

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 ALAT YANG DIGUNAKAN

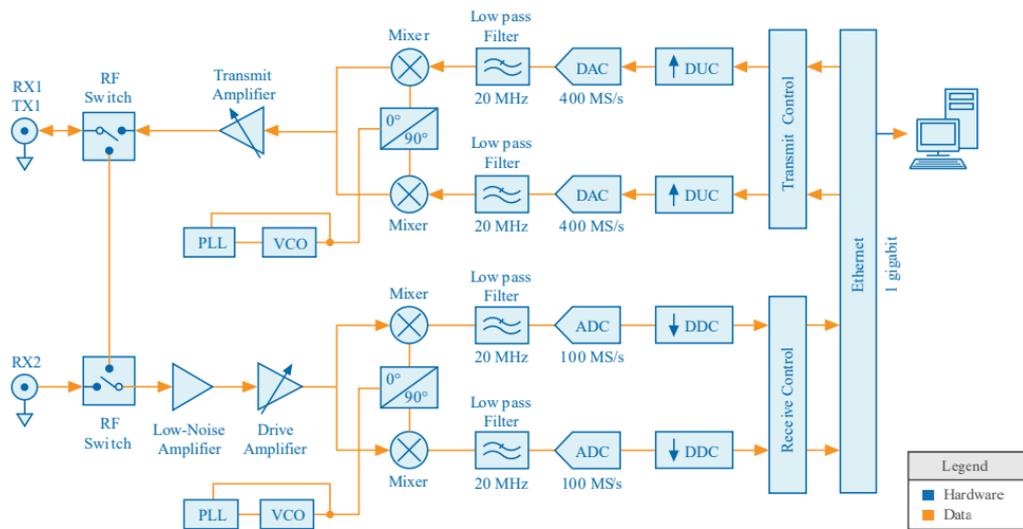
Penelitian ini membahas tentang pengiriman sebuah data berbasis teks dengan propagasi di dalam ruangan menggunakan teknologi *Software Define Radio* (SDR). Sistem *multicarrier* yang digunakan adalah OFDM. Untuk mengimplementasikan simulasi pada penelitian ini digunakan *software* GNU Radio pada sisi *transmitter* dan *receiver* dengan menggunakan NI USRP 2920, serta penambahan *software* Matlab pada sisi *receiver* dengan menggunakan RTL-SDR untuk menganalisa parameter CCDF.

3.1.1 *Universal Software Radio Peripheral* (USRP)

USRP (*Universal Software Radio Peripheral*) adalah perangkat keras dan perangkat lunak yang mendukung konsep radio definisi perangkat lunak (SDR). Dikembangkan oleh Ettus Research (sekarang bagian dari National Instruments), USRP memungkinkan fleksibilitas tinggi dalam implementasi berbagai protokol komunikasi dan modulasi. Dengan kemampuan konfigurasi frekuensi dan *bandwidth* yang variatif, serta dukungan terhadap perangkat lunak *open-source* seperti GNU Radio, USRP banyak digunakan dalam riset dan pengembangan di bidang komunikasi nirkabel. Modular dan dapat diperluas, USRP sering digunakan dalam proyek eksperimental di lingkungan radio frekuensi di berbagai sektor, dari akademis hingga industri.



Gambar 3.1 NI USRP-2920 [33]



Gambar 3.2 Blok diagram NI USRP-2920 [33]

Sinyal yang ditransmisikan oleh USRP-2920 akan melalui beberapa blok sistem seperti pada Gambar 3.2. Gambar tersebut merupakan rangkaian blok diagram USRP dari pengirim hingga penerima. Sebuah sinyal RF yang dikirim akan melalui blok DUC (*Digital Up-Converter*), dimana mengambil sinyal digital *baseband* dan melakukan serangkaian operasi digital untuk mengubahnya menjadi sinyal analog. Sinyal tersebut akan diteruskan pada proses *Digital Analog Converter* (DAC) untuk mendapatkan sinyal analog yang dapat dikirimkan. Setelah itu sinyal dengan frekuensi 20 MHz yang akan diteruskan pada filter LPF (*Low Pass Filter*). Kemudian, sinyal akan melewati proses *mixer* dan diperkuat sebelum ditransmisikan. Pada rangkaian *mixer*, sinyal mengalami proses PLL (*Phase Locked Loop*) dan VCO (*Voltage Controlled Oscillator*) adalah bagian dari sistem komunikasi nirkabel yang digunakan untuk mengontrol dan menstabilkan frekuensi. PLL bekerja dengan menyelaraskan fase sinyal *output* dengan sinyal *input* pada frekuensi yang sama, sedangkan VCO menghasilkan sinyal *output* yang frekuensinya dapat diubah dengan mengubah tegangan *input*.

Pada bagian *receiver*, sebuah sinyal yang diterima oleh USRP akan melalui proses LNA (*Low Noise Amplifier*) dan *Drive Amplifier* yang berfungsi untuk memastikan bahwa sinyal yang lemah dikuatkan dengan *noise* yang dihilangkan dan disesuaikan dengan karakteristik selanjutnya

dalam proses *receiver*. Sinyal RF yang diterima akan dipisahkan pada blok diagram *mixer*, sinyal tersebut berupa sinyal informasi dan sinyal pembawa. Pada sisi penerima, setelah proses *mixer* sebuah sinyal akan mengalami proses PLL dan VCO. Fungsi dari PLL (*Phase Locked Loop*) dan VCO (*Voltage Controlled Oscillator*) pada sisi pengirim digunakan untuk menangkap sinyal frekuensi yang diterima dan mengubahnya menjadi sinyal digital yang dapat diproses oleh perangkat komputer atau proses selanjutnya. Setelah itu, sinyal akan masuk proses filter dan hanya pada frekuensi yang rendah sinyal tersebut akan diteruskan. Pada sisi *receiver* akan menerima sinyal analog dan diubah pada proses ADC untuk mendigitalisasi sinyal RF. Kemudian, menggunakan serangkaian operasi digital, sinyal frekuensi tinggi tersebut ditransformasi ke dalam bentuk digital *baseband* yang lebih rendah pada blok DDC (*Digital Downconverter*) sebelum nantinya masuk pada *ethernet* dan terhubung ke komputer.

