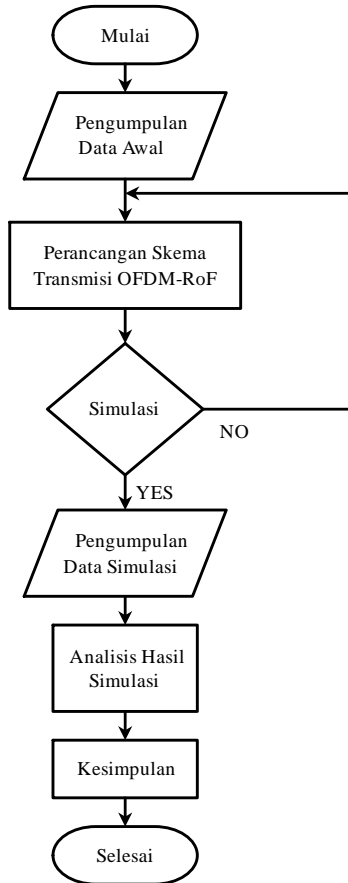


BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 *Flowchart* Proses Pengerjaan



Gambar 3.1 Langkah Pelaksanaan Penelitian

Penjelasan dari *Flowchart* pada gambar 3.1 adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan Data Awal

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang dapat membantu selama proses pelaksanaan penelitian, berupa skema transmisi OFDM-*Radio over Fiber* pada sistem EM-DD (*External Modulated-Direct Detection*) yang dimana mekanisme *up-conversion* menggunakan

modulasi eksternal optik (*External Modulated*) dan pada mekanisme *down-conversion* menggunakan deteksi langsung (*Direct Detection*).

2. Perancangan skema transmisi OFDM-*Radio over Fiber*

Pada tahap ini yang dilakukan adalah membuat sebuah rancangan skema transmisi OFDM-*Radio over Fiber* pada sistem EM-DD (*External Modulated-Direct Detection*) sebelum skema tersebut disimulasikan. Dimana pada perancangan ini menggunakan desain sistem Point to Point (P2P) dari mulai sisi *Transmitter* sampai sisi *Receiver*.

3. Simulasi

Pada langkah ini dilakukan proses simulasi menggunakan simulator Matlab R2010a dan *Optiksystem* 14.1. Pada penelitian ini akan menggunakan layanan data yang berupa tabel dan grafik. Dimana ketika simulasi gagal akan kembali dilakukan pengujian simulasi dengan mengganti parameter yang salah dan dilakukan simulasi ulang. Sampai didapatkan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan.

4. Pengumpulan data simulasi

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data dari hasil simulasi yang telah diperoleh untuk selanjutnya dilakukan analisis pada tahap selanjutnya.

5. Analisis hasil simulasi

Pada proses simulasi telah selesai, maka kemudian dihasilkan data dari simulasi tersebut, dan selanjutnya tahap yang dilakukan adalah dengan menganalisis hasil dari simulasi yang berupa tabel dan grafik parameter yang akan diamati. Proses analisis dapat dilakukan dengan mengamati tabel dan grafik.

6. Kesimpulan

Tahap terakhir yang dilakukan adalah dengan membuat kesimpulan dari hasil analisis yang sudah dilakukan. Kesimpulan didapat dari hasil pengamatan tabel dan grafik.

3.2 Perancangan Sistem

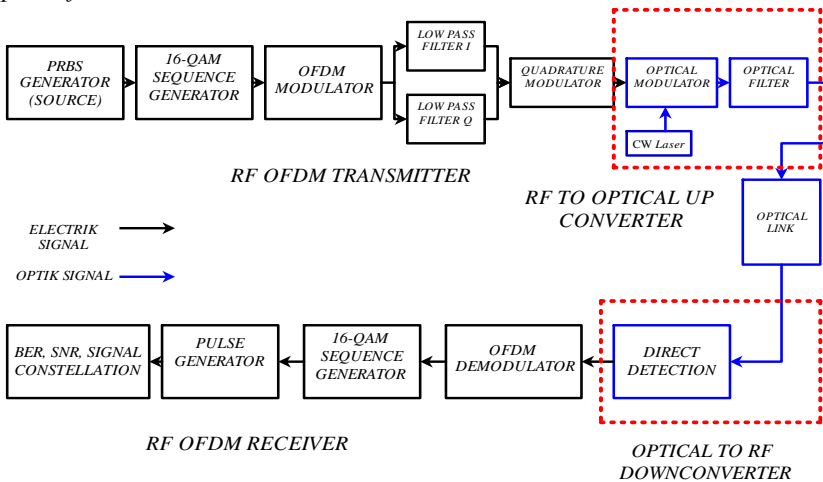
Pada perancangan ini menggunakan model sistem Point to Point (P2P) dimana mulai dari sisi *Transmitter* yaitu *Central Station* (CS) sampai sisi *Receiver* yaitu *Base Station* (BS) dengan menggunakan media transmisi serat optik seperti digambarkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Model sistem Point to Point

