

BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan meneliti pada perhitungan redaman sinyal *Free Space Optic* (FSO) dengan menggunakan teknik *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) dan modulasi digital *16-level Quadrature Amplitude Modulation* (16-QAM). Dari sistem yang dibuat, penulis juga menggunakan model kanal *Kim* untuk mengetahui tingkat *visibility* dari redaman FSO. Penelitian ini menggunakan *software Optisystem 20* untuk pengerjaan desain model.

Adapun parameter yang dipakai oleh pengujian ini sebagai pengukur kinerja sistem adalah *Bit Error Rate* (BER) *Symbol Error Rate* (SER), dan *Error Vector Magnitude* (EVM). Perangkat lunak *optisystem* hadir dengan instrumen *virtual* yang memungkinkan penulis melakukan pengukuran dengan mudah tanpa dibatasi oleh keterbatasan perangkat.

3.1 ALUR PENELITIAN

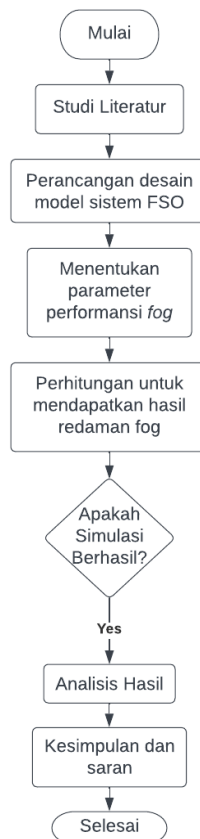
Pada bagian ini menjelaskan bagaimana sistematika yang dilakukan penulis pada pembuatan penelitian. Penelitian ini akan dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu, pemerolehan data dan masalah dengan studi literatur, perancangan model desain, penentuan parameter performasi untuk redaman *fog*, perhitungan untuk mendapatkan hasil redaman *fog*, simulasi, kemudian perolehan hasil untuk dianalisa dan disimpulkan.

3.1.1 Diagram Alir Perancangan

Tahapan pertama yang dilakukan yaitu studi literatur, dengan melakukan *literature review* dan mencari refrensi teori dari berbagai sumber yang berkaitan dengan topik yang diteliti. Sumber-sumber yang digunakan berupa *paper*, jurnal, *e-book* dan *textbook*. Tahap ini dilakukan sebagai bahan dan acuan untuk memahami konsep dari topik yang akan dibahas, serta untuk menemukan perbedaan pada setiap penelitian yang dilakukan sehingga dapat dijadikan sebagai referensi penelitian. Kemudian dari refrensi tersebut akan diperoleh masalah yang dapat diteliti. Untuk tahap ini mengacu pada jurnal-jurnal penelitian yang sudah dilakukan. Dimana

penelitian ini akan menganalisis tentang performansi redaman *fog* pada sistem FSO menggunakan teknik *multiplexing* yakni OFDM dan model kanal *kim*, dengan menggunakan modulasi Teknik 16-QAM. Penelitian ini menggunakan *software Optisystem 19* untuk pembuatan sistem dalam bentuk simulasi.