Tabel 3.1 Spesifikasi NI USRP-2920 dari sisi *Transmitter* [33]

<i>Frequency range</i>	50 MHz to 2.2 GHz
<i>Frequency step</i>	<1 kHz
<i>Maximum output power (P_{out})</i>	
50 MHz to 1.2 GHz	50 mW to 100 mW (17 dBm to 20 dBm)
1.2 GHz to 2.2 GHz	30 mW to 70 mW (15 dBm to 18 dBm)
<i>Gain range</i> ¹	0 dB to 31 dB Gain step 1.0 dB
<i>Gain step</i>	1.0 dB
<i>Frequency accuracy</i> ²	2.5 ppm
<i>Maximum instantaneous real-time bandwidth</i> ³	
16-bit <i>sample width</i>	20 MHz
8-bit <i>sample width</i>	40 MHz
<i>Maximum I/Q sample rate</i> ⁴	
16-bit <i>sample width</i>	25 MS/s
8-bit <i>sample width</i>	50 MS/s
<i>Digital-to-analog converter (DAC)</i>	2 channels, 400 MS/s, 16 bit
<i>DAC spurious-free dynamic range</i>	80 dB

Tabel 3.2 Spesifikasi NI USRP-2920 dari sisi Receiver [33]

<i>Frequency range</i>	50 MHz to 2.2 GHz
<i>Frequency step</i>	<1 kHz
<i>Gain range</i> ⁵	0 dB to 31.5 dB
<i>Gain step</i>	0.5 dB
<i>Maximum input power (P_{in})</i>	0 dBm
<i>Noise Figure</i>	5 dB to 7 dB
<i>Frequency accuracy</i> ⁶	2.5 ppm
<i>Maximum instantaneous real-time bandwidth</i> ⁷	
16-bit <i>sample width</i>	20 MHz
8-bit <i>sample width</i>	40 MHz
<i>Maximum I/Q sample rate</i> ⁸	
16-bit <i>sample width</i>	25 MS/s
8-bit <i>sample width</i>	50 MS/s
<i>Analog-to-digital-converter (ADC)</i>	2 channels, 100 MS/s, 14 bit
<i>DAC spurious-free dynamic range (sFDR)</i>	88 dB

Pada Tabel 3.1 dan 3.2 menunjukkan spesifikasi dari NI USRP-2920, terdapat beberapa parameter penting. Berikut penjelasannya :

1. *Frequency range* : Menunjukkan rentang frekuensi atau spektrum yang dapat diterima oleh perangkat RTL-SDR.
2. *Frequency Step* : Menunjukkan batas minimum seberapa kecil perubahan frekuensi yang dapat dipilih atau diatur pada perangkat RTL-SDR.
3. *Gain Range* : Mengacu pada rentang nilai *gain* yang dapat diatur pada perangkat RTL-SDR. Ini menunjukkan seluruh jangkauan penguatan yang tersedia.
4. *Gain Step* : Jumlah minimum yang dapat diubah oleh pengguna saat mengatur penguatan. Ini menunjukkan seberapa halus pengguna dapat mengatur nilai *gain* dalam *gain range*.
5. *Noise Figure* : Seberapa baik perangkat tersebut mempertahankan kualitas sinyal pada saat melewati perangkat. Diukur dalam satuan desibel (dB).

6. *Frequency Accuracy* : Akurasi frekuensi sebesar ± 2.5 ppm (*part per million*).
7. *Maximum instantaneous real-time bandwidth* : Kapabilitas perangkat dapat menangani dan memproses sinyal dengan lebar pita tertentu dalam mode *real-time*. Ini berarti perangkat dapat mengakuisisi, memproses, dan mungkin mentransmisikan sinyal radio dengan lebar pita yang sesuai dalam satu waktu tertentu tanpa penundaan yang signifikan.
8. *Maximum I/Q Sample Rate* : Merujuk pada tingkat sampel maksimum yang dapat diterima atau dihasilkan oleh perangkat tersebut dalam bentuk sinyal I/Q.

3.1.2 RTL-SDR

RTL-SDR adalah perangkat keras berbasis teknologi *Software Defined Radio* yang digunakan untuk menangkap sebuah sinyal informasi dengan gelombang elektromagnetik dan sering digunakan di dunia telekomunikasi. RTL-SDR dapat menangkap dan memproses sinyal radio pada berbagai frekuensi. RTL-SDR yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan chipset RTL2832U.



Gambar 3.3 RTL-SDR [34]

Tabel 3.3 Spesifikasi SDR RTL2832U [34]

Frekuensi	500 kHz until 1,75 GHz
Pengukuran level sinyal RF	17-bit ADC
Toleransi osilator	± 100 ppm
Frekuensi <i>carrier recovery</i>	± 800 KHz
Tegangan sumber	3.3 V
<i>Circuit cancellation noise impuls</i>	-

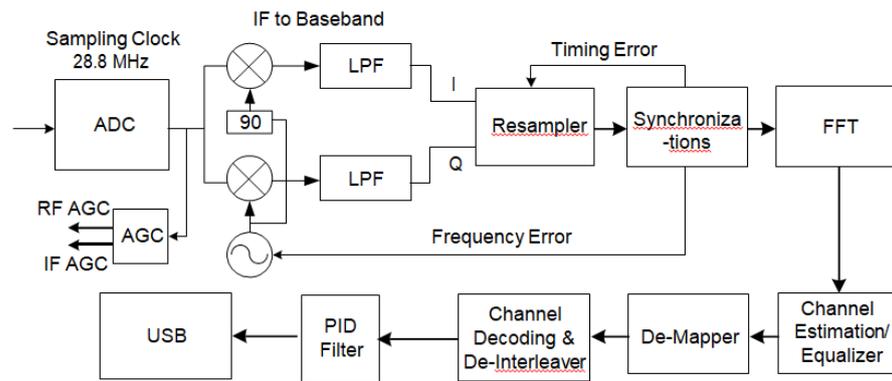
<i>Hardware</i> MPEG	2 PID filters
COFDM complying with Nordig	Unified 1.0.3, D-book 5.0, and ETSI 300-744

