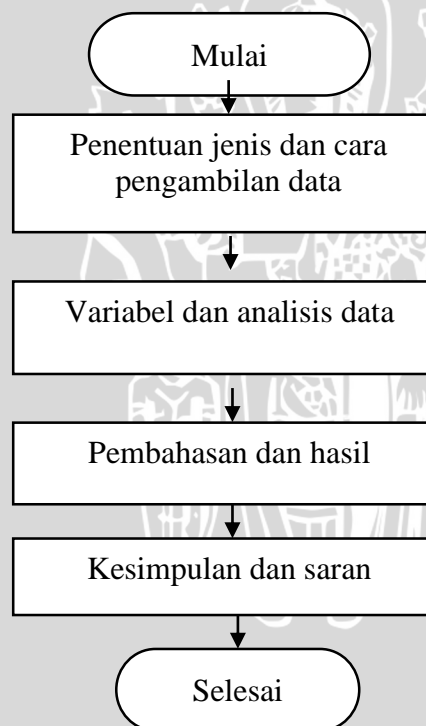


### BAB III METODE PENELITIAN

Metode penelitian dari skripsi ini yaitu analisis dengan cara simulasi menggunakan software optisystem. Tujuan simulasi ini untuk menguji dan menganalisa performansi sistem komunikasi *Free Space Optic*. Menguji setiap komponen *optical transmitter* (pemancar optik), *optical span* (media optik) dan *optical receiver* (penerima optik) dalam rangkaian sistem komunikasi *Free Space Optic* dan mengkombinasikan komponen tersebut untuk mendapatkan sistem dengan performansi terbaik saat kondisi cuaca cerah dan hujan lebat di daerah tropis.

Diagram alir metode yang digunakan pada penelitian ini tersusun pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian

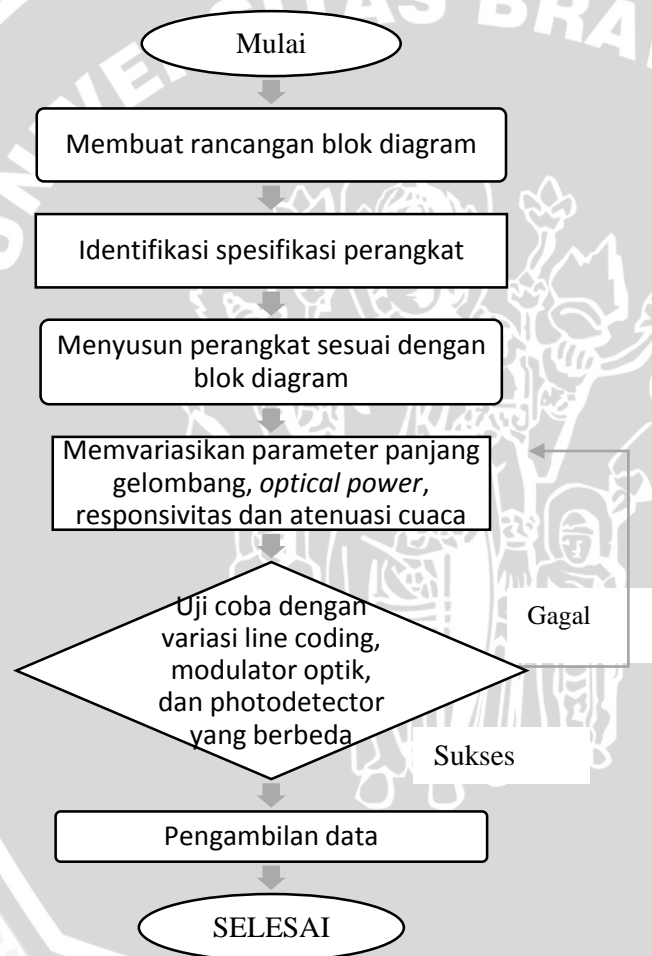
#### 3.1 Jenis dan Cara Pengambilan Data

Jenis data yang diperlukan dalam penelitian kali ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Pengambilan data digunakan untuk mendukung analisis suatu sistem. Data primer didapatkan dari hasil pengujian dan pengukuran sistem.

