan analisis



Gambar 5. Blok Utama OFDM pada sisi transmitter.

Pada gambar 5 merupakan blok OFDM yang sudah dibuat menggunakan GNU radio, blok utama dalam pembuatan OFDM pada sisi transmitter yaitu: OFDM Carrier Allocator, IFFT, OFDM Cyclic Prefixer.

Pada blok OFDM carrier allocator berfungsi untuk mengubah aliran simbol modulasi skalar yang kompleks menjadi vektor yang merupakan input untuk IFFT dalam pemancar OFDM. Ini juga mendukung kemungkinan menempatkan simbol pilot ke operator.

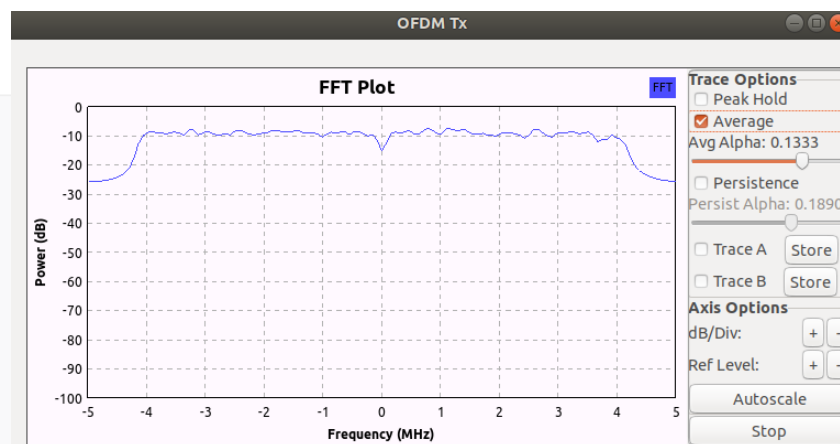
**Tabel 1.** Parameter Pengujian berdasarkan ukuran FFT.

Sample Rate (MHz)	FFT Size
1.5	128
1.5	256
1.5	512
1.5	1024

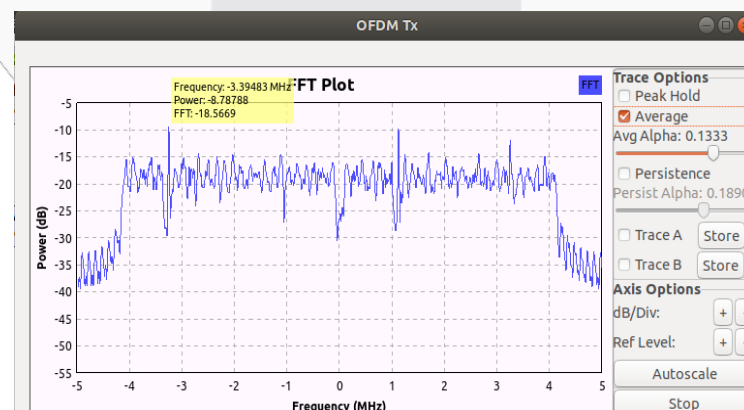
Pada tabel 1 merupakan parameter yang digunakan pada penelitian Tugas Akhir ini. Sample rate yang digunakan yaitu, 1.5 MHz, setelah parameter telah di konfigurasi maka selanjutnya menjalankan program pada GNU radio.

#### 4. Hasil Pengukuran dan Analisis

Pada pengujian ini dilakukan dalam beberapa skenario, yaitu dengan mengubah ukuran FFT, dan *noise* pada kanal AWGN. Pada pengukuran SNR parameter yang diukur yaitu dengan mengubah *noise voltage*, yaitu 25mV, 50 mV, 100 mV, 200 mV, dan 500 mV. Berikut adalah gambar keluaran sinyal dari pengujian pada penelitian Tugas Akhir ini.