Pada Tabel 3.3 terdapat beberapa spesifikasi perangkat SDR RTL-2832U. Parameter spesifikasi dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Pengukuran level sinyal RF : Dengan nilai 17-bit ADC pada RTL SDR mengacu pada kemampuan perangkat RTL-SDR untuk mengukur level sinyal radio frekuensi (RF) dengan menggunakan *Analog to Digital Converter* (ADC) 17-bit. Dalam hal ini, ADC 17-bit digunakan untuk mengukur level sinyal RF pada perangkat RTL-SDR dengan presisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan ADC dengan bit yang lebih rendah.
2. Toleransi Osilator : Kemampuan osilator untuk mempertahankan frekuensi yang dihasilkannya dalam batas toleransi tertentu, yaitu sebesar ± 100 ppm (*part per million*) dari frekuensi yang diinginkan. Semakin kecil nilai ppm, semakin tinggi akurasi osilator.
3. *Frequency carrier recovery* : Kemampuan perangkat untuk secara otomatis memulihkan sinyal pembawa yang terganggu pada rentang *offset* yang lebar, yaitu sebesar ± 800 KHz. Fitur ini memungkinkan perangkat untuk memperbaiki sinyal pembawa yang terganggu dan memastikan kualitas sinyal yang lebih baik.
4. Tegangan Sumber : Memerlukan sumber daya eksternal dengan tegangan 3,3 *volt*. Hal ini berarti bahwa sinyal tersebut tidak dapat berfungsi dengan baik tanpa sumber daya eksternal yang memenuhi persyaratan tersebut.
5. *Impuls noise cancellation* : Mendeteksi *noise impuls* pada sinyal dan menghilangkannya dengan menggunakan filter atau teknik pengolahan sinyal lainnya.
6. *Hardware* MPEG : Memproses dan mendekode paket yang diinginkan dengan lebih efisien. MPEG adalah singkatan dari "*Moving Picture Experts Group*", yaitu sebuah kelompok kerja yang dibentuk oleh ISO

dan IEC untuk menetapkan standar untuk pengkodean dan kompresi gambar video dan audio digital.

7. COFDM : Fitur pada perangkat RTL-SDR yang memungkinkan perangkat untuk memproses sinyal COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh organisasi Nordig, D-book, dan ETSI. COFDM adalah teknologi modulasi yang digunakan dalam sistem komunikasi nirkabel, seperti televisi digital, radio digital, dan sistem komunikasi seluler.



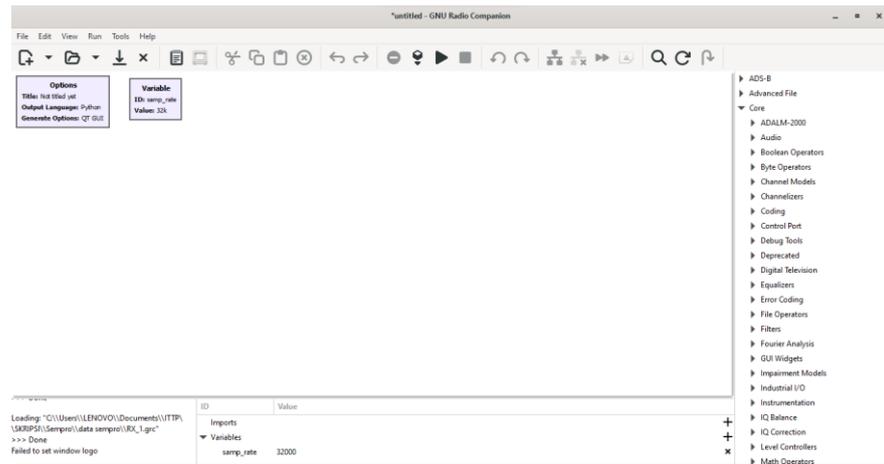
Gambar 3.4 Blok Diagram SDR RTL [34]

Pada Gambar 3.4 terlihat bahwa blok diagram SDR RTL2832U memiliki struktur dari mulai sinyal informasi diterima sampai di olah kedalam sebuah perangkat. Pada blok diagram tersebut, sebuah sinyal informasi berupa sinyal analog dengan frekuensi 28,8 MHz diubah kedalam sinyal digital pada blok ADC (*Analog Digital Converter*). Kemudian, sinyal informasi tersebut melalui proses *mixer* dan termasuk rentang *Intermediate Frequency* dalam kondisi belum termodulasi (*Baseband*). Sinyal tersebut melalui proses LPF, dimana hanya sinyal dengan frekuensi rendah yang akan dilanjutkan ke proses selanjutnya. Setelah proses LPF, terdapat komponen I dan Q yang mewakili dua komponen sinyal yang berbeda. I adalah singkatan dari *In-phase*, sedangkan Q adalah singkatan dari *Quadrature*. Kedua komponen ini digunakan untuk menggambarkan amplitudo dan fase sinyal. Komponen I dan Q ini digunakan dalam modulasi dan demodulasi sinyal, serta dalam pengolahan sinyal digital lainnya

Pada Gambar 3.4 blok diagram tersebut, setelah proses LPF terdapat proses *Resampler* yang berfungsi menyesuaikan laju sampling sinyal digital untuk pemrosesan lebih lanjut dan *Synchronization* berfungsi menangani koreksi kesalahan waktu dan frekuensi untuk menyinkronkan sinyal masuk, sebelum nantinya melalui proses FFT, dimana sinyal akan diubah dari domain waktu ke domain frekuensi, karena perangkat akan menerima sinyal dalam domain frekuensi tertentu untuk diolah. Sinyal yang telah melalui proses FFT akan memasuki tahap estimasi karakteristik kanal dan menerapkan equalisasi untuk meminimalkan *distorsi* atau interferensi. Kemudian, pada tahap *demapper* berfungsi untuk memetakan kembali simbol yang telah dimodulasi menjadi bit dan akan diproses dan mendekode sinyal yang diterima untuk koreksi kesalahan dan ekstraksi data. Selanjutnya, data tersebut akan masuk proses (*Proportional Integral Derivative*) PID filter yang berfungsi untuk mengurangi *noise* atau gangguan pada sinyal yang diterima, sehingga sinyal yang dihasilkan lebih halus dan stabil

