

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Dalam melakukan proses simulasi dan pengambilan data, penelitian dilakukan pada laboratorium yang berada di lingkungan Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro, Institut Teknologi Telkom Purwokerto.

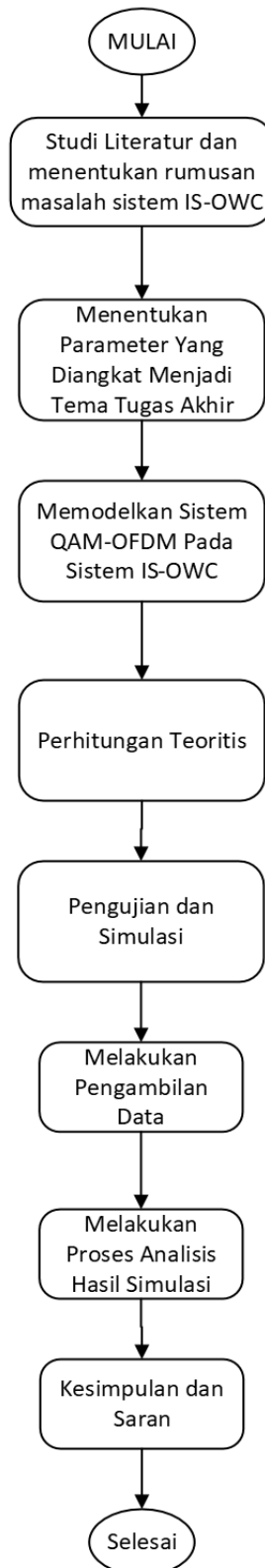
3.2 Alat dan Bahan

Dalam melaksanakan penelitian terdapat beberapa alat dan bahan yang digunakan yaitu *software* dan *hardware*. Kemudian pada penelitian ini menggunakan *software Optisystem*, dimana *optisystem* sendiri adalah sebuah sistem simulasi untuk komunikasi optik dimana didalamnya terdapat paket simulasi yang dapat digunakan untuk mendesain, mensimulasikan dan melakukan optimalisasi secara *virtual* terhadap berbagai jenis *optical link* yang berada pada *physical layer* daripada sebuah jaringan optik dengan berbagai jenis spektrum. Pada *optisystem* sendiri terdapat beberapa *tools* atau komponen yang dapat digunakan seperti NRZ *pulse generator*, BER *Analyzer*, dan kebutuhan yang berkaitan dengan simulasi optis. Dengan menggunakan *software* ini maka penelitian dapat dilaksanakan tanpa perlu merancang dan membangun sistem secara nyata (*real*). Selanjutnya *software* yang akan digunakan adalah *Matlab*, *Matlab* adalah sebuah *platform programming* yang didesain secara spesifik kepada *engginers* dan *scientists* untuk melakukan analisa dan mendesain sebuah sistem serta produk. *Matlab* menggunakan *matlab language* yaitu sebuah bahasa *matrix* yang memungkinkan secara natural mengekspresikan sebuah *computional mathematics*. Beberapa fitur daripada *Matlab* yaitu melakukan analisa data, *develop algorithms* dan membuat pemodelan dan aplikasi. Perangkat keras atau *hardware* yang digunakan dalam penelitian yaitu *Personal Computer (PC)* laboratorium PSD dimana memiliki spesifikasi yang dimiliki memenuhi kriteria instalasi *software optisystem* dan *Matlab* dengan rincian spesifikasi sebagai berikut:

1. *Processor* : Intel ® Core i7-7700 CPU @ 3.60Ghz
2. *RAM* : 8.00 GB
3. *System* : 64- bit *Operating System*

3.3 Alur Penelitian

Pada Gambar 3.1 menunjukan *flowchart* alur pengerjaan tugas akhir ini.



