

BAB III

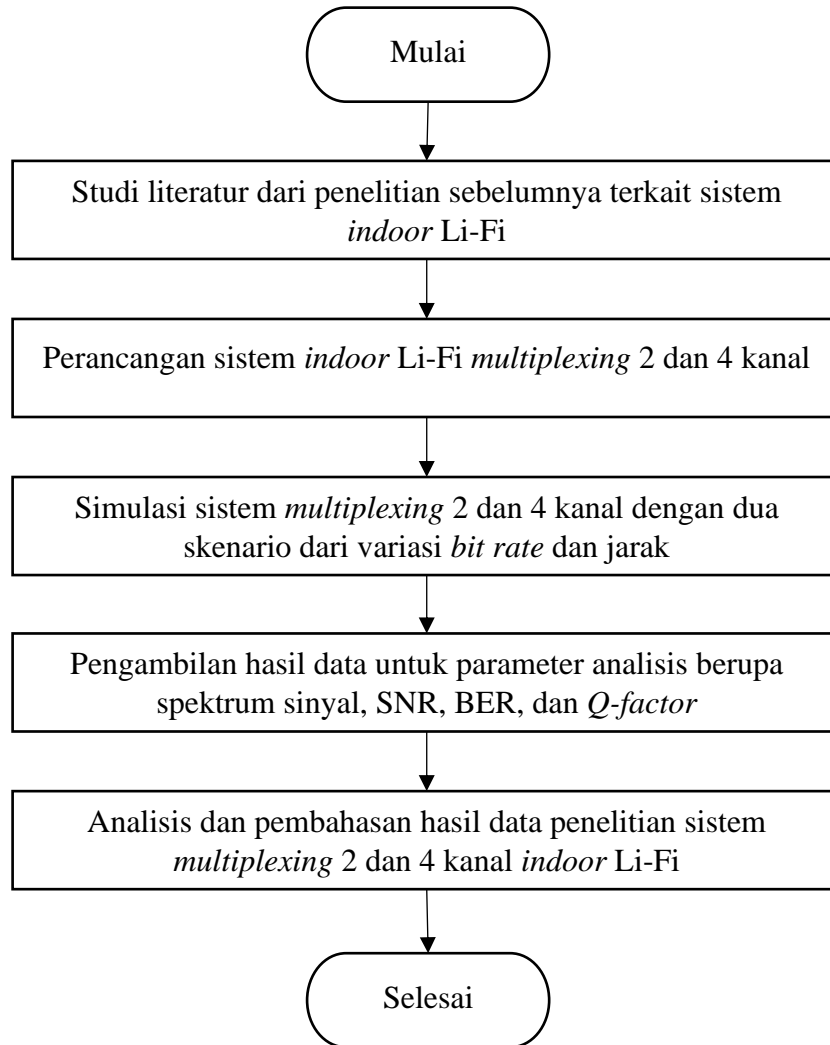
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan simulasi sebagai media untuk menganalisis hasil unjuk kerja dari sistem komunikasi *indoor* Li-Fi melalui perangkat *hardware* yang berupa PC serta perangkat *software* yaitu *Optisystem* 19 dan Matlab 2021a. PC yang digunakan sesuai dengan spesifikasi konfigurasi sistem minimum yaitu *Intel Core* i5 dengan RAM 8 GB atau lebih. *Optisystem* merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk simulasi perancangan jaringan komunikasi optik. Dengan *software* ini, peneliti dapat melakukan simulasi untuk mengetahui pengaruh *bit rate* dan jarak terhadap kualitas dari sistem *multiplexing* komunikasi *indoor* Li-Fi tanpa harus membuat perancangan secara nyata. Pengolahan data dilakukan dalam *software* Matlab untuk menampilkan visualisasi grafik. Pada *optisystem* ini dapat dilakukan pengambilan data untuk beberapa parameter di antaranya spektrum sinyal, SNR, BER, dan *Q-factor*.

3.2 Alur Penelitian

Penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahapan, yaitu diawali dengan studi literatur terkait sistem komunikasi *indoor* Li-Fi sebagai landasan teori yang dilakukan dengan membaca jurnal-jurnal penelitian teknologi Li-Fi sebelumnya. Tahapan selanjutnya yaitu perancangan sistem komunikasi *indoor* Li-Fi menggunakan *software Optisystem* 19. Parameter yang nantinya akan menjadi fokus pada penelitian ini yaitu propagasi Li-Fi 2 dan 4 kanal, *bit rate*, dan jarak. Perancangan sistem disimulasikan dengan beberapa skema penelitian untuk mengukur kinerja sistem berupa karakteristik spektrum sinyal, parameter SNR, BER, dan *Q-factor*. Alur penelitian yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3.1 Alur Penelitian