3.1.3 GNU Radio

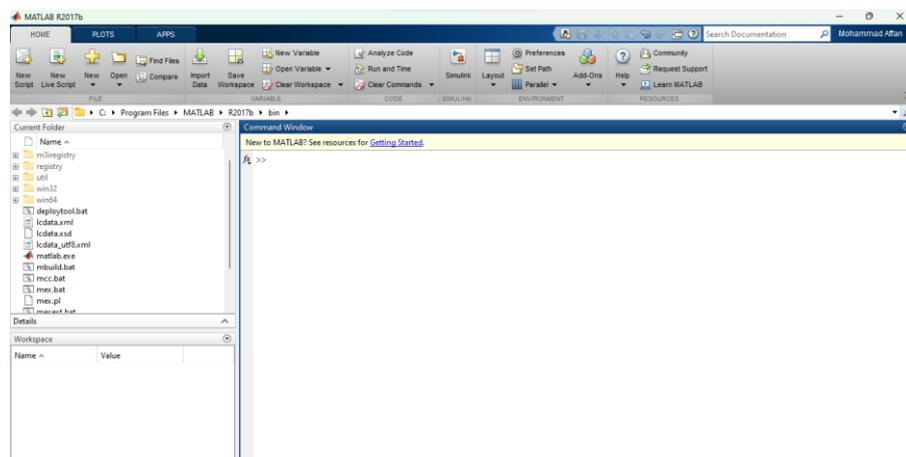
GNU Radio adalah sebuah perangkat lunak gratis dan *open source* yang menyediakan teknik pemrosesan sinyal untuk mengimplementasikan *software radio*. Aplikasi GNU Radio sebagian besar ditulis menggunakan bahasa pemrograman Python, sedangkan bagian pemrosesan sinyal diimplementasikan dalam bahasa pemrograman C++ menggunakan prosesor ekstensi *floating-point*. GNU Radio mendukung pengembangan algoritma pemrosesan sinyal menggunakan pra-pemrosesan atau pasca-pemrosesan untuk menghindari kebutuhan untuk memiliki perangkat keras radio frekuensi yang sebenarnya. Antarmuka pengguna grafis untuk mengembangkan aplikasi GNU Radio adalah GNU Radio Companion (GRC) [10]. Seperti pada Gambar 3.5 penelitian ini menggunakan GNU Radio versi terbaru 3.10.8.0 (Python 3.11.6).



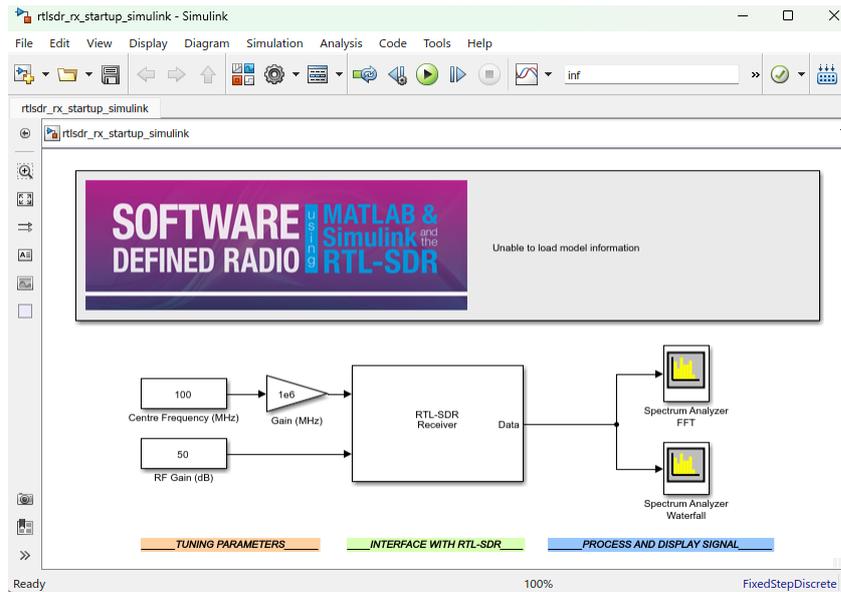
Gambar 3.5 Dashboard software GNU Radio

3.1.4 Matlab

MATLAB (*Matrix Laboratory*) adalah lingkungan komputasi numerik dan bahasa pemrograman yang digunakan luas dalam ilmu teknik, sains, dan matematika. Dikembangkan oleh MathWorks, MATLAB memfasilitasi analisis data, pemrosesan sinyal, dan pemodelan matematika melalui manipulasi matriks. Dengan antarmuka grafis intuitif dan berbagai *toolbox*, MATLAB menjadi standar industri untuk penelitian dan pengembangan solusi numerik [14]. Dalam penelitian ini, menggunakan *software* MATLAB versi 2017b yang digunakan untuk menganalisa parameter SNR dan CCDF. Penelitian ini menggunakan *Simulink* seperti pada Gambar 3.7 untuk menganalisa kurva CCDF menggunakan SDR RTL2832U untuk *receiver*.