Sedangkan data sekunder didapatkan dari teori yang bersumber dari buku referensi, jurnal, penelitian, dan internet dari sumber terpercaya.

### 3.2 Pengambilan Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari pengukuran kinerja sistem secara langsung. Pada penelitian ini data primer didapatkan dari hasil pengukuran BER dan  $Q$ -factor berdasarkan pengaruh jenis *line coding*, modulator optik, dan *photodetector* terhadap performansi sistem komunikasi *Free Space Optic* saat kondisi cuaca cerah dan hujan lebat di daerah tropis. Parameter yang diamati dari penelitian ini adalah BER dan  $Q$ -factor. Gambar 3.2 menunjukkan diagram alir metode pengambilan data melalui simulasi.



Gambar 3.2 Diagram Alir Pengambilan Data

Diagram alir dimulai dengan membuat rancangan blok diagram penelitian pada simulasi. Memvariasikan parameter panjang gelombang yang digunakan 1550 nm, variasi *optical power*, responsivitas dan atenuasi cuaca cerah dan hujan lebat di daerah tropis.

Dilakukan uji coba dengan memvariasikan komponen *line coding*, modulator optik, dan *photodetector*. Kemudian data primer didapatkan dari hasil pengukuran BER dan *Q factor*.

### 3.3 Pengambilan Data Sekunder

Data sekunder didapatkan dari teori yang bersumber dari buku referensi, jurnal, penelitian, dan internet dari sumber terpercaya. Data tersebut digunakan sebagai acuan terhadap konsep-konsep yang terkait dengan *Free Space Optic*, *line coding*, CWlaser, *photodetector*, dan modulator.

Data sekunder yang digunakan dalam pembahasan skripsi ini adalah:

- Konsep dasar FSO, digunakan untuk mengetahui prinsip kerja dan arsitektur FSO sehingga mempermudah pemahaman mengenai perhitungan performansi sistem.
- Parameter teknologi FSO, digunakan untuk mengetahui nilai variabel yang akan digunakan dalam perhitungan yaitu meliputi daya pancar, sudut divergensi, diameter aperture pemancar, diameter aperture penerima dan responsivitas penerima.

Perhitungan dan analisis data dalam makalah ini meliputi kinerja berikut:

- Pengaruh variasi *power input* dan responsivitas pada panjang gelombang 1550 nm terhadap performansi sistem komunikasi FSO
- Pengaruh variasi komponen CWlaser, *line coding*, modulator optik, dan *photodetector* pada parameter BER dan *Q factor* dalam sistem komunikasi FSO
- Pengaruh atenuasi cuaca cerah dan cuaca hujan pada parameter BER dan *Q factor* dalam sistem komunikasi FSO

Berikut data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

- Standarisasi sistem untuk *Free Space Optic* (FSO) berdasarkan ITU-R (*International Telecommunication Union-Radiocommunication*) sebagai berikut :

Berdasarkan standard IEC825/EN60825, keamanan pada laser dapat dioperasikan pada daya  $3.4 < P < 27$  dBm.

- Parameter pada performansi sistem komunikasi FSO yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Spesifikasi Sistem Komunikasi FSO

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Panjang gelombang	$\lambda$	1550	Nm
Transmitter aparture diameter	$d_1$	2.5	Cm
Receiver aparture diameter	$D_2$	16	Cm
Divergensi beam	$\theta$	2	mrad

3. Sumber Optik yang digunakan yaitu *Continuous Wave (CW)* laser. CW laser dipilih karena memiliki daya keluaran yang lebih besar dan *spectrum* yang lebih kecil pada pola radiasi lebih kecil. Pada penelitian ini digunakan CW laser type DS-7009 dan type 1751A yang bekerja pada panjang gelombang 1550 nm memiliki spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 3.2 dan 3.3.

