

DAFTAR SINGKATAN

VLC	<i>Visible Light Communication</i>
LED	<i>Light Emitting Diodes</i>
OOK	<i>On Of Keying</i>
NRZ	<i>Non Return to Zero</i>
BER	<i>Bit Error Rate</i>
SNR	<i>Signal to Noise Ratio</i>
PD	<i>Photodetector</i>
FOV	<i>Field of View</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dan penerapan teknologi telekomunikasi dunia yang berkembang dengan cepat, secara langsung ataupun tidak langsung akan mempengaruhi perkembangan sistem telekomunikasi Indonesia. Tidak disangkal lagi bahwa serat optik memberikan kemungkinan yang lebih baik bagi jaringan telekomunikasi. Penyebab munculnya ide komunikasi cahaya tampak adalah karena semakin berkembangnya teknologi LED. Yang dimana LED merupakan semikonduktor yang mengubah sinyal listrik menjadi cahaya, dengan sesuai kondisi dan kebutuhan saat ini.

Teknologi *Visible Light Communication* (VLC) merupakan bagian dari teknologi *Optical Wireless communication* (OWC) dimana teknologi optik ini digunakan tanpa menggunakan transmisi kabel (*fiber optik*). Teknologi VLC muncul dan dipilih untuk mengurangi masalah padatnya penggunaan spektrum radio seperti yang digunakan pada teknologi WiFi dan sistem radio seluler [1].

Dengan memprediksikan tentang penerangan umum masa depan yang akan menggunakan LED putih demi mengefisiensikan penerangan dan mereka dapat membuktikan bahwa lampu LED memiliki peluang untuk menghasilkan iluminasi yang simultan dan dapat dipakai dalam komunikasi data. Pengembangan selanjutnya mengenai *Indoor Channel Characteristics for Visible Light Communications*. Pengembangan VLC selanjutnya untuk mengirimkan data dengan kecepatan tinggi menggunakan LED tersebut. Implementasi teknologi VLC untuk transmisi data juga. Akan tetapi, data yang dikirimkan memiliki jumlah yang banyak oleh karena itu digunakan metoda *Wavelength Division Multiplexing* (WDM) [2]. Penulis akan menganalisis penelitian ini dengan mencari jarak terjauh berdasarkan nilai BER pada setiap *Bit-Rate* dan Orientasi sudut yang telah ditentukan.

Pada Tugas Akhir ini dilakukan analisis dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB mengenai Pengaruh Orientasi Sudut penerima pada LED dengan menggunakan Multi *Bit-Rate* dalam *Visible Light Communication*. Perbedaan penggunaan jumlah *Bit-Rate* untuk memberikan suatu hasil yang paling optimal dengan orientasi sudut penerima yang sudah ditentukan sebelumnya.

1.2 Tujuan dan Manfaat

1.2.1 Tujuan

Pada penelitian ini dapat menunjukkan bahwa dalam penggunaan jumlah *Bit-Rate* yang berbeda dengan nilai orientasi sudut penerima yang berbeda dengan menggunakan satu LED dapat mempengaruhi pengiriman informasi pada VLC, yang dirumuskan dengan tujuan peneliti menggunakan modulasi OOK-NRZ diharapkan mampu mendapat nilai $BER=10^{-3}$ untuk menentukan luas wilayah cakupan komunikasi dari VLC.

1.2.2 Manfaat

Penulis dapat menunjukkan bahwa cahaya tampak dapat menjadi salah satu media transmisi yang dapat mengirimkan informasi yang dikenal sebagai sistem VLC, adapun manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan nilai cakupan dari orientasi sudut penerima dengan nilai $BER=10^{-3}$ pada masing-masing *Bit-Rate*.
2. Mencari cakupan terluas pada setiap *Bit-Rate*.
3. Menganalisis pengaruh orientasi sudut penerima terhadap satu LED dengan berbagai jumlah *Bit-Rate*.
4. Menganalisis perbedaan daya terima dengan menggunakan LED pada sisi pemancar.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan deskripsi latar belakang dan penelitian terkait, maka dapat dirumuskan beberapa masalah. Pada Tugas Akhir ini adalah dapat membandingkan jarak terjauh pada setiap *Bit-Rate* 1 Gbps, 2 Gbps, 3 Gbps dan mencari cakupan terluas dari setiap *Bit-Rate* dan orientasi sudut dengan berdasarkan nilai $BER=10^{-3}$.