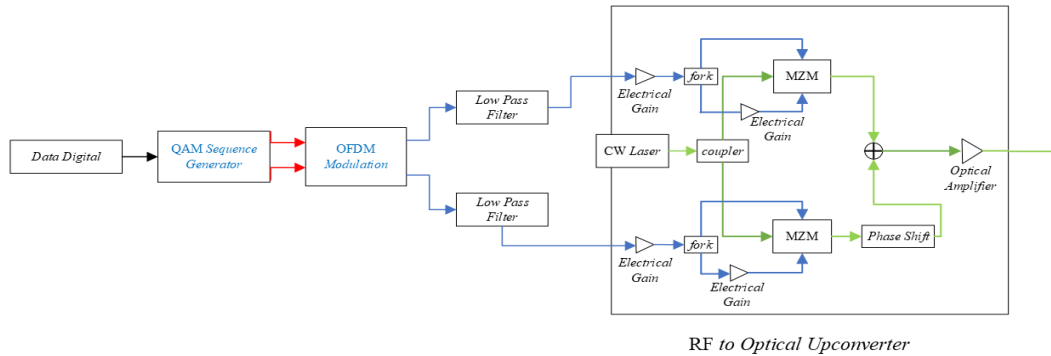
Gambar 3.1 *Flowchart* Alur Penelitian

Gambar 3.1 menunjukkan *flowchart* penelitian yang melalui beberapa tahapan, dimana diawali dengan studi literatur dengan membaca jurnal mengenai IS-OWC serta menentukan rumusan masalah dan parameter yang akan disimulasikan. Kemudian dilanjutkan pada tahapan mengangkat parameter yang akan dijadikan tema penulisan tugas akhir, dalam hal ini yaitu mengangkat tema 4 QAM pada sistem OFDM terhadap parameter-parameter yang terdapat didalam sistem IS-OWC. Parameter tersebut meliputi bagian *Optical Wireless Channel* (OWC) seperti *pointing error*, jarak transmisi, serta melakukan variasi panjang gelombang optik yang akan digunakan. Selanjutnya melakukan pemodelan sistem QAM-OFDM pada *software Optisystem*, QAM digunakan untuk melakukan proses pembawa sinyal *amplitude* dan fasa dari bit informasi data digital yang diterima, OFDM digunakan untuk melakukan *input* simbol dan memetakan simbol tersebut ke sejumlah *subcarrier* yang saling *orthogonal* satu dan lainnya, OFDM menggunakan *cyclic prefix* yang berfungsi sebagai interval penjaga antara simbol sehingga hal tersebut dapat mengatasi adanya interferensi antar simbol. Setelah pemodelan sistem dilakukan maka dilanjutkan dengan perhitungan teoritis mengenai daya terima (*received power*) pada OWC, yang nantinya perhitungan teoritis tersebut akan dibandingkan dengan hasil simulasi.

Kemudian melakukan pengambilan menggunakan *software optisystem* dan melakukan konfigurasi parameter meliputi jarak transmisi, panjang gelombang optik yang digunakan, serta *pointing error* pada sisi *transmitter* untuk langkah selanjutnya yaitu dilakukan pengujian dan simulasi dan melakukan proses pengambilan data daripada hasil simulasi, setelahnya dilakukan proses analisis hasil simulasi dalam hal ini yaitu analisis hasil data *Error Vector Magnitude*, *Symbol Error Rate*, *Bit Error Rate*, dan *power received* (daya terima) pada *Optical Wireless Channel* (OWC) dan langkah terakhir yaitu kesimpulan serta saran dari hasil pengujian sistem IS-OWC yang telah disusun.

3.3.1 Blok Diagram Sistem

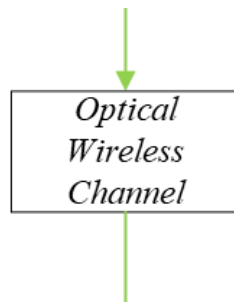
Pada Gambar 3.2 menunjukkan blok diagram pemodelan sistem IS-OWC, model sistem IS-OWC menggunakan 4-QAM dengan modulasi OFDM.