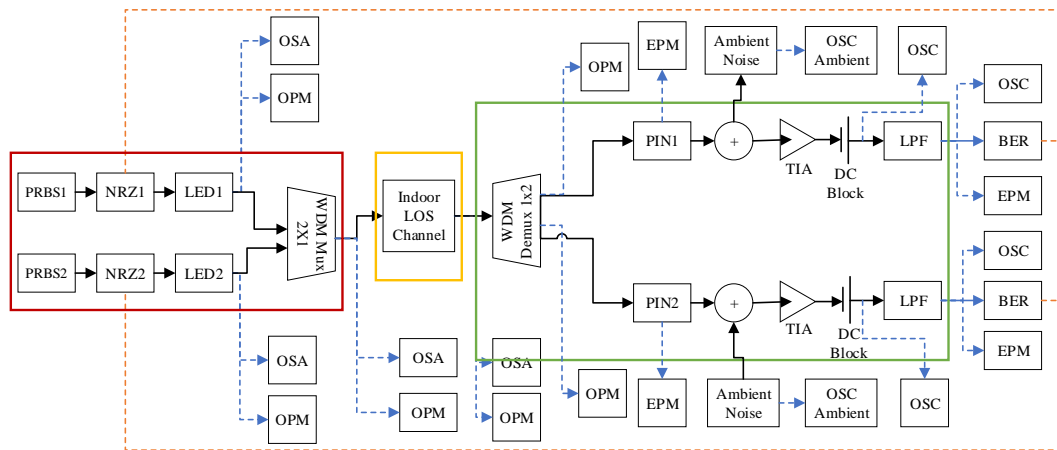
Alur penelitian diawali dengan studi literatur yaitu mencari referensi teoritis dari berbagai sumber tertulis terutama jurnal-jurnal yang berhubungan dengan materi penelitian. Studi literatur disini dilakukan untuk menemukan perbedaan maupun referensi dari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya sehingga dapat digunakan untuk acuan dalam penelitian kali ini. Tahap penelitian selanjutnya yaitu perancangan sistem dalam perangkat lunak menggunakan *Optisystem* 19. Rancangan sistem dalam penelitian ini terdiri dari 3 bagian perangkat yaitu blok *transmitter* (pengirim), blok transmisi, dan blok *receiver* (penerima). Penelitian dilakukan pada dua jenis sistem *multiplexing* dengan menggunakan 2 kanal dan 4 kanal. Perancangan sistem dari perangkat yang telah ditentukan dilanjutkan dengan

mengatur atau memasukkan nilai dari tiap parameter pengujian. Nilai panjang gelombang yang diatur pada LED adalah rentang 430 nm hingga 505 nm karena menggunakan LED berwarna biru. Pada perangkat *indoor* LoS channel terdapat parameter jarak, detektor area, FOV, Tx *Half Angle*, *Irradiance Angle*, dan *Incidence Angle*. Parameter yang akan diukur dalam penelitian ini adalah spektrum sinyal, SNR, BER dan *Q-Factor*.