Tabel 3.2 Spesifikasi CW Laser Type DS-7009

Frekuensi (f)	193.1 Thz
Daya output (P)	40-100 mW
<i>Linewidth</i>	1 MHz
<i>Temperature</i>	-40 – 85 °C

Sumber : *Datasheet* CW Laser Type DS-7009

Tabel 3.3 Spesifikasi CW Laser Type 1751A

Frekuensi (f)	193.1 Thz
Daya output (P)	6-16 mW
<i>Linewidth</i>	1 MHz
<i>Temperature</i>	-40 – 85 °C

Sumber : *Datasheet* CW Laser Type 1751A

4. Media transmisi yang digunakan adalah ruang bebas. Referensi dari BMKG Indonesia digunakan untuk menentukan atenuasi saat kondisi hujan lebat di Indonesia. Data dari BMKG Indonesia menyatakan bahwa intensitas hujan lebat di daerah Indonesia adalah 10-20 mm/jam.
5. Menggunakan modulasi eksternal *Mach-Zehnder* dan *Electroabsorption* karena prosesnya lebih cepat dan dapat digunakan dengan sumber laser yang memiliki daya yang tinggi.
6. Jenis *coding* yang digunakan adalah NRZ dan RZ karena jenis *coding* ini tidak memerlukan *bandwidth* yang lebar. *Return to Zero (RZ)* dan *Non Return to Zero (NRZ)* merupakan skema format modulasi yang banyak digunakan dalam sistem komunikasi FSO komersial karena kemudahan implementasi dan efisiensi *bandwidth* (Liu et al., 2008).

7. *Photodetector* yang digunakan adalah PIN *Photodiode* pada panjang gelombang 1550 nm menggunakan material InGaAs dengan spesifikasi ditunjukkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Spesifikasi *Photodetector* PIN

Parameter	Symbol	Unit	Si	Ge	InGaAs
Wavelength	$\lambda$	$\mu\text{m}$	0.4–1.1	0.8–1.8	1.0–1.7
Responsivity	$R$	A/W	0.4–0.6	0.5–0.7	0.6–0.9
Quantum efficiency	$\eta$	%	75–90	50–55	60–70
Dark current	$I_d$	nA	1–10	50–500	1–20
Rise time	$T_r$	ns	0.5–1	0.1–0.5	0.02–0.5
Bandwidth	$\Delta f$	GHz	0.3–0.6	0.5–3	1–10
Bias voltage	$V_b$	V	50–100	6–10	5–6

Sumber : Agrawal, 2002

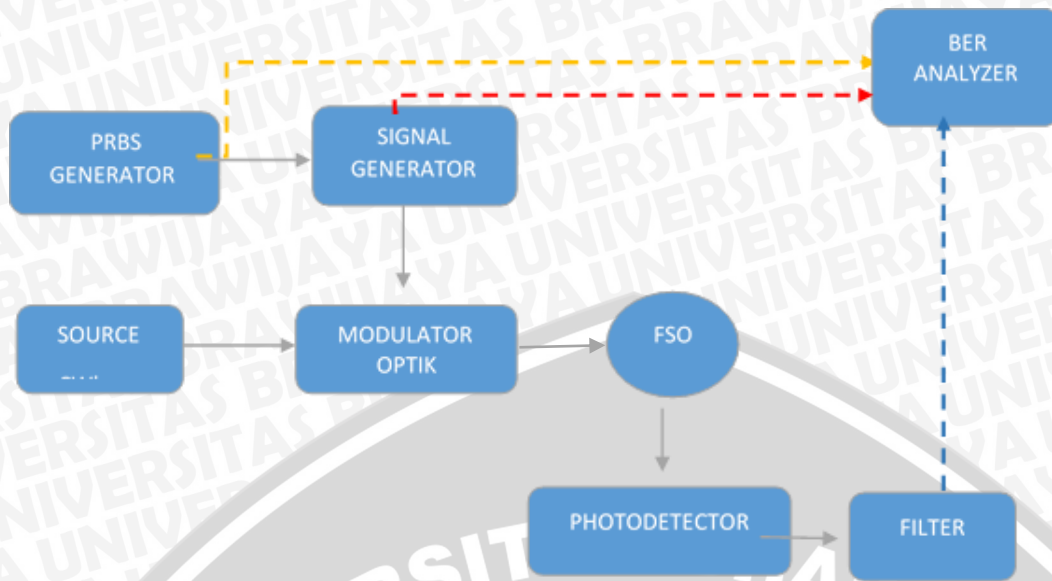
APD pada panjang gelombang 1550 nm menggunakan bahan InGaAs dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Spesifikasi APD InGaAs