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem Transmisi

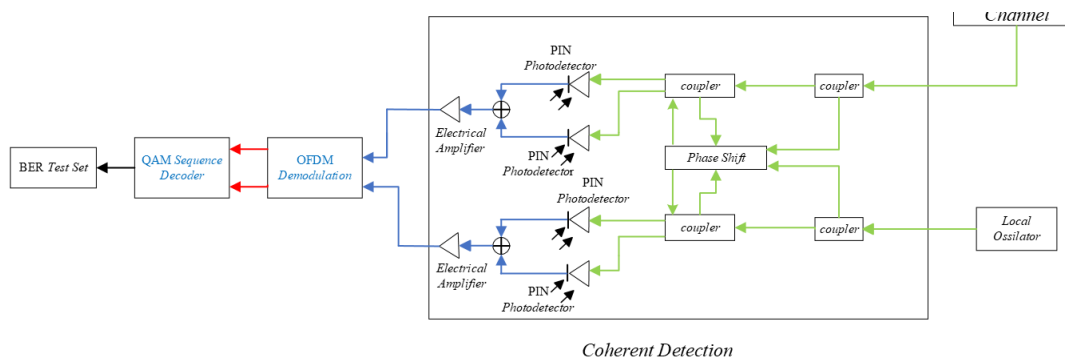
Pada Gambar 3.2 blok *transmitter* terdapat komponen seperti *QAM sequence generator* yang berfungsi untuk melakukan transmisi data dengan mengubah *amplitude* dan daya dari dua buah sinyal, yaitu fasa pertama untuk sinyal masuk dan fasa kedua sebesar 90 derajat untuk sinyal keluar, Selanjutnya sinyal tersebut akan memasuki *OFDM modulation* untuk kemudian dilakukan proses *input* simbol dan dilakukan pemetaan kepada beberapa *subcarrier*. *Output* sinyal dari *OFDM* selanjutnya akan memasuki *low pass filter* (LPF), penggunaan *low pass filter* untuk melakukan *cutoff* frekuensi serta sebagai *output* fasa dan *quadrature*. Selanjutnya memasuki bagan *RF to optical converter*, *output* dari *low pass filter* akan memasuki komponen *electrical gain* lalu *mach zehnder modulator* (MZM). MZM berfungsi sebagai *modulator* optik yang memodulasi sinyal *optical carrier* sesuai dengan sinyal elektrik yang masuk (*input*), dimana kegunaannya untuk memodulasi sinyal optik dengan kecepatan tinggi. *Output* dari MZM sendiri sinyal optis. Selanjutnya pada bagan menunjukkan komponen *CW Laser* yang berfungsi sebagai sumber cahaya optis untuk mentransmisikan bit-bit data, penelitian ini menggunakan daya pada *CW Laser* sebesar 0 dBm dan memasuki *optical amplifier*, kemudian terdapat beberapa komponen lain yaitu *fork* dan *coupler*. *Fork* berfungsi membuat salinan dari sinyal *input* menjadi 2 sinyal *output*, komponen ini memungkinkan untuk melakukan duplikasi sinyal *input* pada *port output*. *Coupler* berfungsi untuk menggabungkan sinyal optik yang memasuki masuk dari berbagai *port* masukan (*input*) dan membaginya secara merata di antara *port-port* keluaran. Komponen

terakhir yaitu *Phase shift* digunakan untuk melakukan pergeseran fasa sejauh 90 derajat.



Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem Medium Transmisi

Kemudian pada Gambar 3.3 blok *medium* transmisi terdapat komponen *Optical Wireless Communication Channel* (OWC). Pada komponen ini parameter panjang gelombang, *pointing error* serta jarak transmisi dapat divariasikan.

