

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka berisi tinjauan bahan bacaan yang bersifat akademik untuk menyelesaikan permasalahan. Bahan bacaan yang digunakan didasarkan pada referensi-referensi dan hasil penelitian yang telah diuji kebenarannya. Teori yang dibahas adalah *Visible light Communication* (VLC), karakteristik *Light Emitting Diode* (LED) beserta karakteristik *photodiode*.

2.1. *Free Space Optic*

Free Space Optic (FSO) adalah komunikasi yang menggunakan gelombang optik untuk transmisi data. Keuntungan dari teknologi ini adalah *bit rate* yang tinggi, operasi non-lisensi, instalasi relatif mudah, biaya yang relatif rendah. FSO mudah digunakan pada ruang dimana teknologi komunikasi lainnya berada. Secara umum, komunikasi optik memiliki potensi yang besar dan diharapkan akan menggantikan beberapa jaringan radio di masa depan (Vitasek, 2014). Rumus untuk mencari daya pada *receiver* diberikan oleh Persamaan di bawah ini (Soni & Banga, 2013) :

$$P_R = P_T \left(\frac{A_{RX}}{(\theta L)^2} \right) \cdot e^{-\alpha L} \quad (2.1)$$

Keterangan :

P_R : Daya pada *Receiver* (dBm)

P_T : Daya pada *Transmitter* (dBm)

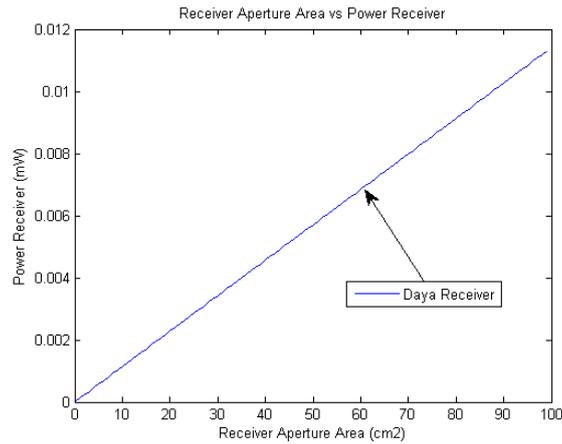
A_{RX} : Luas *aperture Receiver* (cm²)

θ : Sudut Divergen (mrad)

α : Rugi-rugi Atmosfer (dB)

L : Jarak antara *transmitter* dan *receiver* (m)

Hubungan Matematis untuk persamaan (2.1) dapat digambarkan secara grafis seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Hubungan Luas *aperture receiver* dengan Daya *receiver*

Berdasarkan Persamaan 2.1 Hubungan Luas *aperture Receiver* berbanding lurus dengan daya pada *receiver*. Semakin besar Luas *aperture Receiver* maka semakin besar juga daya yang dihasilkan oleh *receiver*.

Selain itu, kinerja *free space optic* (FSO) dapat dianalisis dengan menentukan *optical power loss* atau atenuasi. Metode standar dan umum untuk mengukur *optical power loss* melalui link FSO ditentukan dari hubungan antara daya penerima dengan daya pemancar. Untuk memudahkan dalam menentukan pelemahan sinyal atau amplifikasi yang diukur dalam desibel (dB). Unit dB didefinisikan oleh (Keiser, 2013):

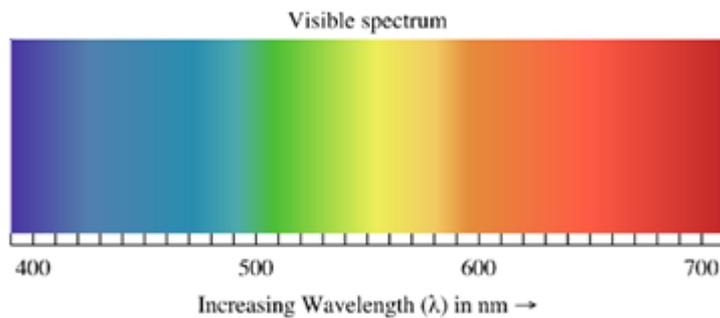
$$\text{Power ratio in dB} = 10 \log \frac{P_2}{P_1} \quad (2.2)$$

Dimana P_1 adalah daya pemancar dan P_2 adalah penerima. Log pada Persamaan ini adalah basis 10 algoritma. Sifat logaritmik dari desibel yang memungkinkan rasio yang besar dinyatakan secara sederhana. (Keiser, 2015).