Gambar 3.6 Dashboard software MATLAB



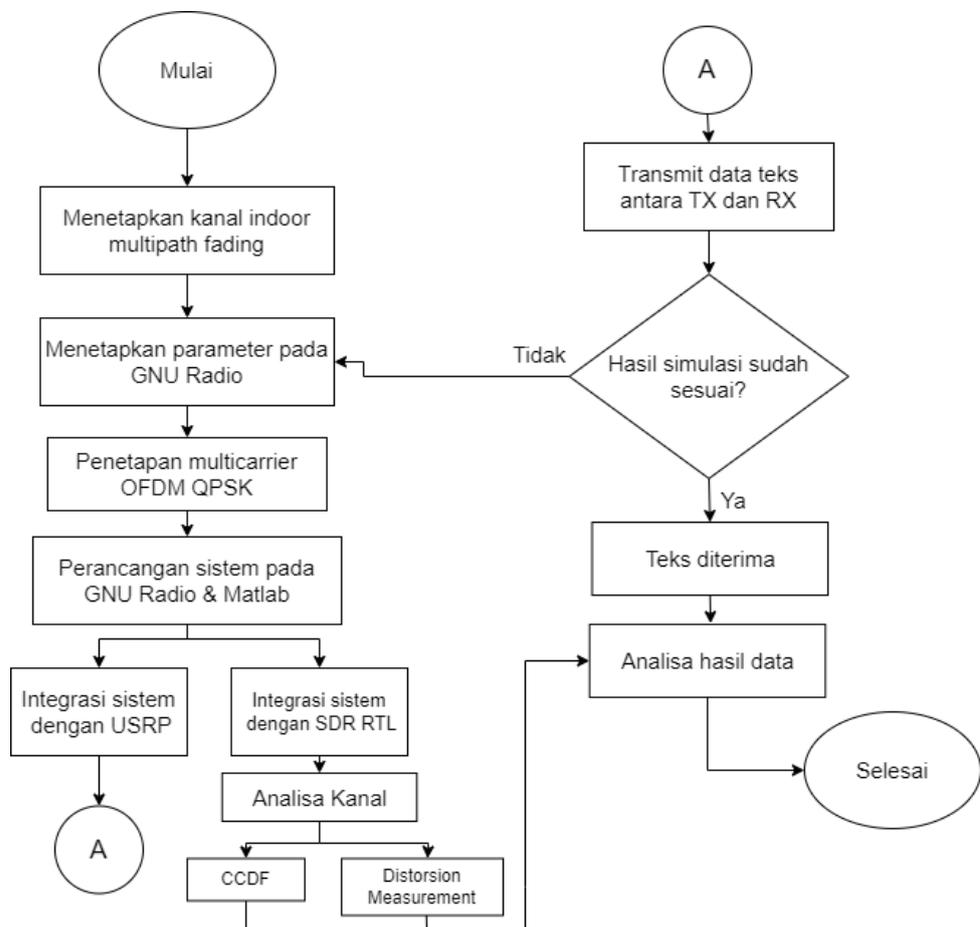
Gambar 3.7 Simulink pada MATLAB

3.2 ALUR PENELITIAN

Rancangan proses penyelesaian laporan skripsi, mengenai simulasi transmisi data menggunakan *multicarrier* OFDM berbasis *Software Defined Radio* menggunakan *software* GNU Radio dan Matlab. Penelitian ini dilakukan sesuai dengan alur diagram penelitian pada Gambar 3.7 dengan proses yang berurut guna memperoleh nilai SNR, BER, dan membandingkan dengan probabilitas pada kurva CCDF. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu *study literature*, tahap perancangan, tahap pembuatan simulasi, tahap pengujian dan tahap analisis dari hasil pengujian simulasi. Penjabaran dari *flowchart* pada Gambar 3.8 sebagai berikut :

1. Menetapkan model kanal. Dalam penelitian ini, menggunakan kanal *indoor multipath fading*.
2. Menetapkan parameter. Menentukan nilai parameter *software* GNU Radio yang digunakan dalam simulasi sesuai dengan Tabel 3.1.
3. Analisa kanal. Menganalisa kanal *indoor*, serta menghitung nilai CCDF pada MATLAB menggunakan *Simulink* dan SDR-RTL2832U.
4. Penetapan *multicarrier*. Menggunakan *multicarrier* OFDM dengan modulasi QPSK.

5. Integrasi sistem. Mengintegrasikan sistem *multicarrier* dengan USRP pada kanal *indoor multipath fading*.
6. Proses simulasi. Menggunakan beberapa alat seperti yang disebutkan pada subbab sebelumnya.
7. Hasil simulasi. Menghasilkan hasil pada *software* GNU Radio dan MATLAB, dengan parameter SNR, BER, dan kurva CCDF.
8. Analisa hasil simulasi dengan menganalisa parameter yang digunakan.



Gambar 3.8 Flowchart Rancangan Simulasi Program

3.3 PARAMETER SIMULASI

Adapun parameter yang digunakan pada simulasi laporan skripsi ini dapat dilihat pada tabel

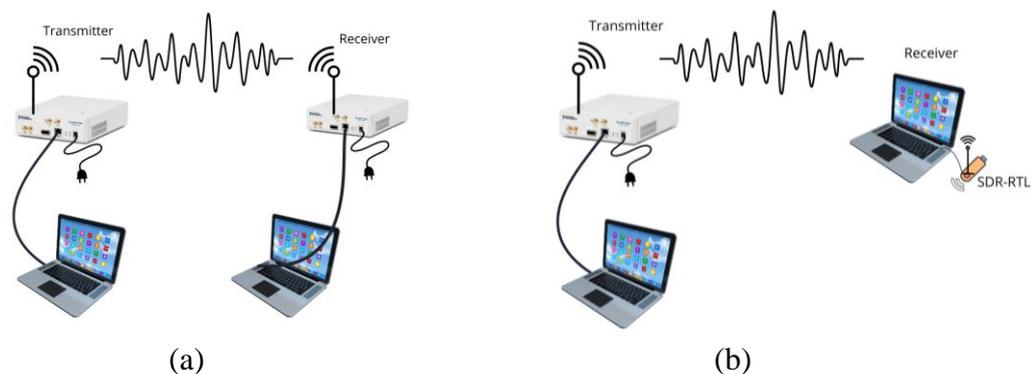
Tabel 3.4 Parameter simulasi

Simbol	Parameter	Nilai
m	Jenis Modulasi	QPSK
G	Nilai Gain	30
h	Kanal	<i>Indoor & Outdoor Multipath Fading</i>
	Distribusi <i>Fading</i>	<i>Rayleigh</i>
n	Jenis <i>noise</i>	AWGN
f_c	Frekuensi pembawa	700 MHz
	Size FFT	64
N	Jumlah bit	8 bit
	Jenis data masukan	Teks
	<i>Cyclic Prefix</i>	16

3.4 PEMODELAN SISTEM

3.4.1 Rancangan perangkat keras

Penelitian skripsi ini dilakukan implementasi menggunakan *hardware* yang sudah disebutkan pada subbab alat dan bahan, sehingga dibuatlah rancangan skema penelitian.



Gambar 3.9 Skema implementasi *hardware* (a) USRP sebagai *receiver*, (b) RTL-SDR sebagai *receiver*

Pada Gambar 3.9 menunjukkan skema implementasi sistem menggunakan *hardware*. Perancangan *hardware* terdiri dari beberapa alat

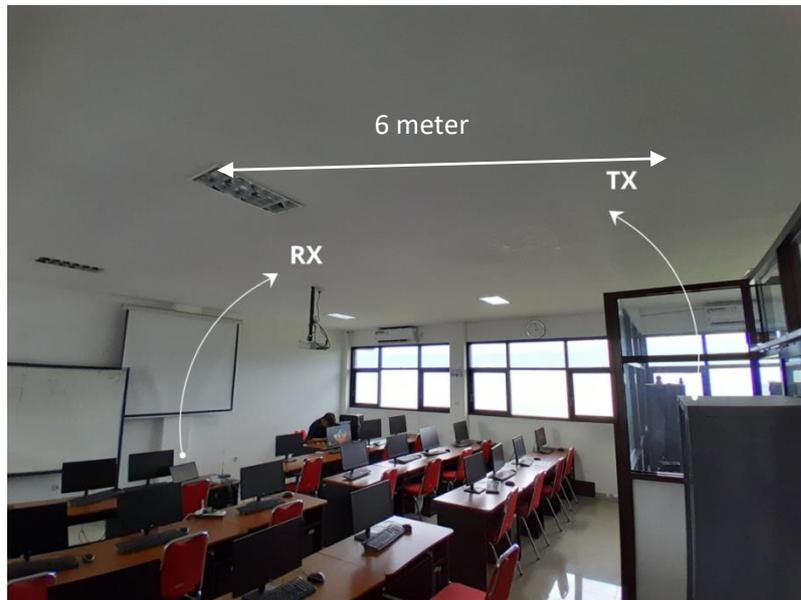
seperti 2 buah USRP, 2 buah laptop, SDR-RTL2832U, dan kabel LAN. Dengan demikian, perangkat saling dihubungkan. Pengujian dilakukan di dalam ruangan dengan kondisi terdapat beberapa komponen atau partikel di dalam ruangan, sehingga mengakibatkan pantulan sinyal yang berpotensi terjadinya interferensi dan biasa disebut dengan fenomena *multipath fading*.