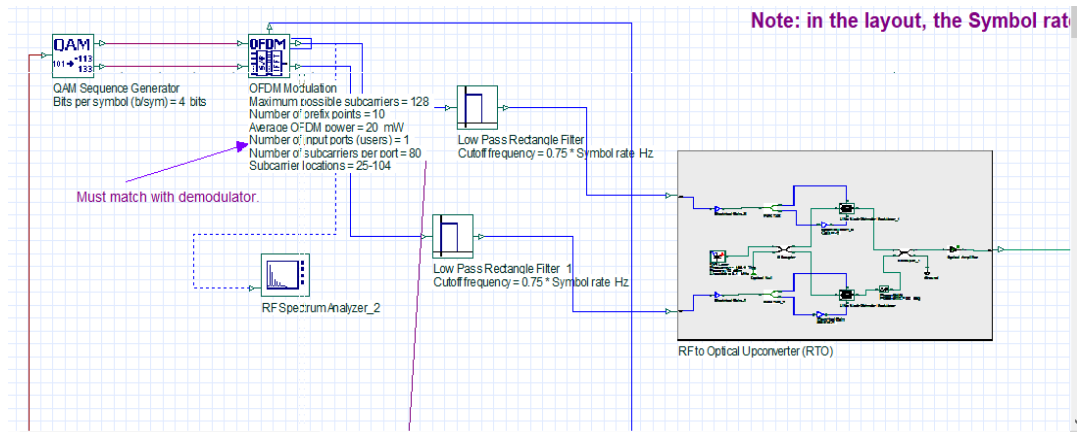


Gambar 3.4 Blok Diagram Sistem Penerima

Selanjutnya pada Gambar 3.4 blok *receiver* terdapat beberapa komponen seperti *local osillator* yang berfungsi untuk melakukan modifikasi sinyal frekuensi menggunakan *mixer*. *Local ossilator* menghasilkan sinyal *sinusoidal* sehingga *receiver* memiliki kemampuan untuk mendapatkan frekuensi yang lebih akurat, komponen digunakan frekuensi yang sama dengan frekuensi pengirim. selanjutnya sinyal akan memasuki komponen *PIN photodiode* dimana komponen ini memliki fungsi untuk mengubah sinyal cahaya menjadi sinyal listrik. Komponen-komponen yang terdapat pada bagian ini disebut bagan *coherent detection*. Kemudian sinyal yang telah berubah menjadi pulsa-pulsa listrik akan memasuki *OFDM demodulation*, pada komponen ini dapat menampilkan nilai *EVM* dan *SER*. Selanjutnya sinyal akan memasuki komponen *QAM sequence decoder* dan *output* sinyal tersebut akan masuk pada komponen terakhir yaitu *BER test set*.

3.3.2 Blok Transmitter

Pada blok diagram transmisi terdapat beberapa komponen QAM *sequence generator*, OFDM Modulation, *low pass filter* dan terakhir *subsystem* RF to optical converter.



Gambar 3.5 Blok Sistem Transmisi

Gambar 3.5 menunjukkan beberapa komponen pada sisi *transmitter*. Komponen pertama yang ada pada sisi *transmitter* adalah QAM *sequence generator*, didalamnya *bits per symbol* yang digunakan adalah 2 bits, dikarenakan dalam tugas akhir ini menggunakan skema 4 QAM, selanjutnya bit akan menuju blok OFDM. Pada blok komponen OFDM penelitian menggunakan daya 20 mW dan *maximum subcarrier* 128, blok OFDM digunakan berdasarkan pengaturan dasar atau secara *default*. Sebelum memasuki RF to optical converter, sinyal akan melewati *low pass filter* terlebih dahulu, dimana dilakukan proses meloloskan sinyal frekuensi rendah dan meredam sinyal frekuensi tinggi. Sistem ini menggunakan *external modulator*, *external modulator* berfungsi untuk memanipulasi sinyal optik yang komponen ditempatkan setelah sumber cahaya *laser*, dengan harapan hal tersebut tidak mengganggu cara kerja dari *laser* tersebut. *External modulator* adalah komponen yang melakukan modulasi diluar transmisi utama hal ini dapat terlihat dengan adanya *mach zehnder modulation* pada *subsystem* RF to optical converter.

CW *laser* berfungsi sebagai sumber cahaya dimana pada RF to optical converter, terdapat *mach zehnder modulator*. *Mach zehnder modulator* (MZM) sendiri berfungsi untuk untuk membagi sinyal input menjadi dua bagian, pada

sistem IS-OWC ini sinyal yang berasal dari *multiplexer* OFDM dan telah memasuki proses *filter* menggunakan *low pass filter* selanjutnya memasuki komponen MZM, disaat bersamaan sumber cahaya CW *Laser* dengan daya 0 dBm juga memasuki komponen MZM sehingga dua input sinyal ini akan menjadi sinyal optis yang termodulasi dalam bentuk sinyal elektrik. Selanjutnya dalam blok *transmitter* terdapat beberapa parameter yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir berikut terlampir paramter pada sisi *transmitter*.