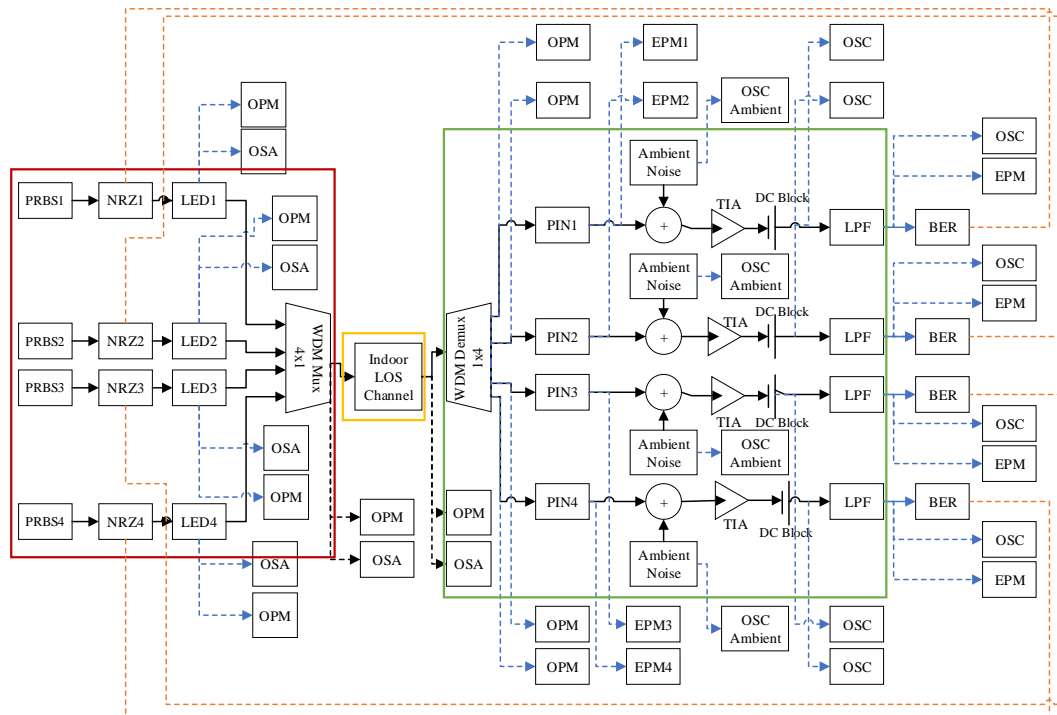
Tahap selanjutnya adalah menjalankan simulasi dari hasil perancangan sistem yang telah dirancang dengan beberapa skema yang dibuat. Setelah simulasi berjalan, tahap selanjutnya adalah pengambilan hasil data tiap parameter kinerja sistem. Hasil data yang telah didapatkan kemudian diolah dalam *software* Matlab untuk mendapatkan visualisator grafik dari hasil data yang selanjutnya dianalisis untuk mencapai tujuan penelitian. Tahap terakhir adalah penarikan kesimpulan dan saran dari penelitian yang sudah dilakukan.

3.3 Blok Diagram Sistem

Berikut blok diagram sistem *multiplexing* 2 kanal dan 4 kanal yang digunakan dalam perancangan penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 sebagai berikut:



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem *Multiplexing* 2 Kanal

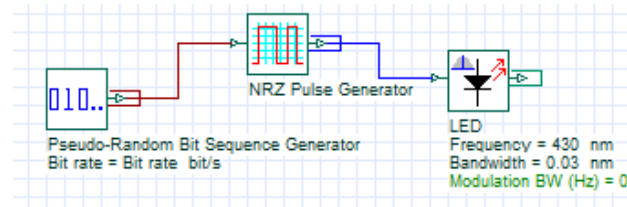


Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem *Multiplexing* 4 Kanal

Rancangan sistem yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Indoor Optical Wireless Link (LoS Model)* pada *Software Optisystem 19* yang terdiri dari beberapa komponen yaitu *Pseudo Random Bit Sequence Generator (PRBS)*, *Non-Return to Zero (NRZ) Pulse Generator*, LED, WDM Mux 2x1 dan 4x1, *Indoor LoS Channel*, WDM Demux 1x2 dan 1x4, PIN Signal Model, *Electrical Adder*, *Ambient Noise Source*, *Transimpedance Amplifier (TIA)*, *Direct Current (DC) Block*, *Low Pass Filter (LPF)*, dan *BER Analyzer*. Adapun perangkat lainnya seperti *Optical Power Meter (OPM)*, *Optical Spectrum Analyzer (OSA)*, *Electrical Power Meter (EPM)*, *Oscilloscope Visualizer (OSC)* merupakan beberapa perangkat pendukung yang digunakan sebagai parameter visualisator yang berfungsi melihat performansi komponen dari rancangan sistem. Penelitian dilakukan dengan dua skema perancangan sistem *multiplexing* yaitu menggunakan 2 kanal dan 4 kanal, sehingga jumlah komponen yang digunakan dalam rancangan disesuaikan dengan skema penelitian.

3.3.1 Spesifikasi Blok Transmitter

Dalam rancangan sistem terdapat bagian perangkat pada blok *transmitter* (pengirim) seperti pada Gambar 3.4 berikut:



Gambar 3.4 Blok Transmitter

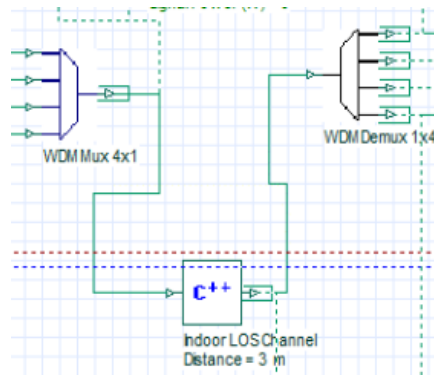
Blok *transmitter* dalam rancangan terdiri dari *Pseudo Random Bit Sequence Generator* (PRBS), *NRZ Pulse Generator*, dan LED. PRBS adalah urutan biner untuk mendekati karakteristik data acak yang menyediakan bit informasi berupa sinyal elektrik yang selanjutnya diteruskan ke *NRZ Pulse Generator*. Sinyal dengan pulsa acak dalam bentuk biner yang diteruskan ke *NRZ Pulse Generator* dikonversikan ke level tegangan tertentu dengan pengkodean NRZ yang menghasilkan pulsa listrik NRZ. Selanjutnya bit-bit biner diteruskan ke LED dan dikonversi menjadi data analog yang dimodulasikan ke dalam bentuk cahaya tampak. LED yang digunakan dalam penelitian ini adalah LED berwarna biru yang memiliki Panjang gelombang antara 430 nm hingga 505 nm. Spesifikasi yang digunakan pada blok *transmitter* (pengirim) ditunjukkan pada Tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Spesifikasi Nilai Parameter Blok *Transmitter*

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Bit Rate</i>	10, 20, 30, 40	Mbps
<i>Frequency LED</i>	430 – 505	nm
<i>Bandwidth LED</i>	0,03	nm

3.3.2 Spesifikasi Blok Transmisi

Pada bagian blok media transmisi, terdapat *indoor LoS channel* yang ditunjukkan pada Gambar 3.5 sebagai berikut:



Gambar 3.5 Blok Media Transmisi

Model propagasi *indoor* Li-Fi menggunakan kondisi *Line of Sight* (LoS) di mana transmisi nirkabel sinyal optik dari pemancar ke penerima berada dalam garis pandang berdasarkan konsep Lambertian. Hal ini diatur dalam perangkat *Indoor LoS Chanel* yang terdiri dari beberapa karakteristik parameter, di antaranya adalah jarak, *detector area*, FOV, *index concentrator*, *Transmitter half angle*, *Irradiance angle* (sudut penerimaan), dan *Incidence angle* (sudut pemantulan). Gambar 3.5 sebagai salah satu contoh spesifikasi pada perancangan. Dalam penelitian ini memvariasikan parameter jarak yaitu 3 m, 4 m, dan 5 m serta membatasi parameter lain di antaranya *Field of View* (FOV) 45° , *Tx Half Angle* 60° , *Irradiance Angle* dan *Incidence Angle* masing-masing 20° yaitu menyesuaikan nilai *default* dari *Optisystem Library* yang digunakan. Spesifikasi yang digunakan pada blok transmisi ditunjukkan pada Tabel 3.2 sebagai berikut:

Tabel 3.2 Spesifikasi Parameter *Indoor LoS Channel*

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Distance</i>	3, 4, 5	meter
<i>Detector Area</i>	1,5	cm ²
<i>FOV Concentrator</i>	45	deg
<i>Index Concentrator</i>	1,5	-
<i>Tx Half Angle</i>	60	deg
<i>Irradiance Angle</i>	20	deg
<i>Incidence Angle</i>	20	deg

Proses perhitungan model fungsi transfer yang diterapkan pada arus untuk hasil karakteristik modulasi adalah sebagai berikut:

$$H(f) = \frac{1}{1 + j2\pi f (\tau_n + \tau_{RC})}$$

$$H(f)_{mux} = H(f_1) + H(f_2) = \frac{1}{1 + j2\pi \cdot f_1 (\tau_n + \tau_{RC})} + \frac{1}{1 + j2\pi \cdot f_2 (\tau_n + \tau_{RC})}$$

$$H(f)_{mux(2ch)} = \frac{1 + j2\pi \cdot f_1 (\tau_n + \tau_{RC}) + 1 + j2\pi \cdot f_2 (\tau_n + \tau_{RC})}{(1 + j2\pi \cdot f_1 (\tau_n + \tau_{RC})) \cdot (1 + j2\pi \cdot f_2 (\tau_n + \tau_{RC}))}$$

$$H(f)_{mux(2ch)} = \frac{2 + j2\pi (f_1 + f_2) (\tau_n + \tau_{RC})}{1 + j2\pi (f_1 + f_2) (\tau_n + \tau_{RC}) - 4\pi^2 f_1^2 f_2^2 (\tau_n + \tau_{RC})^2}$$