Bagian perancangan sistem ini, dijelaskan mengenai pemodelan EM-DD (*External Modulated-Direct Detection*) pada sistem OFDM-Radio over Fiber, yang terdiri dari RF-OFDM Transmitter, RTO (*RF to Optical Up-Converter*), Optical Link, OTR (*Optical to RF Down-Converter*), dan RF-OFDM Receiver seperti digambarkan pada gambar 3.3. Bagian RF-OFDM terdiri atas PRBS (*Pseudo Random Binary Sequence*) generator, QAM sequence generator, OFDM modulator dan dua *low pass filter* untuk stage output OFDM. Bagian ini menggunakan 16 QAM sequence generator, OFDM 64 FFT point, dan LPCROF (*Low Pass Cosine Roll Off Filter*), dimana output dari RF-OFDM transmitter ini akan dilewatkan pada RTO untuk mengalami mekanisme *up-conversion* (E/O) yang menggunakan EM (*External Modulated*).

Bagian RTO merupakan bagian yang penting pada sistem *Radio over Fiber*, penelitian ini menggunakan *LiNb-MZ Modulator* sebagai *optical modulator* dan *CW laser* sebagai *optical laser*. Bagian ini menggunakan satu buah *LiNb-MZ Modulator* dimana mendapat *input* dari *Quadrature Modulator* dan *CW laser*, dimana *output* dari *optical modulator* akan dilakukan filter pada *optical filter*.



Gambar 3.3 Blok Diagram Model EM-DD Sistem OFDM-RoF[4]

Bagian RF-OFDM transmitter dan RTO ditempatkan penguatan berupa *optical amplifier* sebagai kompensasi terhadap gangguan (*noise*) selama pemrosesan sinyal sebelum dilewatkan melalui *optical link*. Bagian *optical link* terdiri dari SMF (*single mode fiber*), *optical gain* dan *optical frequency filter* dengan menggunakan *loop control*. Penelitian ini menggunakan SMF 28 dan

optical Gaussian filter. Sinyal optik dari *optical link* kemudian dikirim ke OTR untuk mengalami mekanisme *down-conversion* (O/E).

Bagian OTR dikenal dengan sistem *optical detector*, penelitian ini menggunakan system *Direct Detection* dengan penggunaan satu buah *photodetector* tanpa tambahan CW *Laser* di RTO. *Output* dari OTR akan dikirim ke RF-OFDM *Receiver* yang sudah dalam bentuk sinyal elektrik. Bagian RF-OFDM *Receiver* merupakan sebuah *invers* dari proses di RF-OFDM *Transmitter* yang terdiri dari OFDM *Demodulator* untuk *Demultiplexing* dan 16 QAM *Sequence Decoder* untuk mendapat sinyal output, yang kemudian dapat dilihat kualitas sinyal yang diterima berdasarkan titik titik konstelasi, BER, dan SNR.

3.3 Parameter Simulasi

Adapun parameter simulasi yang digunakan pada penelitian ini dapat ditunjukkan dalam beberapa tabel berikut :

Tabel 3.1. Parameter Umum[4]

Parameter	Value
Bit Rate	10 Gbps
Sample Rate	40 GHz
Sequence Length	16384 bits
Sample per Bit	4
Number of Samples	65536

Pada penelitian ini sistem multiplexing yang digunakan adalah OFDM, terdapat subcarriers 64 points karena pertimbangan PAPR (*Peak to Average Power Ratio*), terkait pengimplementasiannya dikawasan urban atau perkotaan gedung-gedung bertingkat. Dimana posisi arraynya setengah dari jumlah subcarriers dan FFT point number dua kali jumlah subcarriers. Dimana parameter simulasinya dapat ditunjukkan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Parameter OFDM