Kelebihan dari VLC adalah salah satunya dengan memberikan kecepatan data yang lebih tinggi dibandingkan dengan gelombang elektromagnetik. Tetapi VLC juga memiliki kekurangan yaitu diketahui bahwa *coverage* komunikasi dalam menggunakan sistem VLC tidak cukup luas.

Masalah yang dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah performansi pada pendistribusian cahaya dalam ruangan tertutup dengan menggunakan LED dan jumlah *Bit-Rate* yang berbeda. Selain itu masalah yang dibahas untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai kecepatan informasi yang dikirimkan yang didapat dari orientasi sudut terima yang sudah ditentukan dalam sistem yang telah dibuat.

1.4 Batasan Masalah

Pada analisis tugas akhir ini, untuk menghindari pembahasan yang terlalu luas maka akan dibatasi masalah-masalah yang dibahas sehingga menjadi sesuai dan mencapai hasil yang diharapkan. Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian dilakukan dengan simulasi komputer.
2. Spesifikasi komponen modulasi yang digunakan adalah OOK-NRZ.
3. Simulasi diasumsikan pada ruangan berukuran $5 \times 5 \times 3$ meter.
4. Ukuran *device* penerima diabaikan.
5. Lampu LED yang digunakan adalah *phosphor white* LED dengan jumlah satu.
6. Parameter-parameter yang akan ditinjau adalah (SNR dan BER).
7. Perubahan besar Bit-rate yang akan digunakan adalah sebesar 1 Gbps, 2 Gbps, 3Gbps.
5. Menggunakan orientasi sudut penerima (*receiver*) sebesar 0° , 15° , 20°
6. Fotodetektor yang digunakan adalah PIN fotodiode.
7. Kanal dalam sistem ini adalah *Indirect* LOS.
8. Jumlah bit dalam sistem sebesar 1000000 bit.

1.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini merupakan:

1. Studi Literatur

Pada Tugas Akhir ini Mempelajari dasar teori dari buku *Optical Wireless Communication* terutama pada VLC di dalam ruangan. Serta membuat perancangan sistem desain VLC yang digunakan pada aplikasi MATLAB. Jurnal yang digunakan yaitu Implementasi sistem komunikasi video menggunakan VLC (*Visible Light Communication*), *High Bit-Rate optical wireless communication for indoor & outdoor applications*.

2. Pemodelan Sistem

Melakukan modelling sistem berdasarkan parameter parameter dan studi literatur yang telah didapat.

3. Simulasi

Melakukan simulasi sistem pada VLC dengan menggunakan perangkat lunak yaitu MATLAB R2018a.

4. Analisis Hasil Simulasi

Dalam simulasi yang dilakukan oleh penulis adalah suatu perubahan parameter yang sudah ditentukan untuk mendapatkan berbagai macam kondisi sehingga dapat dianalisa pengaruh terhadap kinerja dari VLC.

1.6 Sistematika Penulisan

- Bab 2: Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas konsep dasar Cahaya, *Light Emitting Dioda (LED)*, *Visible Light Communication (VLC)*, Modulasi OOK-NRZ, *Bit-Rate*, dan *Photodiode*.

- Bab 3: Perancangan Simulasi Sistem.

Penelitian ini menggunakan simulasi pada Perangkat lunak Matlab.

- Bab 4: Analisis Simulasi Sistem

Bab ini membahas hasil analisis yang diperoleh dari proses pengujian simulasi sesuai dengan parameter yang sudah ditentukan.