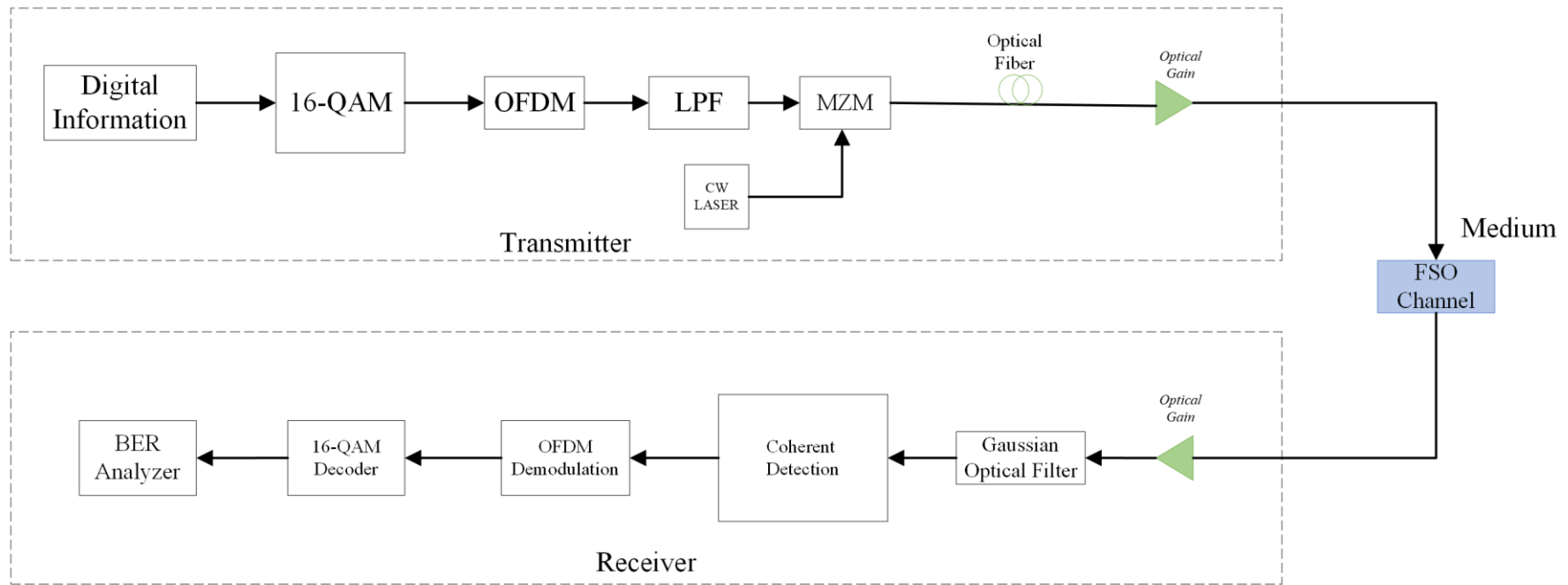
Pada tahap kedua, dilakukan perancangan desain model FSO dengan persamaan yang disesuaikan pada dasar teori. Kemudian dengan menentukan parameter yang akan digunakan untuk melakukan simulasi. Akan tetapi, sebelum melakukan simulasi, parameter yang dimasukkan akan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan redaman hasil *fog* menggunakan model kanal *Kim* terlebih dahulu. Kemudian setelah didapatkan hasil redaman yang dihasilkan dari perhitungan teoritis, maka dapat melakukan simulasi menggunakan *software*. Hasil data yang didapatkan akan dianalisis akan diuji dengan melihat nilai BER. Kemudian hasil yang diperoleh akan diberi kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya. Gambar 3.1 menampilkan tahap-tahap penelitian dalam bentuk *flowchart*.



Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian.

3.2 DESAIN SISTEM

Dibawah ini merupakan topologi atau desain sistem pada penelitian ini yang dimana memiliki 3 bagian yakni bagian *Transmitter* atau Pengirim, bagian *Medium* atau kanal, dan bagian *Receiver* atau penerima. Gambar 3.2 menampilkan tahap pada sistem penelitian ini kemudian dijelaskan pada *sub-bab* yang ada dibawah gambar ini.



Gambar 3. 2 Diagram sistem penelitian.

3.2.1 Digital Information

Sinyal informasi yang berbentuk digital yang berisikan data akan dikirimkan dalam bentuk paralel. Setiap data sinyal yang berbentuk paralel merupakan satu simbol untuk masing-masing *sub-carrier*.

3.2.2 Digital Modulator

Modulator berada di sisi *Transmitter* akan mentransmisikan sinyal informasi dengan modulasi yang nantinya akan memetakan setiap bit ke *domain* kompleks sesuai dengan konstelasi modulasi yang digunakan. Pada tugas akhir ini menggunakan 16-QAM yang pada setiap titik konstelasi memiliki 4 titik. Kemudian hasil dari sinyal termodulasi akan diteruskan ke OFDM.