Parameter	Symbol	Unit	Si	Ge	InGaAs
Wavelength	$\lambda$	$\mu\text{m}$	0.4–1.1	0.8–1.8	1.0–1.7
Responsivity	$R_{\text{APD}}$	A/W	80–130	3–30	5–20
APD gain	$M$	—	100–500	50–200	10–40
$k$ -factor	$k_A$	—	0.02–0.05	0.7–1.0	0.5–0.7
Dark current	$I_d$	nA	0.1–1	50–500	1–5
Rise time	$T_r$	ns	0.1–2	0.5–0.8	0.1–0.5
Bandwidth	$\Delta f$	GHz	0.2–1	0.4–0.7	1–10
Bias voltage	$V_b$	V	200–250	20–40	20–30

Sumber : Agrawal, 2002

Selain itu data sekunder juga digunakan untuk menentukan aspek perancangan konfigurasi perangkat sistem komunikasi *free space optic*. Gambar 3.3 merupakan rancangan konfigurasi sistem komunikasi *free space optic*.



Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem *Free Sapce Optic*

Spesifikasi masing masing komponen pada Gambar 3.3 dijelaskan pada bab IV penelitian ini. Berdasarkan blok diagram Gambar 3.3 sinyal dari PRBS generator menjadi sinyal masukan *signal generator*. Pada skripsi ini, digunakan 2 teknik pengkodean (*line coding*) yaitu *Return to Zero (RZ)* dan *Non Return to Zero (NRZ)*. Setelah itu *output* dari *signal generator* dimodulasi agar bisa ditransmisikan. Modulator yang digunakan pada skripsi ini adalah modulator eksternal *Mach-Zhender Modulator (MZM)* dan *electroabsorption Modulator (EAM)*. Transmisi dilakukan di medium ruang bebas (*free space optic*). Setelah itu, *photodetector* pada sisi penerima optik mengubah cahaya menjadi listrik melalui efek fotolistrik. *Photodetector* yang digunakan adalah jenis PIN photodiode dan *avalanche photodiode (APD)*. BER analyzer digunakan untuk mengetahui jumlah *bit error rate* pada konfigurasi sistem tersebut. Kualitas sinyal (*Q-factor*) juga didapatkan dari analisis pada BER analyzer.

### 3.4 Variabel dan Cara Analisis Data

Pada penelitian ini, variabel yang digunakan dalam pengukuran pengaruh kombinasi, *power input*, *line coding*, modulator dan *photodetector* terhadap performansi sistem komunikasi FSO adalah *bit error rate* dan *Q-factor*. Sedangkan variabel bebas yang digunakan yaitu *power input*, responsivitas *photodetector*, atenuasi cuaca cerah dan atenuasi cuaca hujan lebat pada daerah tropis. Analisis data dilakukan dengan menggunakan data primer dari hasil pengukuran yang disesuaikan dengan konsep dasar dari data sekunder

untuk kemudian dianalisis. Analisis didasarkan pada rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya.

Data primer dari tahapan pengolahan data dijadikan dalam satu Tabel untuk setiap konfigurasi. Setelah diTabelkan maka data tersebut dicari nilai rata-ratanya untuk setiap konfigurasi dan dibandingkan dengan setiap konfigurasi melalui pengGambaran grafik. Hasil perhitungan dengan rumus matematis pada data sekunder dibandingkan dengan data primer yang diperoleh dari pengukuran simulasi.