2.2. *Visible Light Communication* (VLC)

Visible Light Communication (VLC) adalah sebuah sistem komunikasi *wireless* dengan memanfaatkan sumber cahaya *Light Emmiting Diode* (LED) yang menghasilkan gelombang cahaya tampak untuk mentransmisikan data. Spektrum dari cahaya tampak mempunyai panjang gelombang yang berkisar antara 400 nm – 700 nm atau jika dirubah kedalam satuan frekuensi, maka cahaya tampak memiliki rentang

frekuensi antara 428 THz – 750 THz (Pohlmann, 2010). Teknologi ini dianggap mampu memenuhi kebutuhan komunikasi seperti *bandwidth* yang lebar.

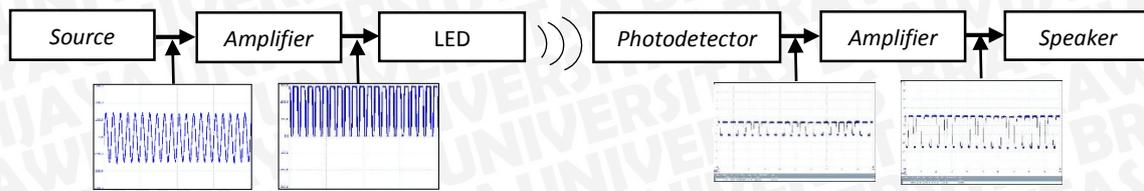


Gambar 2.2 Spektrum Cahaya Tampak

(Sumber: wikipedia.org)

Penggunaan Teknologi *Visible Light Communication* (VLC) untuk media komunikasi mempunyai banyak keunggulan jika dibandingkan dengan gelombang elektromagnetik. Salah satu yang paling terlihat adalah VLC tidak membahayakan bagi tubuh manusia dan tidak ada *interferensi* dengan perangkat lain (Pohlmann, 2010). dan bebas digunakan karena hingga saat ini tidak adanya regulasi dari pemerintah. Teknologi VLC sangat baik digunakan di dalam ruangan dan bersifat *line of sight* (LOS) artinya tidak boleh ada penghalang diantara *transmitter* dan *receiver* Karena teknologi ini tidak bisa menembus tembok.

VLC memiliki dua komponen utama, yaitu komponen *transmitter* dan *receiver* yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Pada *transmitter* digunakan *Light Emitting Diode* (LED), sedangkan pada *receiver* digunakan *photodiode*. Untuk mentransmisikan informasi, VLC menggunakan LED sebagai *transmitter* yang akan mengirimkan informasi melalui media udara ke *receiver*. Kemudian pada *receiver*, cahaya dari LED yang merupakan pembawa informasi akan ditangkap oleh *photodiode*, kemudian *photodiode* akan mengubah cahaya dari LED menjadi listrik yang akan diolah di *receiver* sehingga informasi yang dikirimkan akan sampai di *receiver*.



Gambar 2.3. Blok diagram Sistem *Visible Light Communication* beserta Perubahan Keluaran Sinyalnya
(Sumber : Perancangan,2015)

Cara kerja sistem *Visible Light Communication* di sisi *transmitter* dimulai dari *source* yang membangkitkan sinyal input berupa sinyal audio dalam bentuk sinyal listrik, kemudian sinyal tersebut diteruskan melalui kabel *audio jack* ke rangkaian penguat (*amplifier*). *amplifier* berfungsi sebagai komponen penguat yang digunakan untuk menguatkan sinyal informasi dari laptop sebelum di transmisikan, Setelah itu sinyal audio yang berupa sinyal listrik akan diubah menjadi sinyal cahaya melalui LED. LED mentransmisikan informasi berupa sinyal cahaya yang akan ditangkap oleh *photodiode*.