3.2.3 OFDM Multiplexer

Pada blok OFDM sinyal akan dibentuk secara orthogonal pada masing-masing *subcarrier*. Pembentukan sinyal secara *orthogonal* ini bertujuan untuk menghemat *bandwidth*, dan juga interferensi antar simbol sehingga dapat meningkatkan performansi pengiriman.

3.2.4 Optical Filter

Sinyal yang dikeluarkan dari OFDM ini berupa sinyal elektrik yang akan difilter oleh filter optik menggunakan *Low Pass Filter* (LPF). Filter berfungsi untuk meloloskan sinyal menggunakan frekuensi *cut-off*, sehingga sinyal-sinyal yang tidak diperlukan akan disaring dan dihilangkan.

3.2.5 Optical Modulator

Optical Modulator bekerja sebagai perangkat yang mengubah sinyal listrik ke bentuk sinyal optik. Perangkat yang digunakan yaitu Mach-Zender Modulation (MZM) sebanyak dua buah. Sumber Cahaya berasal dari *LASER*.

3.2.6 Optical Fiber

Optical Fiber merupakan medium awal untuk mengirimkan data ke gedung, yang kemudian ditransmisikan ke gedung yang lain menggunakan kanal FSO.

3.2.7 Optical Gain

Optical Gain adalah penguat sinyal sebelum ditransmisikan. Optical gain membantu untuk mengkompensasi kerugian yang terjadi saat sinyal melewati serat optik sehingga sinyal tetap kuat dan dapat ditransmisikan pada jarak yang lebih panjang.

3.2.8 FSO Channel

Sinyal yang sudah difilter akan melewati kanal atmosfer. Kanal atmosfer yang digunakan sebagai medium transmisi yaitu kanal *Kim*. Dalam proses pentransmisi informasi ke udara akan terjadi banyak kendala karena berada di atmosfer yang mempengaruhi nilai BER dan daya yang diterima. Proses transmisi ini juga menggunakan *Continuous wave (CW) LASER* untuk memancarkan sinyal data dalam bentuk cahaya. Pada Tugas akhir ini bersifat *Line of Sight (LOS)*, sehingga sinyal listrik diubah kedalam bentuk cahaya yang akan dipancarkan dengan udara sebagai media rambatnya, dimana telah mengandung sinyal informasi yang sudah termodulasi dari blok *Transmitter*. Sinyal data yang berbentuk cahaya tersebut dipancarkan oleh *CW LASER* ke atmosfer menuju penerima.

3.2.9 Coherent Detection

Pada Tugas Akhir ini sinyal informasi yang diterima menggunakan APD *Photodetector*, karena lebih baik dalam pengiriman jarak jauh. Cahaya yang telah ditangkap tersebut akan dikonversikan menjadi sinyal listrik.

3.2.10 OFDM Demodulation

OFDM demodulasi bekerja untuk mendekomposisi sinyal OFDM yang telah dikodekan kembali menjadi sinyal-sinyal subkarier yang asli, sehingga dapat diambil informasi yang dikandung oleh sinyal-sinyal tersebut.

3.2.11 Demodulator

Proses konversi sinyal listrik dari paralel ke bentuk serial akan dilakukan oleh OFDM *demodulator* sebelum diteruskan ke BER *analyzer*. Berfungsi untuk menyaring kembali sinyal sehingga tidak terdapat *noise*.

3.2.12 BER Analyzer

BER *Analyzer* berfungsi sebagai penerima sinyal data informasi dan menilai performansi sinyal yang dikirimkan oleh *Transmitter*.