- Bab 5: Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dan saran Tugas Akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

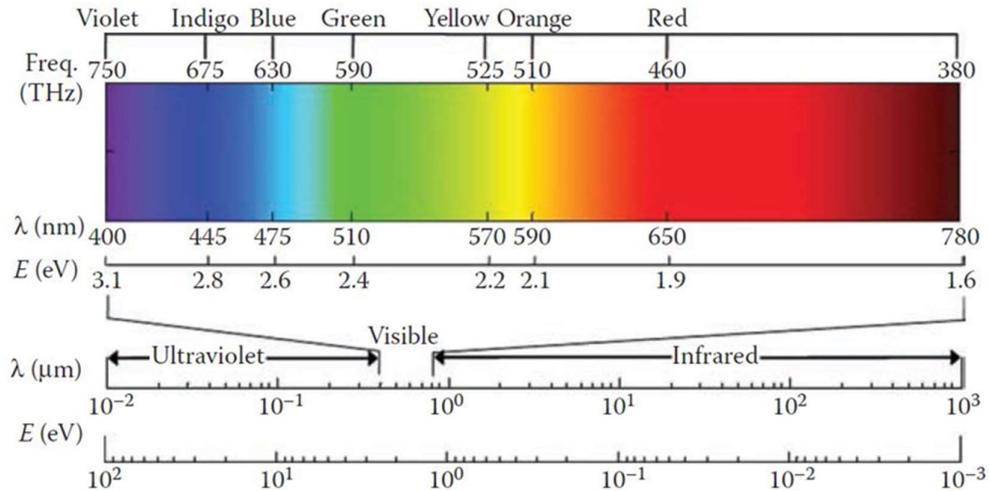
2.1 Cahaya

Cahaya merupakan suatu bagian yang berbagai jenis gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik tersebut mempunyai frekuensi dan panjang tertentu, bahwa nilainya dapat dibedakan dari energi cahaya dalam spektrum elektromagnetiknya.

Cahaya dapat dipancarkan dalam suatu benda dengan fenomena sebagai berikut:

- Pijar Padat dan cair dapat memancarkan radiasi yang dapat dilihat apabila dipanaskan sampai suhu 1000 K. Intensitasnya meningkat dan akan semakin putih jika suhu naik.
- Muatan Listrik Jika arus listrik dilewatkan melalui gas maka atom dan molekul nya memancarkan radiasi.
- *Electro luminescence* Cahaya akan muncul apabila arus listrik melewati melalui semikonduktor atau bahan yang mengandung fosfor.
- *Photoluminescence* Radiasi pada salah satu gelombang yang diserap oleh suatu padatan dan di pancarkan kembali pada berbagai panjang gelombang. Maka fenomena ini disebut *fluorescence* atau *phosphorescence*

Gelombang cahaya mampu merangsang retina mata, yang akan menghasilkan penglihatan yang biasa disebut pandangan. Maka dari itu, penglihatan memerlukan mata yang berfungsi dan cahaya yang nampak [3].



Gambar 2.1 Radiasi Cahaya yang Tampak [7].

2.2 Light Emitting Dioda (LED)

LED adalah dioda yang dapat memancarkan cahaya pada saat mendapat arus bias maju. LED dapat memancarkan cahaya karena menggunakan dopping *gallium*, *arsenic* dan *phosphorus*. LED merupakan salah satu jenis dioda, dimana hanya mengalirkan arus listrik satu arah saja. LED akan memancarkan cahaya apabila dialiri arus listrik rata-rata sebesar 20 mA. Apabila dialiri arus lebih besar dari spesifikasi, maka LED akan rusak. Dimana rangkaian LED dipasang *resistor* sebagai pembatas arus. Simbol dan bentuk dari LED dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.2 Simbol dan bentuk LED [8].

Pada gambar tersebut dapat diketahui bahwasanya LED memiliki kaki dua buah seperti dengan dioda yaitu kaki anoda dan katoda. Apabila LED dapat menyala adalah dengan memberikan tegangan bias maju yaitu dengan memberikan tegangan positif ke kaki anoda dan tegangan negatif ke kaki katoda. Rangkaian dasar untuk menyalakan LED dibutuhkan sumber tegangan LED dan *resistor* sebagai pembatas arus.