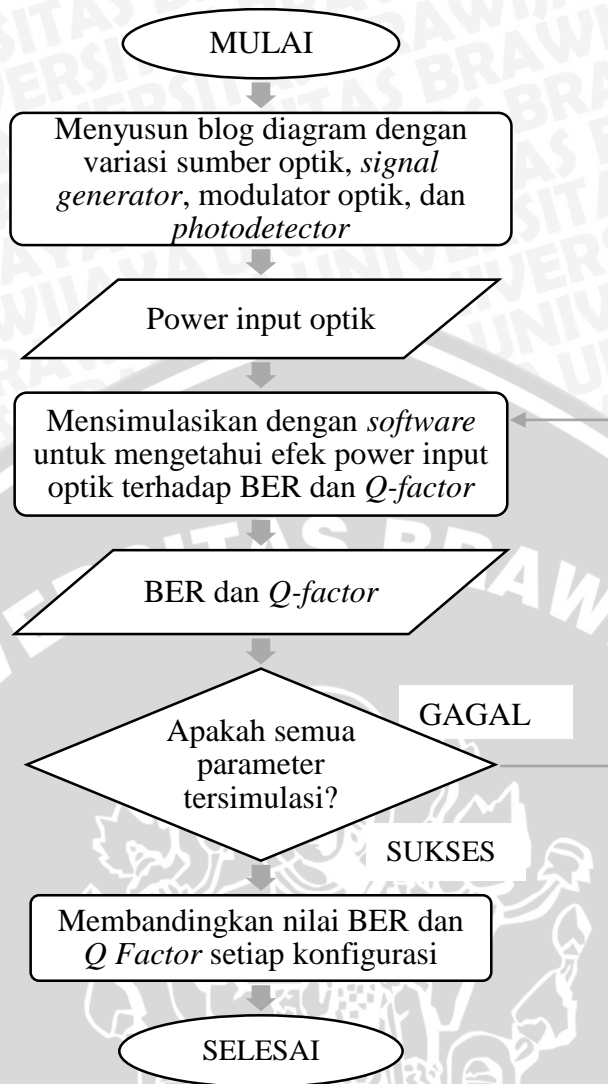
### 3.5 Kerangka Solusi Masalah

Kerangka solusi masalah pada penelitian ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan untuk menyelesaikan masalah dalam bentuk diagram alir. Solusi kerangka masalah yang dimaksudkan dalam skripsi ini adalah tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan masalah dalam bentuk diagram alir. Parameter kinerja sistem FSO yang digunakan yaitu *bit error rate* dan *Q-factor*. Langkah-langkah untuk mendapatkan parameter kinerja yang diinginkan dijelaskan pada sub bab berikutnya.

#### 3.5.1 Simulasi Pengaruh Power Input Pada Sistem FSO

Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui *power input* yang dapat memberikan efisiensi terhadap sistem FSO. Sehingga saat perancangan sistem FSO dapat dipakai daya yang memberikan hasil yang optimal pada kondisi cuaca cerah dan hujan lebat di daerah tropis.

Gambar 3.4 menunjukkan diagram alir pengaruh *power input* terhadap kinerja FSO. Langkah pertama menyusun blok diagram sesuai dengan penelitian. Blok diagram merupakan variasi dari setiap komponen yang diteliti. Pada penelitian ini memvariasikan komponen *line coding* (RZ dan NRZ), modulator optik eksternal (MZM dan EAM) dan *photodetector* (PIN dan APD). Parameter *power input* divariasikan untuk memperoleh hasil *bit error rate* dan *Q factor* yang optimum. Konfigurasi ini menggunakan panjang gelombang 1550 nm, jarak 1,2 km dan *bit rate* 40 Gbps. Selanjutnya disimulasikan dengan software optisystem. Kemudian membandingkan nilai BER dan *Q factor* pada setiap konfigurasi.