3.3 PARAMETER SIMULASI

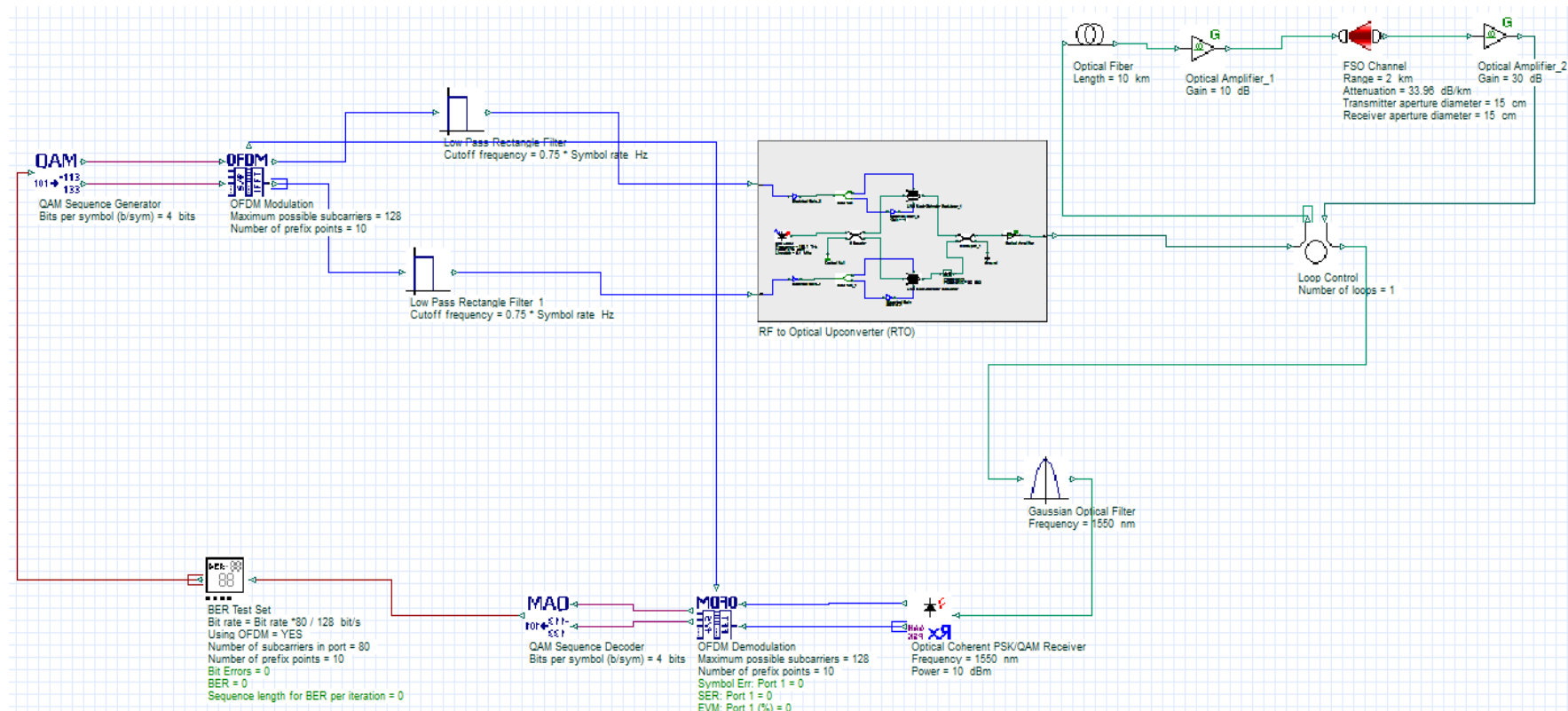
Parameter simulasi yang digunakan pada tugas akhir ini untuk perbandingan sistem yang menggunakan OFDM dengan modulasi 16-QAM serta variasi daya dan Panjang gelombang pada tabel 3.1 Adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Parameter simulasi

Parameter	Keterangan
<i>Bit rate</i>	10 Gbps
Modulasi	16-QAM
<i>Multiplexer</i>	OFDM
<i>Subcarriers</i>	128
Daya	0, 10, 20, dBm
Optical Gain	10 dB
Kanal Atmosfer	<i>Clear Air, Moderate Fog, Thick Fog</i>
Atenuasi <i>Clear Air</i>	-0,22090015 dB/km
Atenuasi <i>Moderate Fog</i>	-33,9794 dB/km
Atenuasi <i>Thick Fog</i>	-84,9485 dB/km
Panjang gelombang	1550 nm
<i>Range Tx to Rx</i>	0,5;1;1,5;2 km
<i>Aperture diameter Tx</i>	15 cm
<i>Aperture Diameter Rx</i>	15 cm
<i>Optical Fiber</i>	10 km
<i>Optical Filter</i>	<i>Gaussian Optical Filter</i>
Model kanal	<i>Kim</i>
<i>Optical source</i>	CW LASER
<i>Photodetector</i>	<i>Coherent Detection APD</i>
Parameter ukur	BER, SER, EVM