2.3 Visible Light Communication (VLC)

Teknologi *Visible Light Communication* (VLC) merupakan bagian dari teknologi *Optical Wireless communication* (OWC) dimana teknologi optik ini digunakan tanpa menggunakan transmisi kabel (fiber optik). Teknologi (VLC) dapat diimplementasikan untuk transmisi data juga. Data yang dikirimkan memiliki jumlah yang banyak maka dibutuhkan memakai metoda *Wavelength Division Multiplexing* (WDM) pada tahun 2012 yang telah diteliti oleh Talha A. Khan (Talha A, et al) [5].

Teknologi VLC dipilih untuk mengurangi masalah padatnya penggunaan spektrum radio seperti yang digunakan pada teknologi WiFi dan sistem radio seluler. Teknologi komunikasi ini memanfaatkan sumber cahaya yaitu LED sebagai *transmitter*, cahaya sebagai media transmisi, dan *photodetector* sebagai receiver. Dan juga tidak memerlukan peralatan khusus dan cahaya bias. Keunggulan utama sistem VLC dibandingkan dengan komunikasi *Radio Frequency* (RF) adalah proses modulasi daya optik menggunakan data harga yang lebih ringan dibandingkan *Radio Frequency* (RF) [6].

2.4 Modulasi OOK-NRZ

Modulasi adalah proses proses sisi pemancar untuk memperoleh transmisi yang efisien. Modulasi digital adalah suatu sinyal analog demodulasi berdasarkan aliran digital. Modulasi digital pada dasarnya terbagi menjadi tiga jenis, yaitu: PSK (*Phase Shift Keying*), FSK (*Frequency Shift Keying*), ASK (*Amplitudo Shift Keying*).

Modulasi OOK (*On-Off Keying*) termasuk kedalam bagian dari ASK (*Amplitudo Shift Keying*) dan merupakan modulasi yang paling sederhana

dibandingkan yang lainnya. *Transmitter* menghasilkan pulsa *rectangular* dengan periode bit sebagai berikut:

$$\text{Adalah } T_b = \frac{1}{R_b} \quad , \quad (2.1).$$

Dengan R_b : *Bit-Rate* (bit per detik)

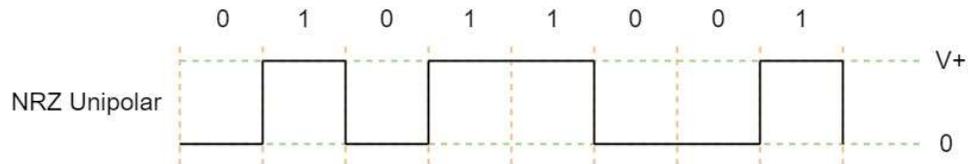
Skema kerja modulasi OOK hanya ada dua kondisi yaitu “*on*” dan “*off*”. 1 *bit* mewakili dari pulsa optik yang menempati keseluruhan atau sebagian dari durasi *bit*, sedangkan apabila *bit* nya “0” mewakili tidak ada atau hilangnya pulsa optik.

Modulasi OOK terdapat dua subsistem yaitu OOK-NRZ (*Non Return to Zero*) dan OOK-RZ (*Return to Zero*). Pada skema NRZ, pulsa dengan waktu sama dengan waktu yang sama pada periode *bit* yang akan ditransmisikan untuk mewakili 1 *bit* sedangkan pulsa pada skema RZ hanya menempati sebagian dari durasi *bit* yang ada. Berikut persamaan pada skema NRZ [8].

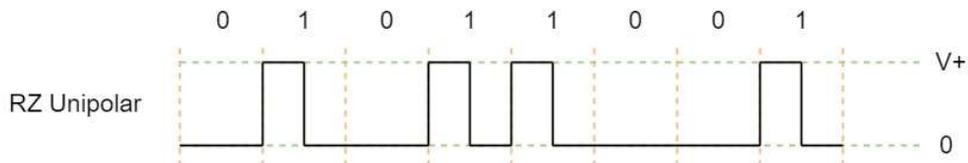
$$p(t) = \begin{cases} 2P_r, & \text{untuk } t \in [0, T_b] \\ x, & \text{lainnya} \end{cases} \quad , \quad (2.2).$$

dengan P_r adalah Daya Rata-rata.