Parameter	Value
Number of Subcarriers	64
Position Array	32
Number of FFT Points	128
Number of Prefix Points	0

Pada penelitian ini sumber optik yang digunakan adalah CW *Laser*. Penggunaan variasi daya -8 dBm s/d 8 dBm, untuk mengetahui pada daya berapakah performansi yang bagus terhadap nilai SNR dan BER. Parameter simulasi yang terdapat pada CW *Laser* yaitu :

Tabel 3.3. Parameter CW *Laser*

Parameter	Value
Frequency	193.1 THz
Power	-8 dBm s/d 8 dBm
Linewidth	0.15 MHz

Pada penelitian ini eksternal modulasi yang digunakan adalah LiNb MZ Modulator, dimana parameter simulasinya dapat ditunjukkan pada tabel 3.4.

Tabel 3.4. Parameter *LiNb MZ Modulator*[4]

Parameter	Value
Extinction Ratio	30 dB
Switching Bias Voltage	4 Volt
Switching RF Voltage	4 Volt
Insertion Loss	2 dB
Bias Voltage 1	0 Volt
Bias Voltage 2	2 Volt

Jenis serat optik yang digunakan pada penelitian yaitu *Single Mode Fiber* (SMF). Penggunaan variasi panjang serat optik 10 km s/d 50 km untuk mengetahui apakah sistem perancangan ini baik untuk jarak dekat atau jarak jauh terhadap nilai SNR, BER dan bentuk konstelasi sinyal penerima. Parameter simulasinya dapat ditunjukkan pada tabel 3.5.

Tabel 3.5. Parameter *Optical Fiber*

Parameter	Value
Reference Wavelength	1552 nm
Length	10 km s/d 50 km
Attenuation	0.2 dB/km

Parameter simulasi pada Optical Amplifier dapat ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 3.6. Parameter *Optical Amplifier*[4]

Parameter	Value
Gain	12 dB

Parameter simulasi pada Photodetector PIN dapat ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 3.7. Parameter *Photodetector PIN*[4]

Parameter	Value
Responsivity type	Constant
Responsivity	1 A/W
Dark Current	10 nA
Center Frequency	193.1 THz

3.4 Skenario Penelitian

Pada skenario penelitian ini ada terdapat 2 skenario dimana pada masing-masing skenario menggunakan *software* yang berbeda dengan memvariasikan daya *input* CW Laser yaitu -8 dBm s/d 8 dBm dengan variasi panjang serat optik 10 km s/d 50 km dan menggunakan panjang gelombang 1552 nm dengan atenuasi 0.2 dB/km. Pada penelitian ini hanya digunakan untuk transmisi *downlink* saja.

3.4.1 Pengaruh Variasi Daya Input terhadap Performansi SNR pada BER 10^{-3} dengan Panjang Gelombang 1552 nm.

Skenario pertama ini menggunakan *software* Matlab R2010a. Simulasi ini dilakukan untuk melihat pengaruh daya input terhadap nilai SNR pada BER 10^{-3} . Simulasi ini dilakukan dengan memberikan variasi daya input CW *Laser* yaitu -8 dBm s/d 8 dBm dengan panjang serat optik 10 km s/d 50 km pada frequency 1552 nm dengan atenuasi 0,2 dB/km. Gambar 3.4 menunjukkan bentuk skenario pertama pada simulasi ini.

```

a = 0.2; %channel attenuation, dB/km frequency 1550 nm
L = 50; % Length of fiber
% Channel
%*****Channel input*****
Tx_OOKin = -4 +cext_data; % Tx+with power, 0 dBm,ideal.
%*****Channel properties*****

Txch = Tx_OOKin -(a*L); %Signal in channel, deducting with %channel attenuation=4dB
% SNR
o=1;
for snr=0:2:50

```

Variasi Daya Input pada CW Laser diberi :
-8 dBm s/d 8 dBm

Variasi Panjang Fiber pada Optical Fiber
diberi : 10 km s/d 50 km

Gambar 3.4 Tampilan Skenario Pertama Menggunakan *Software* Matlab R2010a

Parameter daya *input* power dapat ditunjukkan pada tabel 3.8 dan parameter panjang serat optik dapat ditunjukkan pada tabel 3.9 :