3.4 LAYOUT SIMULASI

Dibawah ini merupakan *Layout* dari simulasi yang ada pada penelitian ini, dimana penelitian ini menggunakan sistem 16-QAM OFDM berbasis FSO.

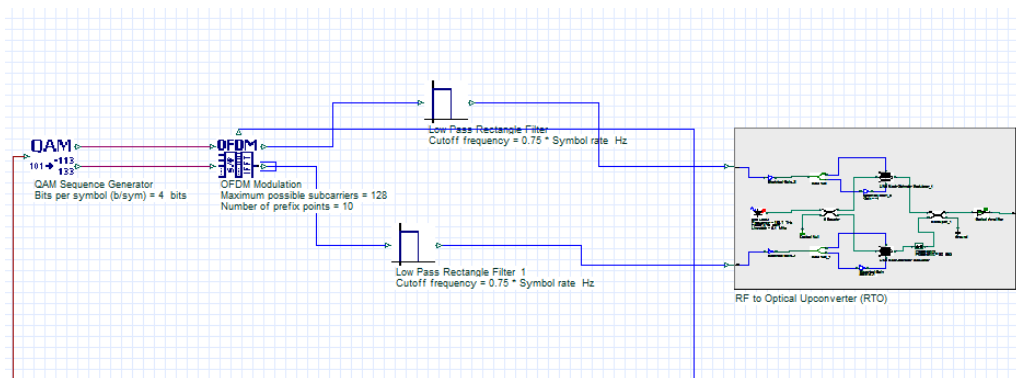


Gambar 3.3 *Layout* Simulasi 16-QAM OFDM Pada Sistem FSO

Gambar 3.3 menunjukkan *layout* simulasi 16-QAM OFDM berbasis FSO. Skema *layout* mendemonstrasikan pengiriman data sebesar 10 Gbps menggunakan panjang gelombang 1550 nm. Analisa dilakukan pada variasi daya pancar dan jarak pada kanal FSO. Sistem dibagi menjadi 3 bagian utama yaitu sisi pengirim, sisi *medium*, dan sisi penerima. Pada penelitian ini melakukan metode transmisi secara *Full-Duplex*, yaitu sistem dapat mentransmisikan dan menerima data secara simultan dalam kedua arah (*full duplex*) pada saluran komunikasi yang sama. Hal ini ditunjukkan pada gambar, dimana data yang diterima pada sisi pengirim merupakan data yang sudah diolah sebelumnya.

3.4.1 Blok Transmitter dan Medium Transmisi

Dibawah ini merupakan Blok *Transmitter* atau pengirim pada simulasi dalam penelitian ini.

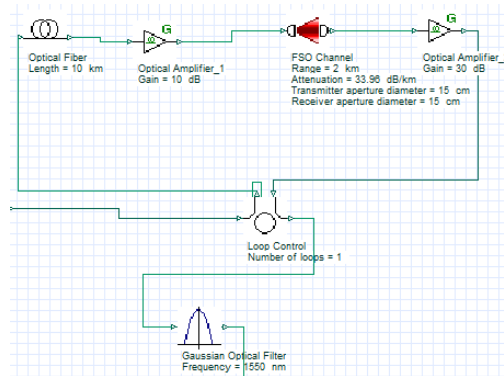


Gambar 3.4 Blok Transmitter

Gambar 3.4 merupakan blok *Transmitter*. Penelitian ini menggunakan modulasi 16-QAM yang memiliki 4bit dalam 1 simbolnya. Hal ini dapat meningkatkan nilai *throughput*, sehingga pengiriman data menjadi lebih cepat. Sistem OFDM memanfaatkan 128 *subcarrier* maksimum dengan 80 *subcarrier* yang aktif. Daya yang digunakan oleh sistem OFDM adalah sebesar 20 mW. Sinyal keluaran dari perangkat ini berupa sinyal listrik yang bersifat ortogonal, memungkinkan penghematan *bandwidth*. Setelah itu, sinyal difilter menggunakan *Low Pass Filter*, dan selanjutnya diubah ke dalam bentuk optik agar dapat ditransmisikan.