Modulasi NRZ apabila bit 1 mengisi pada 1 interval bit, bit 0 tidak ada daya yang mengisi interval bit. Sedangkan RZ bit 1 mengisi setengah interval bit dan bit 0 tidak ada daya yang mengisi interval bit. Berikut adalah gambar skema NRZ dan RZ:



Gambar 2.3 NRZ Unipolar



Gambar 2.4 RZ Unipolar

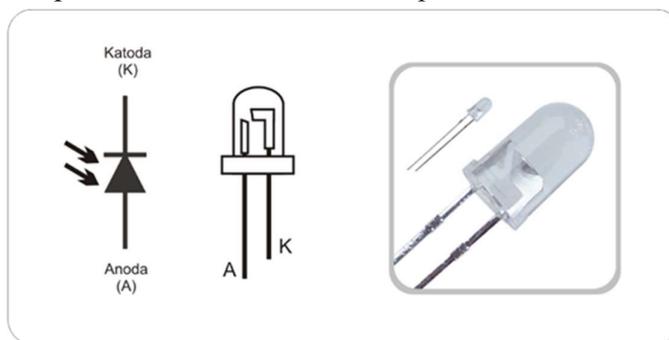
2.5 Bit-Rate

Semua media berbasis data digital pada prinsipnya hanyalah kumpulan *bit*. Kumpulan *bit* inilah yang membuat kita bisa melihat gambar, teks, suara, video, internet, *smartphone*, atau media digital yang lainnya. *Bit* punya dua nilai yaitu “1” atau “0”. Tapi dari “1” dan “0” ini, komputer bisa menyusun menjadi apapun dan dapat menampilkan dilayar. Banyaknya *bit* yang diproses setiap detik oleh sebuah file *video* ketika *video* itu diputar. Dimana satuannya *kilobit* per detik (Kbps) atau *Megabit* per detik (Mbps).

2.6 Photodiode

Photodiode adalah suatu jenis diode yang resistensinya akan berubah-ubah apabila terkena sinar cahaya yang dikirim oleh *transmitter* “LED”. Resistansi dari *photodiode* dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang diterimanya, semakin banyak cahaya yang diterima maka semakin kecil resistansi dari *photodiode* dan begitu juga sebaliknya jika semakin sedikit intensitas cahaya yang diterima oleh sensor *photodiode* maka semakin besar nilai resistansinya.

Pada dasarnya sensor *photodiode* sama seperti sensor LDR, yaitu mengubah besaran cahaya yang diterima sensor menjadi perubahan konduktansi (kemampuan suatu benda menghantarkan arus listrik dari suatu bahan). Seperti yang terlihat pada gambar 2.5 merupakan bentuk fisik dari sensor *photodiode*.



Gambar 2.5 Simbol dan bentuk fisik untuk *photodiode* [10].

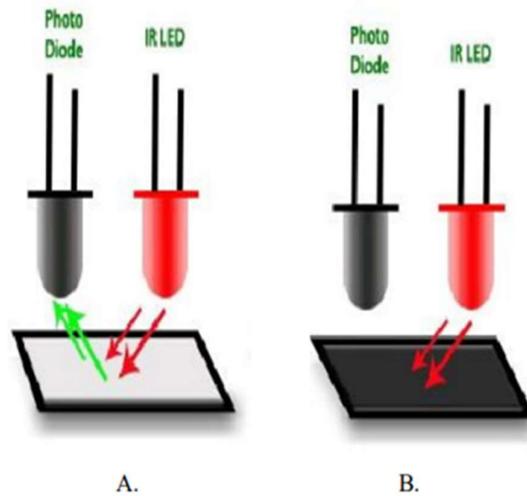
Photodiode terbuat dari bahan semikonduktor. *Photodiode* yang sering digunakan pada rangkaian-rangkaian elektronika adalah *photodiode* dengan bahan

silicon (Si) atau *gallium arsenide* (GaAs), dan lain-lain termasuk *indium antimonide* (InSb), *indium arsenide* (InAs), *lead selenide* (PbSe), dan *timah sulfide* (PbS).