Perangkat NI USRP-2920 pada sisi pengirim akan digunakan mengirimkan *input* sebuah teks dan perangkat NI USRP 2920 pada sisi penerima akan digunakan untuk menerima data. Kedua perangkat NI USRP 2920 terhubung dengan *software* GNU Radio. Sedangkan, perangkat SDR RTL yang terhubung dengan *software* MATLAB digunakan pada sisi penerima untuk menganalisa kanal dan menghitung nilai CCDF. Perangkat NI USRP-2920 memiliki *port* Gigabit sehingga memerlukan *switch* untuk terhubung dengan laptop yang belum *support* Gigabit. Laptop pada sisi pengirim yang terhubung dengan USRP digunakan untuk menganalisa data yang dikirimkan. Sedangkan, laptop pada sisi penerima digunakan untuk menganalisa data diterima pada GNU Radio dan analisis kanal serta menghitung nilai CCDF menggunakan *software* MATLAB.

3.4.2 Lokasi Pengujian Sistem

Pengujian penelitian pada laporan skripsi ini dilakukan secara *indoor* di lingkungan kampus IT Telkom Purwokerto, yaitu di Laboratorium *Programming* dan 2 lokasi sebagai pembanding di Laboratorium *Datacom* dan Lapangan *Wall Climbing (Outdoor)*. Pengujian menggunakan parameter yang sama seperti jarak 6 meter. Pengukuran diberbagai Lokasi diharapkan dapat melihat hasil kualitas sinyal dari beberapa kondisi sesuai dengan konsep penelitian yang menggunakan kanal *multipath fading*. Dengan demikian, penelitian ini dapat menghasilkan hasil yang ideal dengan membandingkan kondisi *indoor* dan *outdoor*. Dengan membandingkan ketiga lokasi ini, penelitian dapat memberikan wawasan mendalam tentang bagaimana berbagai lingkungan mempengaruhi kualitas transmisi sinyal. Hasil pengujian menunjukkan perbedaan yang jelas antara kualitas sinyal di

lingkungan *indoor* yang penuh pantulan dan *multipath* dengan lingkungan *outdoor* yang lebih ideal.



Gambar 3.10 Lokasi pengukuran di Laboratorium *Programming*

Seperti pada Gambar 3.10 menunjukkan gambar kondisi pengambilan atau pengukuran penelitian berbagai penghalang sehingga terjadi pantulan seperti tembok atau sekat kaca, lemari, dan benda lain yang memiliki ukuran yang berbeda-beda. Berbagai komponen atau partikel tersebut menyebabkan adanya *multipath*, sehingga sinyal yang dikirimkan dari pengirim akan mengalami interferensi. Penempatan *hardware* di dalam laboratorium dibedakan antara *receiver* dan *transmitter*, karena diharapkan dapat mengukur kondisi fenomena *multipath* di dalam ruangan. Perangkat yang digunakan sebagai *receiver* diletakkan di meja depan ruang laboratorium dan perangkat yang digunakan sebagai *transmitter* diletakkan di dalam ruangan laboran. Jarak antara *transmitter* dan *receiver* adalah 6 meter, seperti yang ditunjukkan pada gambar.

Posisi perangkat ini dipilih untuk memastikan adanya perbedaan jarak dan sudut pandang, serta untuk mengeksplorasi efek dari berbagai penghalang fisik terhadap kualitas sinyal yang diterima, memungkinkan analisis mendalam tentang perilaku sinyal dalam kondisi *multipath indoor*. Hal ini menimbulkan banyak jalur propagasi (*multipath*), yang dapat

menyebabkan penambahan atau pengurangan sinyal di titik penerimaan tergantung pada fase dan amplitudo sinyal yang tiba.



Gambar 3.11 Lokasi Pengukuran di Laboratorium *Datacom*

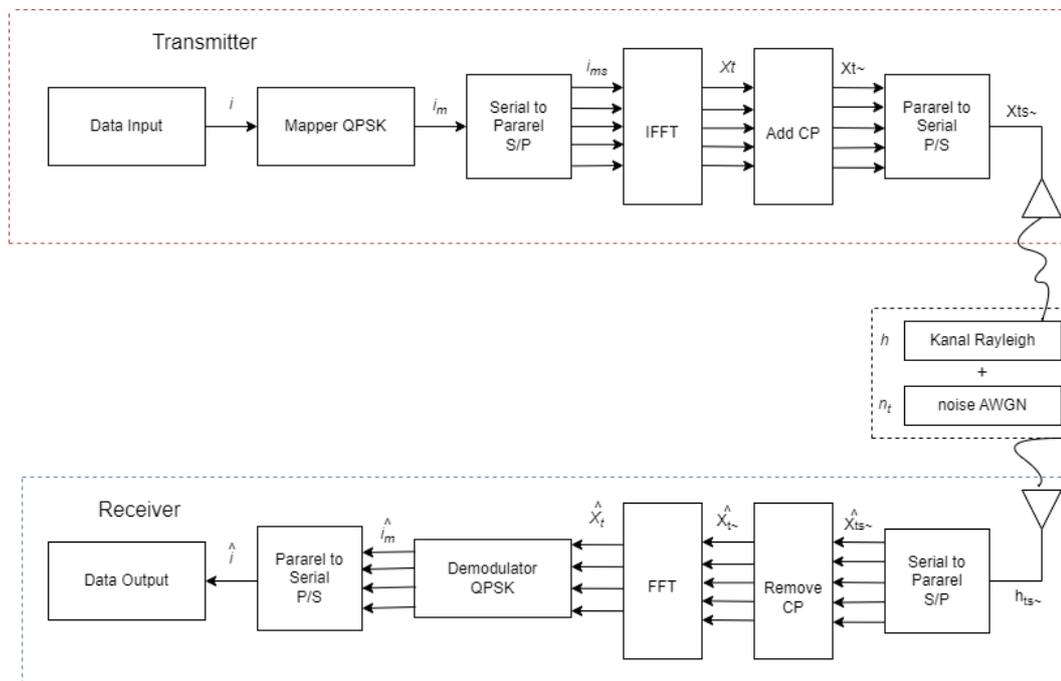
Seperti pada Gambar 3.11 terlihat lokasi pengukuran di laboratorium *datacom* dengan kondisi ruangan ada beberapa partisi seperti meja dan lemari yang bisa menyebabkan terjadinya fenomena *multipath*. Meskipun demikian, *multipath* tidak selalu berhubungan dengan sekat. Akan tetapi, terjadinya pantulan karena benda di sekitar lokasi pengukuran. Kondisi pada laboratorium *datacom* bisa dikatakan lebih sedikit *multipath* jika dibandingkan dengan laboratorium *programming*.