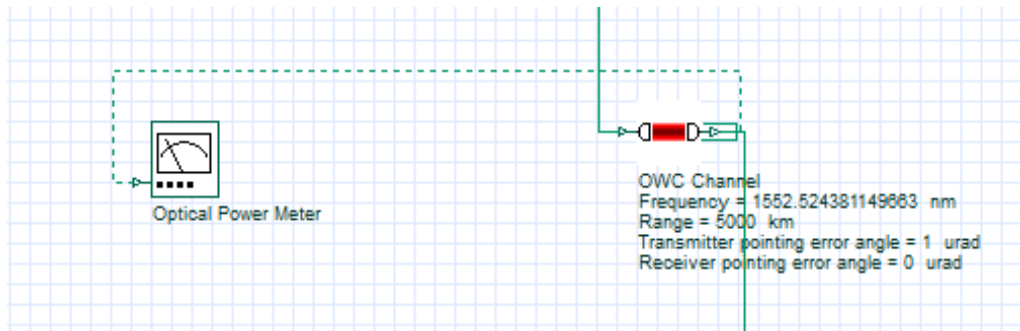
Tabel 3.1 Parameter Transmitter

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Bit rate</i>	10	Gbps
<i>Distance</i>	500 - 5000	km
<i>QAM sequence generator</i>	4	bit
<i>Average OFDM power</i>	20	mW
<i>Optical wavelength</i>	1310 dan 1550	nm
<i>Transmitter aperture diameter</i>	15	cm
<i>Transmitter optic effeciency</i>	0,8	a.u.
<i>Transmitter pointing error angle</i>	0 - 5	μrad
<i>Power CW laser</i>	0	dBm

Pada Tabel 3.1 dapat terlihat penggunaan *bit rate* sebesar 10 Gbps dengan melakukan variasi *optical wavelength* menggunakan 1310 nm dan 1550 nm, *transmitter pointing error* 0 – 5 μrad, serta menggunakan *power CW laser* sebesar 0 dBm dan diameter antenna sebesar 15 cm. Selanjutnya nilai daripada *transmitter optic effeciency* yang digunakan yaitu sebesar 0,8 a.u. dikarenakan adanya variasi *pointing error* yang akan dilakukan.

3.3.3 Blok Medium Transmission

Selanjutnya sistem akan memasuki blok *medium* transmisi, ruang yang diapit oleh dua satelit disebut *Optical Wireless Channel* (OWC), pada blok ini terdapat OWC dan *optical power meter*. OWC berfungsi sebagai media propagasi atau rambatan untuk melakukan proses transmisi sinyal cahaya optis.



Gambar 3.6 Blok *Medium Transmisi*

Pada Gambar 3.6 *Optical power meter* diletakan pada *output* OWC yang berfungsi untuk mengukur daya terima (*power received*) daripada sistem yang disimulasikan. Pada penelitian ini digunakan beberapa parameter yang menjadi objek penelitian tugas akhir.

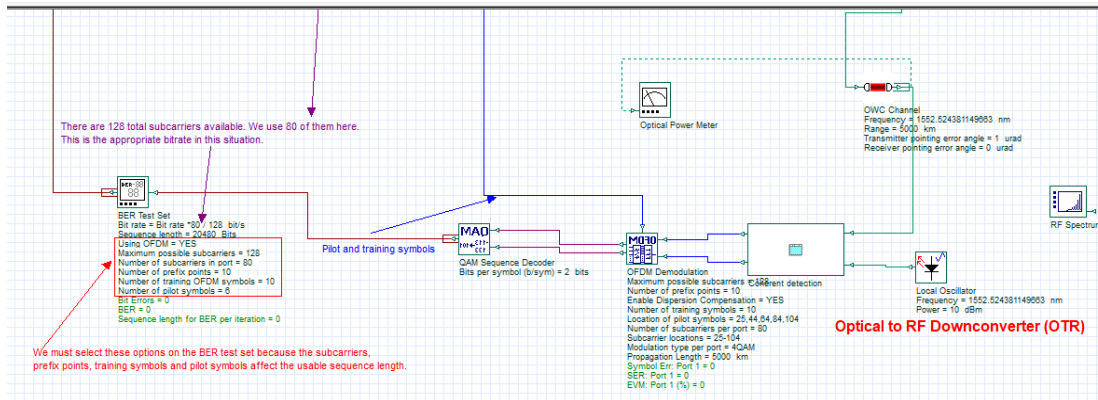
Tabel 3.2 Parameter *Optical Wierless Communication*