Tabel 3.8 Parameter Daya *Input* Power

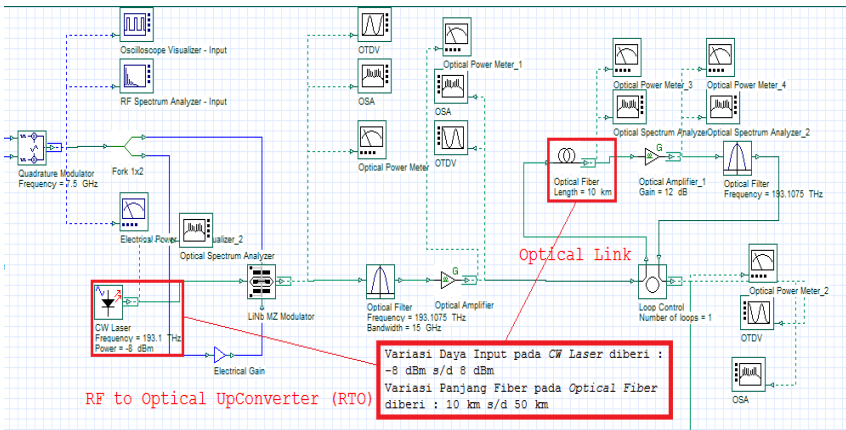
Parameter	Value
Frequency	193.1 THz
Power	-8 dBm s/d 8 dBm

Tabel 3.9 Parameter Panjang Serat Optik

Parameter	Value
Reference Wavelength	1552 nm
Length	10 km s/d 50 km
Attenuation	0.2 dB/km

3.4.2 Pengaruh Variasi Daya Input terhadap Daya Maksimum Konstelasi Sinyal dengan Panjang Gelombang 1552 nm.

Skenario kedua ini menggunakan *software* Optiksystem 14.1. Simulasi ini dilakukan untuk melihat pengaruh daya input terhadap nilai daya maksimum konstelasi sinyal. Simulasi ini dilakukan dengan memberikan variasi daya input CW Laser yaitu -8 dBm s/d 8 dBm dengan panjang serat optik 10 km s/d 50 km pada frequency 1552 nm dengan atenuasi 0,2 dB/km. Gambar 3.5 menunjukkan bentuk skenario pertama pada simulasi ini.



Gambar 3.5 Tampilan Skenario Kedua Menggunakan *Software Optiksystem*
14.1

Parameter daya *input* pada CW Laser dapat ditunjukkan pada tabel 3.10 dan parameter panjang serat optik pada *Optical Fiber* dapat ditunjukkan pada tabel 3.11 :

Tabel 3.10 Parameter pada CW Laser

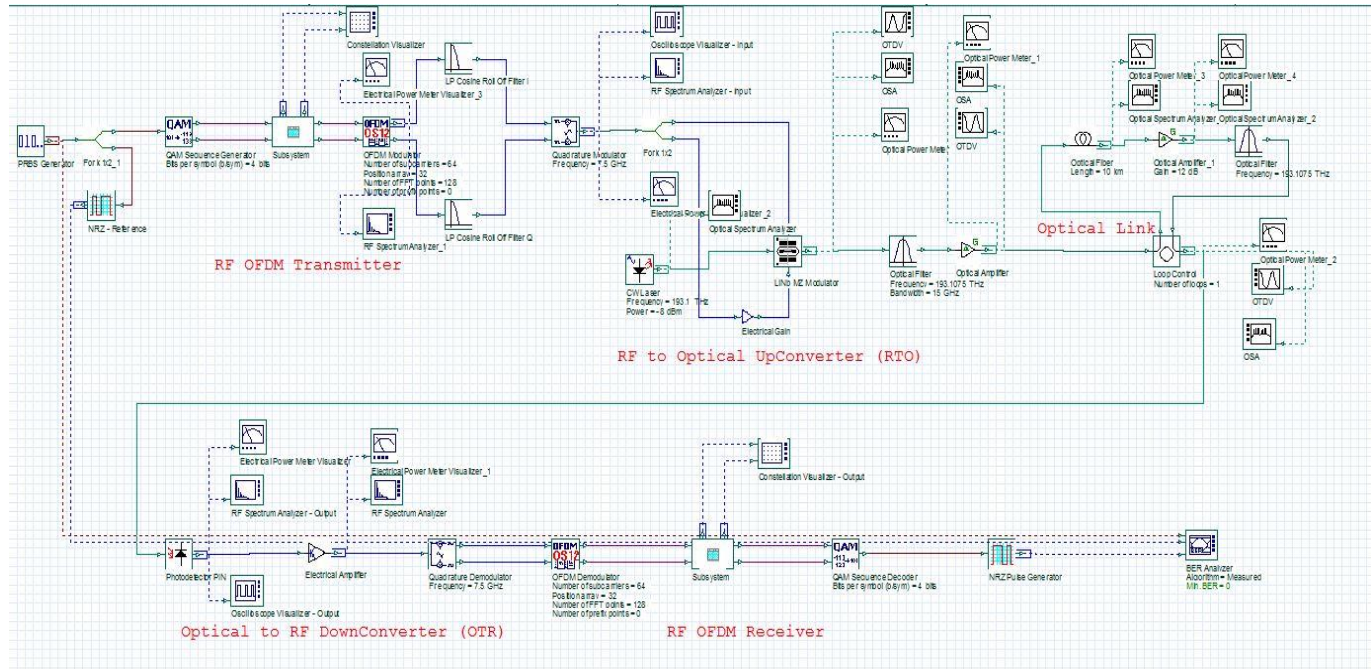
Parameter	Value
Frequency	193.1 THz
Power	-8 dBm s/d 8 dBm