Selanjutnya sinyal elektrik dari OFDM dikonversi menjadi sinyal optik dengan menggunakan perangkat MZM sebanyak dua buah. Sumber cahaya berasal

dari *LASER* yang nantinya akan divariasikan dayanya sebagai bentuk analisis pada penelitian ini, dengan besar daya yang digunakan adalah 0 dBm, 10 dBm, dan 20 dBm.

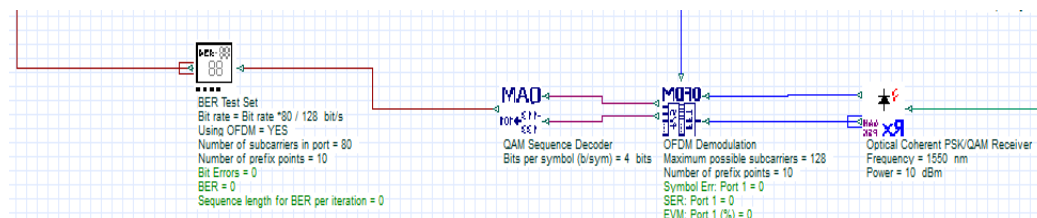


Gambar 3.5 Blok Medium

Kemudian sinyal optik ditransmitkan ke gedung menggunakan kanal fiber optik sejauh 10 km yang dimana telah disebutkan pada gambar 3.5. Pada pengiriman selanjutnya, data dikirimkan menggunakan *FSO Channel* menuju gedung lainnya sebagai penerima, yang sebelumnya dikuatkan menggunakan optical gain. Pada bagian *FSO Channel*, jarak transmit akan divariasikan sejauh 0,5 sampai 2 km, menggunakan Panjang gelombang 1550 nm dan diameter lensa pengirim dan penerima 15 cm. Pada bagian ini juga akan dianalisis pengaruh atenuasi yang disebabkan oleh kondisi atmosfer yaitu *Clear Air*, *Moderate Fog*, dan *Thick Fog*. Kemudian data yang diterima oleh gedung selanjutnya dikuatkan Kembali menggunakan *Optical Gain* dan difilter menggunakan *Gaussian Optical Filter*.

3.4.2 Blok Receiver

Pada gambar 3.6 Dibawah ini merupakan blok Receiver atau bagian penerima pada sistem simulasi dalam penelitian ini.



Gambar 3.6 Blok Receiver

Sinyal optik yang telah di filter akan diterima oleh *Coherent Detection*. Jenis *Coherent* yang digunakan adalah jenis *homodyne* sehingga frekuensi pada *Coherent Detection* sama dengan frekuensi pada *CW Laser* yaitu 1550 nm. Pada bagian *Coherent Detection* menggunakan *Photodetector* jenis APD sebanyak 4 buah. Perangkat ini menerima sinyal optik yang sebelumnya sudah di *filter*, kemudian mengubahnya kedalam bentuk sinyal elektrik. *Coherent Detection* digunakan untuk meningkatkan sensitivitas pada bagian penerima dengan cara menggabungkan sinyal informasi dengan sinyal referensi yang berasal dari *local oscillator*. Output sinyal berupa elektrik yang kemudian didemodulasi menggunakan *OFDM Demodulation* untuk memulihkan data yang orthogonal ke bentuk semula. Output sinyal berupa sinyal konstelasi, yang kemudian didemodulasi menggunakan *16-QAM Demodulation* untuk menterjemahkan sinyal konstelasi ke bentuk data semula.