Adapun rumus perhitungan untuk menghitung nilai dari V_{out} *photodiode* ataupun untuk menghitung nilai resistansi dari *photodiode* tersebut yaitu :

$$V_{out} = \frac{R_{photodiode}}{R_{photodiode} + R_2} \times V_{in} \quad (2.3)$$

Dengan $\{V_{in}\}$ adalah penguat masukan pada rangkaian sensor *photodiode*, V_{out} adalah Penguat keluaran pada rangkaian sensor *photodiode*, $R_{photodiode}$ adalah Resistansi dari *photodiode* dan R_2 adalah Resistansi resistor pada rangkaian sensor *photodiode*.



Gambar 2.6 Aplikasi sensor *Photodiode* [11].

Adapun aplikasi dari rangkaian sensor *photodiode* yang telah dijelaskan sebelumnya dapat terlihat gambar dibawah.

Pada gambar di atas merupakan desain *photodiode* untuk memberikan output pada *photodiode* agar berlogika *low* atau berlogika *high* yang disebabkan oleh warna permukaan yang fungsinya untuk pemantul cahaya dari LED sebagai

Transmitter. Photodiode dipasang secara berdampingan antara *Photodiode (receiver)* dan LED (*Transmitter*).

2.7 Kanal Transmisi

Kanal yang digunakan pada Tugas Akhir ini, terdapat dari *transmitter* dan *receiver* pada penelitian ini menggunakan kanal *line of sight* (LOS). Pada Propagasi Distribusi sudut dapat dimodelkan dengan menggunakan pancaran lambertian. Kanal LOS dirumuskan oleh

$$H = \frac{(m+1)A \cos^{(m+1)} \phi}{2\pi d^2}, \quad (2.1)$$

dengan A adalah *photodetector* pada penerima, d adalah jarak, dan ϕ adalah sudut pancaran.

2.8 Signal to Noise Ratio

Pada simulasi percobaan di sistem VLC ini dengan pengaruh LED terhadap jumlah orientasi sudut penerima (*receiver*) yang memiliki beberapa parameter, yaitu: S/N adalah pengukuran berdasarkan perbandingan antara *power signal* informasi dengan *power noise* yang diterima pada saat *transmit*. Parameter ini adalah untuk menunjukkan suatu tingkat kualitas sinyal penerima, apabila semakin besar harga SNR maka kualitas akan semakin baik. Nilai SNR didapatkan dari persamaan sebagai berikut:

$$SNR = \frac{(Prx \times R)^2}{2 \times q (I_p + I_D) \times B \times M^2 \times F(M) + 2 \cdot q \cdot I_L \cdot B + \frac{4 \times Kb \times T \times B}{R_L}} \quad (2.2)$$

Satuan dari SNR adalah dB. Untuk mendapatkan SNR yang tinggi, maka *photodetector* harus memiliki efisiensi kuantum yang tinggi, dan *noise* pada *photodetector* harus sekecil mungkin. Pada arus *photodetector* di dapatkan dari rumus sebagai berikut:

$$(I_p^2) = \frac{m^2}{2} \cdot I_p^2, \quad (2.3)$$

Dengan m adalah indeks modulasi dan I_p merupakan arus primer yang merupakan hasil perkalian antara *responsivity* dengan *optical power* pada *photodetector* atau dapat disimbolkan dengan:

$$(2.4)$$

$$I_p = R \times P_o,$$

Responsivitas merupakan hasil dari perkalian efisiensi kuantum, muatan elektron, dan panjang gelombang dibagi dengan konstanta planck dikali dengan kecepatan cahaya, yang dapat dinotasikan sebagai berikut:

$$\frac{\eta \cdot q \cdot \lambda}{h \cdot c} \quad (2.5)$$

Yang dimana q adalah muatan elektron yang memiliki nilai sebesar 1.602×10^{-19} C, h adalah konstanta *planck* sebesar 6.625×10^{-34} Js, c adalah kecepatan cahaya sebesar 3×10^8 m/s.