Tabel 3.11 Parameter pada *Optical Fiber*

Parameter	Value
Reference Wavelength	1552 nm
Length	10 km s/d 50 km
Attenuation	0.2 dB/km

3.5 Skema Jaringan

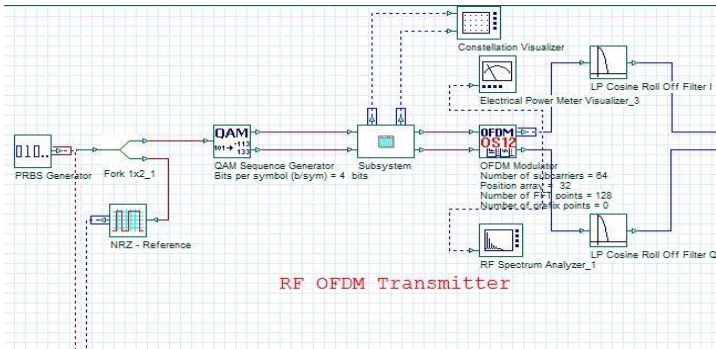
Model jaringan yang dibuat diperlihatkan pada gambar 3.5 di bawah ini dan telah didesain dengan menggunakan *Software Optiksystem V.14.1*.



Gambar 3.6 Model Jaringan OFDM-Radio over Fiber pada *Optiksystem 14.1*

3.5.1 RF-OFDM Transmitter

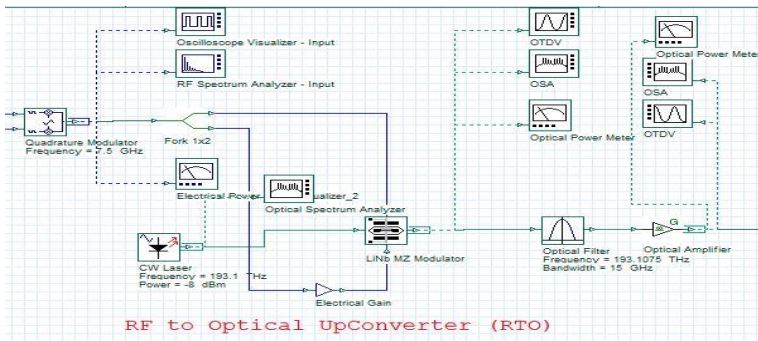
Analisis pada bagian RF-OFDM transmitter ini meliputi output dari konstelasi dari QAM sequence generator menggunakan constellation visualizer, output daya pada OFDM dan Quadrature Modulator menggunakan Electrical Power Meter (EPM) dan output spektrum sinyal pada OFDM dan Quadrature Modulator menggunakan RF spectrum analyzer. Layout simulasi RF OFDM transmitter ini ditunjukkan pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Tampilan Simulasi RF OFDM Transmitter