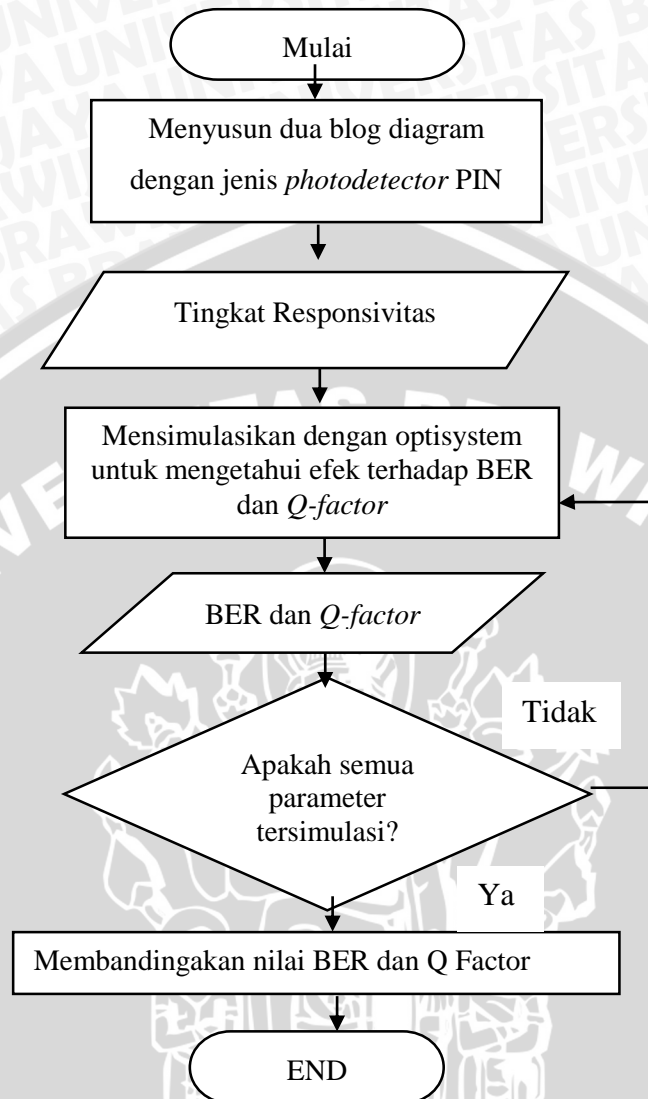
Gambar 3.4 Diagram Alir Simulasi Pengaruh *Power input* Pada Sistem FSO

### 3.5.2 Simulasi Pengaruh Responsivitas *Photodetector* Pada Sistem FSO

Responsivitas sangat penting untuk menentukan seberapa responsif suatu *photodetector* dalam menerima suatu sinyal informasi pada panjang gelombang 1550 nm. Gambar 3.5 menunjukkan diagram alir pengaruh responsivitas terhadap kinerja FSO. Langkah pertama menyusun blok diagram sesuai dengan penelitian. Blok diagram merupakan variasi dari setiap komponen yang diteliti. Pada penelitian ini memvariasikan komponen *line coding* (RZ dan NRZ), modulator optik eksternal (MZM dan EAM) dan *photodetector* (PIN dan APD). Parameter responsivitas *photodetector* divariasikan untuk memperoleh hasil *bit error rate* dan *Q factor*. Konfigurasi ini menggunakan panjang gelombang 1550 nm, jarak 1,1 km pada atenuasi cuaca hujan lebat, jarak 5 km untuk atenuasi cuaca cerah di daerah tropis dan *bit rate* 40 Gbps. Selanjutnya disimulasikan dengan



*software optisystem*. Kemudian membandingkan nilai BER dan  $Q$  factor pada setiap konfigurasi.