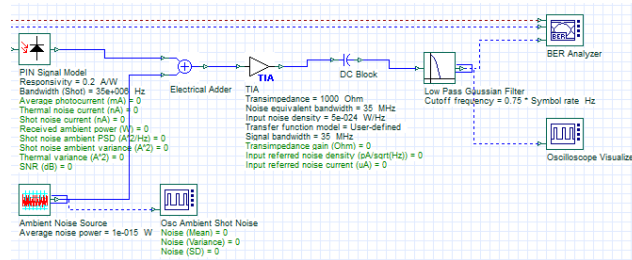
$$H(f)_{mux(2ch)} = \frac{2 + j2\pi (f_1 + f_2) (\tau_n + \tau_{RC})}{1 + j2\pi (f_1 + f_2) (\tau_n + \tau_{RC}) - (2\pi f_1 f_2)^2 \cdot (\tau_n + \tau_{RC})^2}$$

$$H(f)_{mux(4ch)} = H(f_1) + H(f_2) + H(f_1) + H(f_2)$$

$$H(f)_{mux(4ch)} = \frac{1}{1 + j2\pi \cdot f_1 (\tau_n + \tau_{RC})} + \frac{1}{1 + j2\pi \cdot f_2 (\tau_n + \tau_{RC})} + \frac{1}{1 + j2\pi \cdot f_3 (\tau_n + \tau_{RC})} + \frac{1}{1 + j2\pi \cdot f_4 (\tau_n + \tau_{RC})}$$

3.3.3 Spesifikasi Blok Receiver

Pada blok *receiver* (penerima) pada rangkaian sistem terdiri dari beberapa komponen di antaranya *Pin Signal Model*, *Ambient Noise Source*, *Electrical Adder*, *TIA*, *DC Block*, dan *Low Pass Filter (LPF)* yang dihubungkan dengan *BER Analyzer* dan *Oscilloscope Visualizer* yang ditunjukkan pada Gambar 3.6 di bawah ini:



Gambar 3.6 Blok Receiver

Dalam rangkaian ini, komponen *PIN Signal Model* digunakan untuk mengubah sinyal optik menjadi arus listrik berdasarkan masukan responsivitas perangkat. Sinyal selanjutnya diteruskan ke komponen *TIA* yang berfungsi sebagai penguat transimpedansi listrik dengan *noise* termal opsional yang ada pada *Ambient Noise Source*. Selanjutnya sinyal diteruskan melewati *DC Block* yang memblokir

tegangan DC dari sinyal input listrik menuju *Low Pass Filter* yang berfungsi sebagai filter untuk menghilangkan sinyal yang tidak diinginkan.

3.4 Skenario Penelitian

Perancangan simulasi dilakukan pada *software Optisystem 19* menggunakan skema *movable LED panel* pada dua skenario penelitian. Skenario yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.3 sebagai berikut:

Tabel 3.3 Rancangan Skenario Penelitian

Skenario	1 (2 kanal)	2 (4 kanal)
Panjang gelombang	430, 455 nm	430, 455, 480, 505 nm
<i>Bit rate</i>	10, 20, 30, 40 Mbps	10, 20, 30, 40 Mbps
Jarak	3, 4, 5 m	3, 4, 5 m
<i>Detector Area</i>	1,5 cm ²	1,5 cm ²
FOV	45°	45°
<i>Index Concentrator</i>	1,5	1,5
<i>Tx Half Angle</i>	60°	60°
<i>Irradiance Angle</i>	20°	20°
<i>Incidence Angle</i>	20°	20°

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk melihat pengaruh *bit rate* dan jarak antara pengirim dan penerima terhadap kinerja sistem *indoor* Li-Fi dengan variasi jumlah kanal yaitu menggunakan 2 dan 4 kanal. Pengujian jarak dilakukan pada jarak 3 meter, 4 meter, dan 5 meter dengan variasi *bit rate* 10 Mbps hingga 40 Mbps tiap kenaikan 10 Mbps dengan menggunakan LED berwarna biru, di mana panjang gelombang antara 430 nm – 505 nm. Parameter *indoor* LoS *channel* lainnya yaitu *detector area* 1,5 cm², FOV 45°, *Index Concentrator* 1,5, *Tx Half Angle* 60°, serta *Irradiance Angle* dan *Incidence Angle* masing-masing 20°. Nilai yang perlu diperhatikan pada rancangan sistem ini untuk melihat hasil unjuk kerja pengujian adalah SNR, BER, dan *Q-factor*.

Dalam simulasi rancangan sistem, untuk mengetahui nilai dari parameter analisis kinerja yang diinginkan yaitu melalui komponen visualisator di antaranya *Optical Power Meter* (OPM) dan *Electrical Power Meter* (EPM) untuk mengetahui nilai daya, *Optical Spectrum Analyzer* (OSA) dan *Oscilloscope Visualizer* (OSC) untuk melihat sinyal yang terbentuk, *BER Analyzer* menampilkan nilai minimum

BER dan *Q-factor*, serta untuk melihat nilai SNR berada pada komponen PIN *Signal Model*.