**Gambar 6.** Keluaran Sinyal FFT 128.

Pada gambar 6 merupakan keluaran dari sinyal yang sudah di modulasi berbasis sistem OFDM, semakin Dari hasil yang didapat dari gambaran keluaran sinyal pada fft, dapat disimpulkan bahwa semakin besar ukuran FFT maka semakin cepat pengiriman yang dilakukan, dan semakin kecil power spectrum frekuensi (PSD) nya.

**Gambar 7.** Keluaran Sinyal FFT 1024.

Pada table 2 menunjukkan pada FFT 1024 nilai SNR yang dihasilkan sangat besar, yang berarti noise yang terjadi sangat besar. Semakin besar noise maka nilai SNR semakin kecil, dan sinyal yang dikirim makin sulit untuk dideteksi. Dari hasil yang didapat dari gambaran keluaran sinyal pada FFT, dapat disimpulkan bahwa semakin besar ukuran FFT maka semakin cepat pengiriman yang dilakukan, dan semakin kecil Power Spectral Density (PSD) nya, lalu pada pengukuran nilai SNR, semakin besar ukuran FFT maka semakin turun SNR yang didapatkan. Dari hasil pengukuran SNR pada tugas akhir ini, SNR yang paling besar adalah pada FFT 128, dengan noise 25 mV sebesar 32 dB. Indeks kategori dari SNR yaitu, 29,0 dB ~ ke atas: sangat bagus, 20,0 dB – 28,9 dB: bagus, 11,0 dB – 19,9 dB: cukup.

**Tabel 2.** Nilai SNR pada FFT dan Noise.

Noise (mV)	fft size			
	128	256	512	1024
25	32 dB	29 dB	26 dB	23 dB
50	26 dB	23 dB	20 dB	17 dB
100	20 dB	17 dB	14 dB	11 dB
200	14 dB	11 dB	8 dB	5 dB

## 5. Kesimpulan

Pada penelitian ini sebelumnya akan diimplementasikan sistem openbts namun tidak dapat tersampaikan, untuk simulasi sistem OFDM ini masih ada sangkut-paut terhadap perancangan OpenBTS. Sistem OFDM ini dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya mengenai perancangan openbts.

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian tugas akhir ini yaitu software GNU Radio, untuk perancangan OFDM ini yaitu semakin besar ukuran FFT maka daya sinyal semakin turun, dan noise yang dihasilkan semakin besar, sehingga tidak memungkinkan jika banyak data yang loss, dan semakin besar ukuran FFT maka semakin turun nilai SNR nya..

## Daftar Pustaka:

- [1] GNU Radio Foundation, "About GNU Radio", Gnuradio, [online]. Tersedia: <https://www.gnuradio.org/about/gnuradio/> [Diakses 2 Oktober 2018].
- [2] U. K. Usman, G. Prihatmoko, D. K. Hendradiningrat, and S. D. Purwanto, *Fundamental Teknologi Seluler LTE*. Bandung: Rekayasa SAINS, 2012.
- [3] Darlis, D., Muayyadi, A. A., Sumaryo, S., 2010. "Perancangan dan Implementasi Prosesor OFDM Baseband untuk Prototipe Modem PLC pada FPGA, *Jurnal Penelitian dan Pengembangan TELEKOMUNIKASI* ".Vol.15, No.2, hlm 108-115.
- [4] Hakim, M. L., Sukiswo, Santoso, I., 2010. *Analisis Kinerja Sistem MIMO-OFDM pada Kanal Rayleigh dan AWGN dengan Modulasi QPSK*, Transmisi Vol.12, No.4, hlm 150-154.
- [5] Darlis, D., Muayyadi, A. A., Sumaryo, S., 2010. Perancangan dan Implementasi Prosesor OFDM Baseband untuk Prototipe Modem PLC pada FPGA, *Jurnal Penelitian dan Pengembangan TELEKOMUNIKASI* Vol.15, No.2, hlm 108-115.