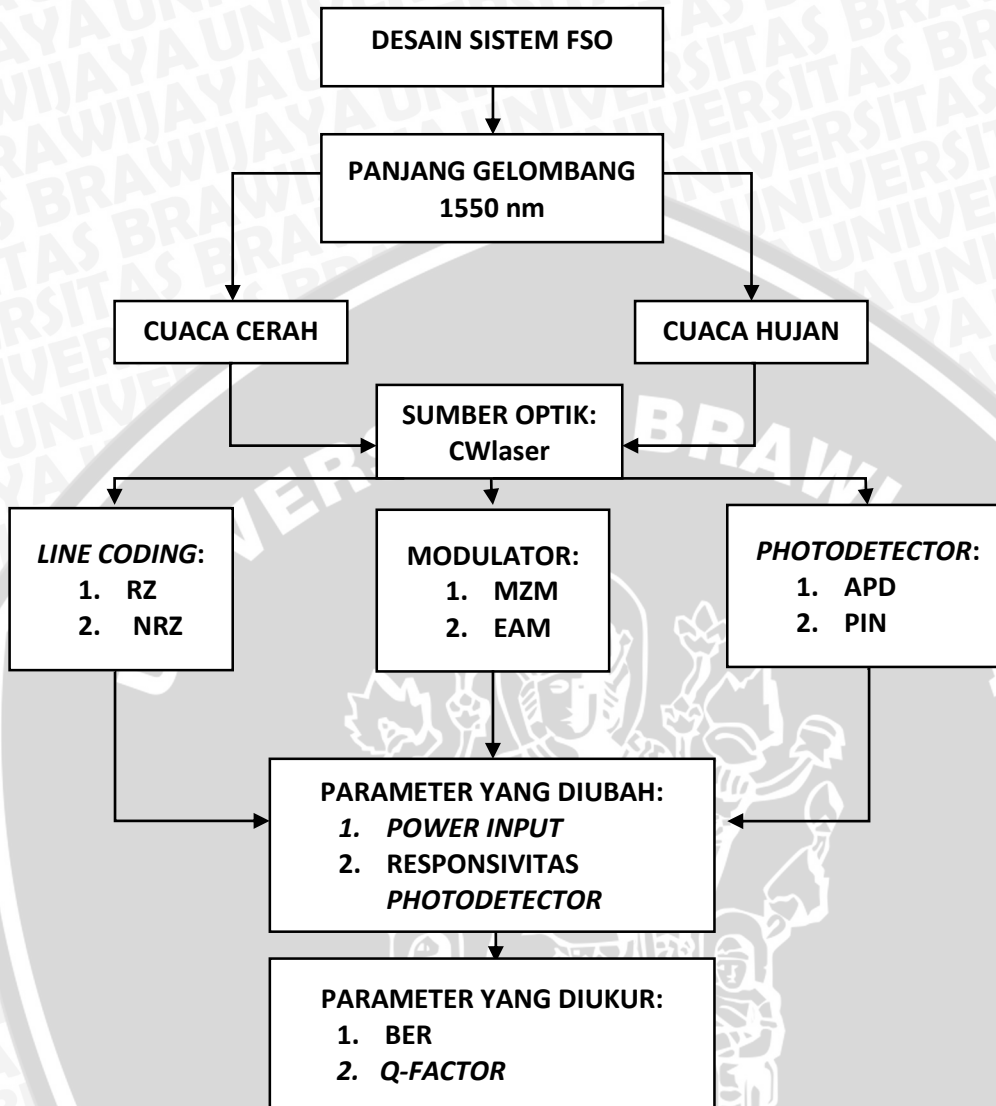


Gambar 3.5 Diagram Alir Pengaruh Responsivitas *Photodetector* Terhadap Kinerja Sistem FSO

### 3.6 Rencana Penelitian

Rencana penelitian dapat dilihat pada diagram alir 3.6. Penelitian ini menggunakan sumber optik CW laser dengan panjang gelombang 1550 nm. Dikombinasikan dengan 2 jenis signal generator yaitu, *coding* NRZ dan RZ. Selain itu akan divariasikan pula 2 jenis modulator optik yaitu *March-Zhender* dan *Electroabsorption Modulator*. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan performansi BER pada  $1 \times 10^{-9}$  dan  $Q$  Factor minimal  $\geq 6$ . Parameter yang diubah yaitu *power input* optic. Simulasi dan desain sistem FSO akan

dilakukan dengan menggunakan *Software*. Gambar 3.6 menunjukkan rencana penelitian dan data yang diambil pada skripsi ini.



Gambar 3.6 Rencana Penelitian dan Data yang Diambil