3.5.2 RF to Optical Up-Converter (RTO) External Modulated

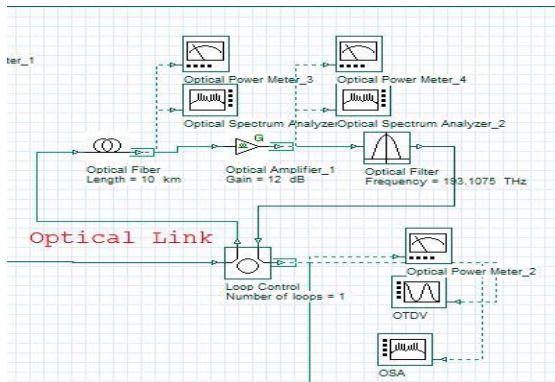
Analisis pada bagian ini meliputi output daya pada CW Laser dan LiNb-MZ Modulator menggunakan Optical Power Meter (OPM) dan output spektrum sinyal pada CW Laser dan LiNb-MZ Modulator menggunakan Optical Spectrum Analyzer (OSA). Tampilan simulasi bagian RTO dapat ditunjukkan pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Tampilan Simulasi RF to Optical UpConverter (RTO)

3.5.3 Optical Link

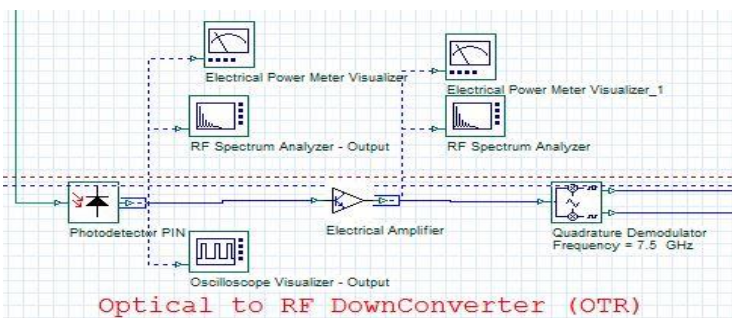
Analisis pada bagian ini meliputi *output* daya pada *Optical Fiber*, *Optical Amplifier* dan *Loop Control* menggunakan *Optical Power Meter* (OPM) dan *output* spektrum sinyal pada *Optical Fiber*, *Optical Amplifier* dan *Loop Control* menggunakan *Optical Spectrum Analyzer* (OSA). Tampilan simulasi bagian *Optical Link* dapat ditunjukkan pada gambar 3.9



Gambar 3.9 Tampilan Simulasi *Optical Link*

3.5.4 Optical to RF Down-Converter (OTR) Direct Detection

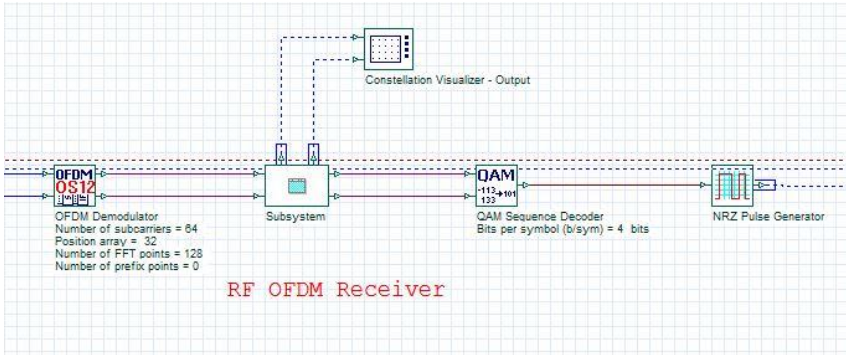
Analisis pada bagian ini dengan menggunakan sistem *direct detection* yang artinya tanpa tambahan CW Laser meliputi *output* daya pada *Photodetector PIN*, dan *Electrical Amplifier* menggunakan *Electrical Power Meter* (EPM), dan *output* spektrum sinyal pada *Photodetector PIN*, dan *Electrical Amplifier* menggunakan *RF Spectrum Analyzer*. Tampilan simulasi OTR dengan metode *Direct Detection* dapat ditunjukkan pada gambar 3.10



Gambar 3.10 Tampilan Simulasi *Optical to RF DownConverter (OTR)*

3.5.5 RF OFDM Receiver

Analisis pada bagian RF OFDM Receiver meliputi *output* konstelasi sinyal 16-QAM yang diterima menggunakan *Electrical Constellation Visualizer* (ECV). Hal tersebut berkaitan dengan bentuk konstelasi sinyal 16-QAM untuk variasi *Power* dari CW Laser di RTO, dan variasi panjang serat optik. Tampilan simulasi untuk RF OFDM Receiver dapat ditunjukkan pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Tampilan Simulasi RF-OFDM Receiver