Gambar 3.12 Lokasi Pengukuran di Lapangan *Wall Climbing*

Pada Gambar 3.12 menunjukkan lokasi pengukuran pada kondisi *outdoor*. Pengujian pada kondisi *outdoor* dilakukan untuk pembandingan, sehingga dapat diamati nilai atau proses transmisi pada kondisi *indoor* maupun *outdoor*. Pada kondisi ini, dapat dianggap sebagai kondisi *Line of Sight* (LOS). Kondisi tersebut tidak adanya *multipath* karena sinyal dikirimkan langsung tanpa ada hambatan. Pada kondisi *outdoor* minim terjadinya interferensi karena *hardware* yang digunakan untuk pengukuran memiliki daya yang kecil.

3.4.3 Pemodelan sistem *multicarrier* OFDM



Gambar 3.13 Blok diagram sistem OFDM

Pengujian sistem pada laporan penelitian skripsi ini, dengan mengacu pada beberapa blok diagram yang masing-masing memiliki fungsi :

1. *Data Input*

Data input pada blok diagram rancangan simulasi penelitian laporan skripsi ini merupakan *data stream* pada sistem modulator yang akan dikirimkan. Data bisa berupa audio, teks, maupun gambar. Pada penelitian ini menggunakan *input* data berupa teks untuk menganalisa beberapa nilai parameter yang telah ditentukan. *Data input* teks yang dikirimkan terdiri

dari 2056 simbol, berdasarkan perhitungan menggunakan rumus kode ASCII.

2. *Mapper*

Mapper adalah suatu blok atau fungsi yang bertanggung jawab untuk memetakan data digital ke simbol-simbol yang sesuai dengan skema modulasi yang digunakan. Pada umumnya, *mapper* bekerja dengan mengambil sejumlah bit data sebagai *input* dan menghasilkan simbol atau sekumpulan bit yang mewakili level atau fase tertentu dalam modulasi yang digunakan. Dalam laporan skripsi ini menggunakan modulasi QPSK, dimana data digital akan dipetakan dalam simbol-simbol QPSK. Dengan mengkodekan dua bit pada setiap simbol, dan *mapper* memainkan peran kunci dalam menghasilkan representasi analog atau fase yang sesuai dengan data digital yang diberikan.

3. *Serial to Parallel*

Proses *serial to parallel* terjadi pada tahap pembentukan simbol-simbol yang akan dikirimkan. Data yang telah melalui berbagai tahapan pemrosesan, seperti pengkodean atau modulasi, seringkali tersedia dalam bentuk serial. Namun, untuk mentransmisikan data ini menggunakan prinsip OFDM, data perlu diubah dari format serial menjadi format paralel. Dengan kata lain, proses *serial to parallel* ini mengambil data yang datang secara berurutan (*serial*) dan mengelompokkannya menjadi beberapa aliran data yang dapat ditransmisikan secara bersamaan (*paralel*) melalui subpita frekuensi yang terpisah dalam sistem OFDM.

4. *Invers Fast Fourier Transform (IFFT)*

Invers Fast Fourier Transform (IFFT) berfungsi mengubah sinyal dari domain frekuensi ke domain waktu. Tujuan utama dari proses ini adalah menciptakan orthogonalitas antara *subcarrier*, sehingga spektrumnya dalam domain frekuensi dapat disusun secara tumpang tindih. Setiap *subcarrier* akan mengalami proses modulasi menggunakan IFFT, mengubahnya dari domain frekuensi menjadi domain waktu. Total *subcarrier* yang terlibat dalam proses ini adalah sebanyak 64. Implementasi modulasi menggunakan IFFT juga mengakibatkan

terjadinya superposisi pada sinyal yang dikirimkan. Persamaan umum yang digunakan untuk IFFT dapat dirumuskan sebagai berikut:

5. *Cyclic Prefix (CP)*

Penyisipan *guard interval* pada domain waktu dengan menerapkan *cyclic prefix* bertujuan untuk mengurangi *intersymbol interference*(ISI) pada simbol-simbol OFDM. Proses penambahan *cyclic prefix* ini dilakukan dengan melebarkan simbol OFDM, dimana bagian terakhir dari simbol tersebut disalin dan ditempatkan di bagian depan simbol yang akan ditransmisikan [10]. Pada penelitian menggunakan panjang CP sebesar 16.

6. *Parallel to Serial*

Proses *parallel to serial* biasanya terjadi setelah sinyal OFDM melewati tahap *Inverse Fast Fourier Transform* (IFFT). Pada tahap IFFT, data dari domain frekuensi (*subcarrier*) dihasilkan, dan kemudian proses *parallel to serial* digunakan untuk mengonversi data tersebut ke dalam domain waktu agar dapat ditransmisikan secara serial.

7. FFT

Fast Fourier Transform berfungsi mengubah sinyal dari domain waktu menjadi domain frekuensi. Selain itu, FFT melakukan konversi dari deretan simbol-simbol OFDM menjadi bilangan kompleks sesuai dengan konstelasi *mapping* QPSK pada pemancar. Adapun persamaan umum FFT yang digunakan:

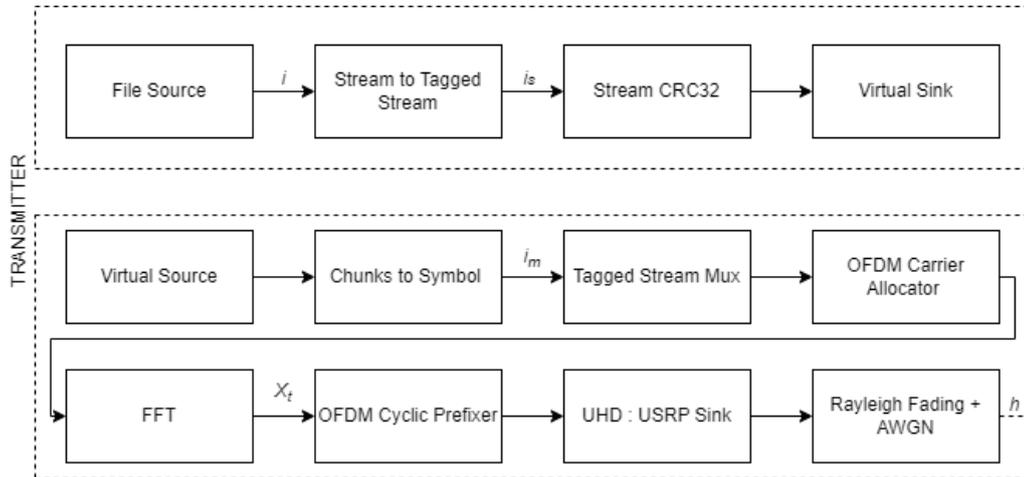
8. Demodulator

Demodulator adalah komponen dalam sistem komunikasi yang berfungsi untuk membaca sinyal frekuensi yang diterima dari pengirim dan mengubah kembali sinyal analog menjadi data digital yang akan diproses oleh perangkat komputer atau proses selanjutnya. Dalam proses ini terjadi pemisahan antara data dengan frekuensi pembawa yang akhirnya data tersebut diolah pada tahap selanjutnya. Pada proses ini tiap-tiap *carrier* dari sinyal OFDM didemodulasi secara terpisah dengan pilihan teknik demodulasi QPSK.

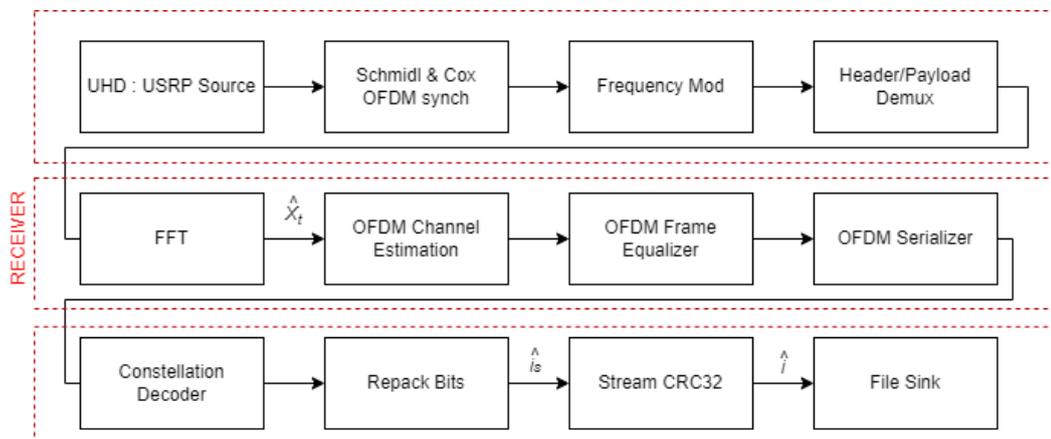
9. Data Output

Pada tahap ini akan mengeluarkan keluaran berupa grafik BER pada *software* GNU Radio. Pada *software* MATLAB mengeluarkan keluaran berupa grafik SNR dan kurva CCDF. Selain itu, *output* berupa data *file* yang dimasukkan pada proses *input*.

3.4.4 Skenario pemodelan sistem pada GNU Radio.



Gambar 3.14 Skenario rancangan sistem *transmitter* OFDM pada GNU Radio



Gambar 3. 15 Skenario rancangan sistem *receiver* OFDM pada GNU Radio

Pada Gambar 3.14 dan Gambar 3.15 merupakan skenario dari simulasi penelitian skripsi ini. Dengan masukan sebuah teks, data yang dikirim akan melalui beberapa blok proses simulasi. Blok diagram dalam sisi pengirim dibedakan menjadi 2 bagian, yaitu :

1. *Input processing*
 - a. *File Source* : Proses masukan sumber *file*. Bisa berupa teks, audio, gambar.

- b. *Stream to Tagged Stream* : Mengonversi aliran (*stream*) data tanpa tag menjadi aliran data yang berisi tag. Tag adalah informasi tambahan yang terkait dengan data, seperti waktu sampel, panjang paket, atau informasi lainnya yang diperlukan untuk pemrosesan data.
- c. *Stream CRC32* : Metode deteksi kesalahan yang umum digunakan untuk memastikan integritas data.

2. OFDM *process*

- a. *Virtual Source* : Digunakan untuk menyediakan sumber data yang dapat dimasukkan ke dalam aliran pemrosesan sinyal tanpa memerlukan perangkat keras fisik eksternal.
- b. *Chunks to Symbol* : Elemen pemrosesan sinyal yang mengubah blok data berukuran tertentu menjadi simbol-simbol yang sesuai dengan modulasi yang digunakan.
- c. *Tagged Stream Mux* : Menggabungkan beberapa aliran data dengan tag-tag yang terkait untuk disatukan menjadi satu aliran data keluaran.
- d. *OFDM Carrier Allocator* : Sebagai komponen yang menetapkan pembagian frekuensi atau alokasi *subcarrier* untuk implementasi modulasi OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*).
- e. FFT : Sebagai alat pemrosesan sinyal yang mengonversi sinyal domain waktu menjadi representasi domain frekuensi. Pada GNU Radio, blok FFT pada sisi *transmitter* akan diisi dengan *reverse* dan pada blok FFT *receiver* diisi dengan *forward*.
- f. *OFDM Cyclic Prefixer* : Sebagai komponen yang menambahkan *cyclic prefix* (CP) pada simbol-simbol OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*).
- g. *UHD USRP Sink* : Memungkinkan integrasi GNU Radio dengan perangkat USRP untuk melakukan transmisi sinyal radio pada berbagai frekuensi dan modulasi.

Sedangkan pada sisi *receiver* blok pada GNU Radio masing-masing memiliki fungsi.

- a. *UHD USRP Source* : Sebagai elemen yang memungkinkan penerimaan sinyal dari perangkat keras USRP ke dalam GNU Radio yang dikirim dari *UHD : USRP Sink*.
- b. *Schmidl & Cox OFDM Sync* : Blok sinkronisasi ini dirancang untuk membantu dalam menemukan dan mengoreksi *timing* atau waktu simbol OFDM dalam aliran data.
- c. *Frequency Mod* : Sebagai blok modulasi frekuensi. Dimana frekuensi *carrier* diubah sesuai dengan sinyal informasi.