3.5 SKENARIO SISTEM

Skenario simulasi yang dirancang pada OFDM dengan sistem FSO untuk mengetahui kualitas sinyal informasi dari *Transmitter* ke *Receiver* terhadap variasi panjang gelombang, besar daya kirim, dan *visibility* pada kondisi kabut. Dan dinilai menggunakan parameter redaman BER.

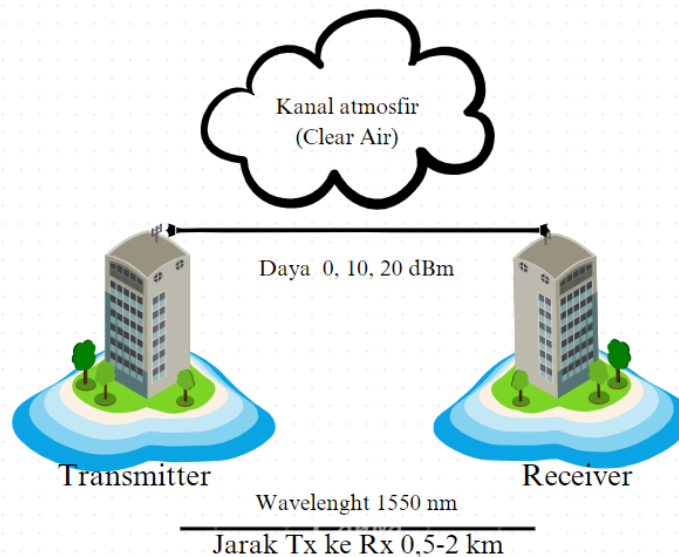
3.3.1 Skenario I

Pengujian pertama yaitu kondisi atmosfer *Clear Air* menggunakan variasi daya sebesar 0,10,20 dBm dan variasi jarak sepanjang 0,5 km sampai dengan 2 km dengan rentang 0,5 km. Hal ini dilakukan untuk melihat pengaruh daya dan jarak pada performansi sistem yang akan dilihat menggunakan parameter BER, SER, dan EVM. Adapun pengujian ini melakukan perbandingan nilai redaman menggunakan perhitungan teoritis dan pengukuran simulasi menggunakan *Software Optisystem*. Adapun parameter dan ilustrasi pada skenario I dijelaskan pada Tabel 3.2 dan Gambar 3.7 dibawah ini,

Tabel 3.2 Parameter Skenario I

Parameter	Keterangan
<i>Bit rate</i>	10 Gbps
Modulasi	16-QAM

Parameter	Keterangan
Daya	0,10,20 dBm
Tipe Atmosfer	<i>Clear Air</i>
<i>Visibility</i>	20 km
<i>Attenuation</i>	-0,22090015 dB/km
Panjang Gelombang	1550 nm
<i>Aperture Diameter Tx</i>	15 cm
<i>Aperture Diameter Rx</i>	15 cm
<i>Range</i>	0,5;1;1,5;2 km
<i>Photodetector</i>	<i>Coherent Detection APD</i>



Gambar 3.7 Ilustrasi Skenario I

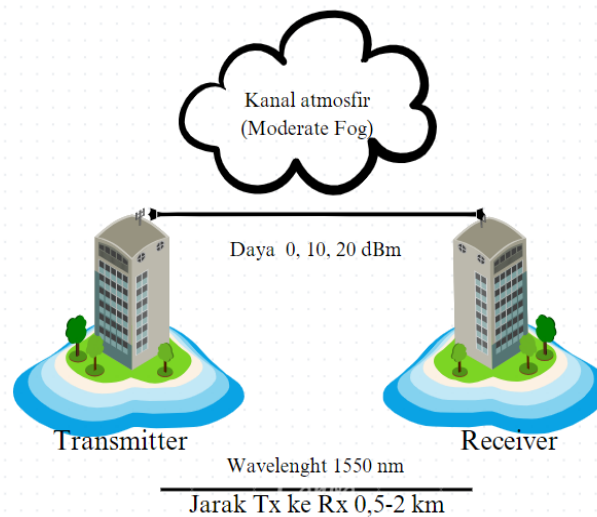
3.3.2 Skenario II

Pengujian kedua yaitu kondisi atmosfer *Moderate Fog* menggunakan variasi daya sebesar 0,10,20 dBm dan variasi jarak sepanjang 0,5 km sampai dengan 2 km dengan rentang 0,5 km. Hal ini dilakukan untuk melihat pengaruh daya dan jarak pada performansi sistem yang akan dilihat menggunakan parameter BER, SER, dan EVM. Adapun pengujian ini melakukan perbandingan nilai redaman menggunakan perhitungan teoritis dan pengukuran simulasi menggunakan *Software Optisystem*.