BAB III

PERANCANGAN SIMULASI SISTEM

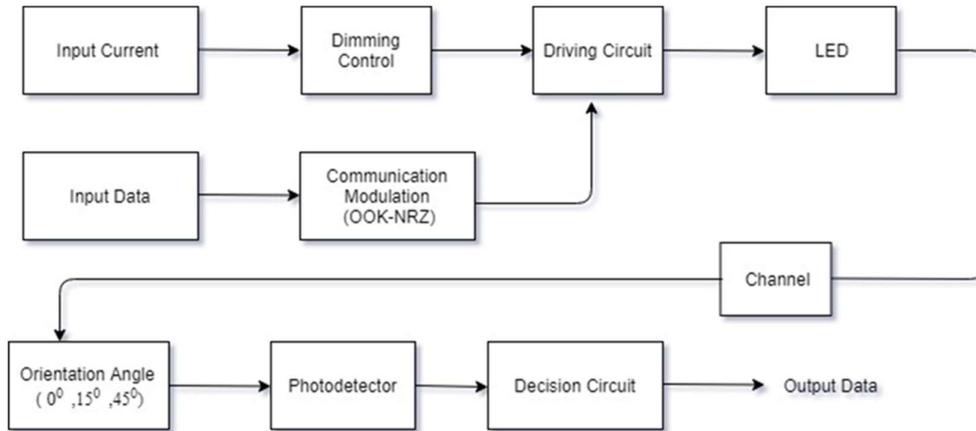
3.1 Spesifikasi Sistem

Terdapat beberapa parameter kecil yang mempengaruhi hasil dari tugas akhir ini yang akan dinyatakan pada tabel dibawah ini beserta parameter yang telah disebutkan.

Tabel 3.1 *Parameter simulasi*

Parameter		Nilai
Ruangan	Ukuran	5m x 5m x 3m
Source	Jenis	Lampu LED
	Jumlah	1 buah
	Daya	7 Watt/LED
	Koordinat LED	(2.5, 2.5, 3) ditengah
Fotodioda	Area detektor	1 cm ²
	<i>Receive Angle</i>	0°, 15°, 45°.
	Responsivitas	0.55 A/W
Lain-lain	Bit Rate	1 Gbps, 2 Gbps dan 3 Gbps
	Jumlah Bit	1000.000 bit

3.2 Perancangan Sistem



Gambar 3.1 Blok diagram sistem visible light communication (VLC).

Pada bab ini membahas tentang perancangan simulasi yang melihat kinerja dari pendistribusian cahaya dengan menggunakan modulasi OOK-NRZ dengan membedakan jumlah setiap *Bit-Rate* yang ditentukan sebesar 1 Gbps, 2 Gbps dan 3 Gbps. Secara garis besar sistem ini terbagi menjadi 2 bagian utama yaitu, pada bagian *transmitter* dan bagian *receiver*.

1. *Input Current* merupakan sumber tegangan listrik yang akan digunakan untuk menjalankan pada sistem *Visible Light Communication (VLC)* yang disesuaikan dengan spesifikasi LED.
2. *Dimming Control* yang berfungsi sebagai pemberi masukan untuk sinyal listrik, apabila dimming control on maka sinyal listrik dapat merambat pada sistem VLC maupun sebaliknya.
3. *Driver Circuit* yang berfungsi untuk mengaktifkan LED beserta komponen yang di dalamnya. Sebelum masuk ke dalam modulasi dimana akan terjadi proses pengubahan sinyal-sinyal informasi kedalam bentuk tertentu. Setelah itu dapat ditransmisikan ke tujuan. Pada *driver circuit* juga terjadi proses pemberian modulasi yang dimana proses tersebut modulasi menumpangkan sinyal informasi ke sinyal *carrier* atau sinyal pembawa. Pada modulasi optik sinyal *carrier* berupa cahaya.