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Frequency OWC</i>	1310 dan 1550	Thz
<i>Range OWC</i>	500 – 5000	km
<i>Attenuation</i>	0	dB/km
<i>Additional losses</i>	5	dB

Tabel 3.2 menunjukkan bahwa frekuensi dan jarak yang digunakan pada komponen OWC bervariasi, untuk panjang gelombang menggunakan 1310 nm dan 1550 nm sedangkan jarak antara 500 hingga 5000 km. *Attenuation* adalah kondisi dimana penguatan daripada sinyal mulai mengalami degradasi dan nilai *additional losses* yang digunakan adalah *default* daripada komponen OWC.

3.3.4 Blok *Receiver*

Selanjutnya sistem akan memasuki blok *receiver*, pada blok ini terdapat *local ossilator* dengan daya sebesar 10 dBm, *local ossilator* berfungsi untuk memodifikasi sinyal frekuensi menggunakan *mixer* pada sisi *receiver*. *Local ossilator* menghasilkan sinyal *sinusoidal*, sehingga sisi *receiver* dapat menghasilkan frekuensi yang stabil dan akurat serta dapat menghasilkan frekuensi yang diharapkan.



Gambar 3.7 Blok Sistem Penerima

Pada Gambar 3.7 blok penerima terdapat beberapa komponen seperti *local oscillator*, *coherent detection*, *OFDM demodulation*, dan *QAM sequence decoder*. Sinyal yang telah dikirimkan melalui *medium* transmisi akan memasuki *coherent detection*, pada komponen ini terdapat PIN *photodiode* yang berfungsi untuk mengubah sinyal cahaya menjadi sinyal listrik, setelah sinyal menjadi pulsa-pulsa listrik, sinyal akan memasuki *OFDM demodulation*, pada komponen ini, parameter seperti nilai EVM dan SER dapat ditampilkan sehingga parameter tersebut dapat dilakukan proses analisis. Kemudian sinyal akan memasuki komponen *QAM sequence decoder* untuk kemudian *output* daripada *QAM sequence decoder* akan memasuki komponen *BER test set* untuk mengukur parameter *Bit error* dan nilai dari BER sehingga parameter tersebut dapat dilakukan proses analisis. Berikut parameter yang terdapat pada komponen sisi *receiver*.

Tabel 3.3 Parameter Receiver

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Optical wavelength</i>	1310 dan 1550	nm
<i>Distance</i>	500 – 5000	km
<i>Receiver aperture diameter</i>	15	cm
<i>Receiver optic efficiency</i>	0,8	a.u.
<i>Receiver pointing error angle</i>	0	μrad

Tabel 3.3 memberikan informasi yang masih sama dengan Tabel 3.1 dimana menggunakan panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm serta dengan jarak 500 hingga 5000 km, jarak tersebut adalah bagaimana satelit pengirim dan penerima berada rotasi orbit yang sama atau berbeda, penelitian ini menggunakan ketinggian

orbit rendah dan orbit menengah, dimana pada simulasi dilakukan percobaan dua satelit pada orbit yang rendah, dan dua satelit pada orbit yang menengah. Selanjutnya *receiver* antena yang digunakan sebesar 15 cm. Pada satelit penerima kondisi *pointing error* adalah *direct* tanpa hambatan dengan nilai sebesar 0 μ rad serta optik efisiensi sebesar 0,8 a.u. dimana mengikuti *transmitter* optik efisiensi yang ada pada sisi *transmitter*.