Adapun parameter dan ilustrasi pada skenario II dijelaskan pada tabel 3.3 dan Gambar 3.8 dibawah ini,

Tabel 3.3 Parameter Skenario II

Parameter	Keterangan
<i>Bit rate</i>	10 Gbps
Modulasi	16-QAM
Daya	0,10,20 dBm
Tipe Atmosfer	<i>Moderate Fog</i>
<i>Visibility</i>	0,5 km
Parameter	Keterangan
<i>Attenuation</i>	-33,9794 dB/km
Panjang Gelombang	1550 nm
<i>Aperture Diameter Tx</i>	15 cm
<i>Aperture Diameter Rx</i>	15 cm
<i>Range</i>	0,5;1;1,5;2 km
<i>Photodetector</i>	<i>Coherent Detection APD</i>



Gambar 3.8 Ilustrasi Skenario II

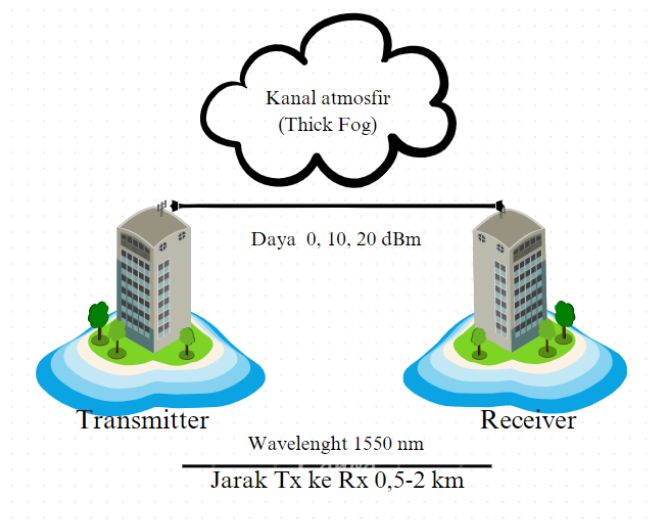
3.3.3 Skenario III

Pengujian ketiga yaitu kondisi atmosfer *Thick Fog* menggunakan variasi daya sebesar 0,10,20 dBm dan variasi jarak sepanjang 0,5 km sampai dengan 2 km dengan rentang 0,5 km. Hal ini dilakukan untuk melihat pengaruh daya dan jarak

pada performasi sistem yang akan dilihat menggunakan parameter BER, SER, dan EVM. Adapun pengujian ini melakukan perbandingan nilai redaman menggunakan perhitungan teoritis dan pengukuran simulasi menggunakan *Software Optisystem*. Adapun parameter dan ilustrasi pada skenario III dijelaskan pada tabel 3.4 dan gambar 3.9 dibawah ini,

Tabel 3.4 Parameter skenario III

Parameter	Keterangan
<i>Bit rate</i>	10 Gbps
Parameter	Keterangan
Modulasi	16-QAM
Daya	0,10,20 dBm
Tipe Atmosfer	<i>Thick Fog</i>
<i>Visibility</i>	0,2 km
<i>Attenuation</i>	-84,9485 dB/km
Panjang Gelombang	1550 nm
<i>Aperture Diameter Tx</i>	15 cm
<i>Aperture Diameter Rx</i>	15 cm
<i>Range</i>	0,5;1;1,5;2 km
<i>Photodetector</i>	<i>Coherent Detection APD</i>



Gambar 3.9 Ilustrasi Skenario III