Sedangkan pada sisi *receiver*, terdapat *photodiode* yang digunakan sebagai pengubah sinyal cahaya menjadi sinyal listrik,. Kemudian dikuatkan kembali oleh *amplifier*, Dan yang terakhir sinyal listrik yang sudah dikuatkan akan diubah menjadi sinyal suara oleh *speaker* sehingga data berupa sinyal suara yang sudah dikirimkan bisa di dengar di sisi *receiver*.

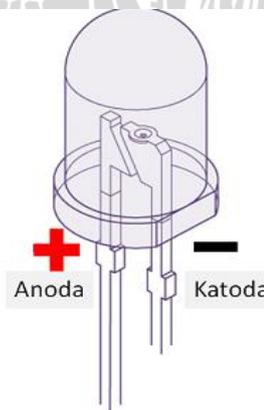
Spektrum cahaya tampak tersedia di mana-mana dan sangat berlimpah, sehingga memberikan kita beberapa peluang untuk menerapkan komunikasi cahaya tampak. Beberapa aplikasi potensial VLC adalah:

- a.) Konektivitas. Sebuah *data link* dengan kecepatan sangat tinggi yang memiliki keamanan yang baik dapat dibuat menggunakan cahaya tampak. Hal ini dapat memberikan data *rate* yang lebih tinggi daripada *Wi-Fi* atau *Bluetooth*.
- b.) Ekspansi *Wi-Fi*. *Wi-Fi* tidak mampu memenuhi tuntutan untuk transmisi data dan komunikasi. VLC memberikan kecepatan data yang lebih tinggi daripada *Wi-Fi* saat ini dan itu juga dengan biaya yang sangat rendah karena antena mahal dan komponen RF lainnya dieliminasi.

- c.) Kesesuaian dengan Lingkungan. VLC menyediakan komunikasi yang cocok dan aman untuk daerah yang berbahaya dan memiliki risiko ledakan seperti pabrik kimia, tambang, bensin dan pompa bensin dan lain-lain.
- d.) Pertahanan Negara. Data dapat ditransfer dengan cara yang aman dengan VLC dan juga bahwa cahaya tampak tidak bisa menembus dinding, sehingga dapat menjaga data dengan aman, yang merupakan fitur kunci untuk membuatnya berguna untuk pertahanan dan keamanan negara.
- e.) Bawah Air. *Visible Light Communication* dapat menyediakan komunikasi kecepatan tinggi untuk jarak pendek di bawah air sedangkan sinyal RF tidak dapat bekerja di dalam air. Ini bisa menjadi keuntungan bagi para penyelam bawah air atau kapal selam dan kendaraan lainnya untuk berkomunikasi.
- f.) Kesehatan. VLC dapat digunakan oleh di rumah sakit. Karena sinyal RF harus dijauhkan dari pasien yang sedang dioperasi, terutama jauh dari MRI scanner.

2.3. *Light Emitting Diode (LED)*

Light Emitting Diode atau biasa disebut LED adalah komponen elektronika yang terbuat dari bahan semikonduktor dan masih termasuk dalam kategori dioda. Tetapi LED mempunyai keistimewaan yaitu dapat memancarkan cahaya seperti lampu. LED strukturnya sama dengan Dioda, yaitu menggunakan sambungan P dan N. Untuk dapat menghasilkan emisi cahaya pada semikonduktor, bahan atau *doping* yang digunakan adalah *galium*, *arsenic*, dan *phospor*. Bahan atau *doping* yang berbeda akan menghasilkan warna yang berbeda juga. Warna LED yang umum adalah Merah, Kuning, Hijau, Biru, Putih.



Gambar 2.4 *Light Emitting Diode*

(Sumber : <http://teknikelektronika.com>)

Dari Gambar 2.4 dapat kita ketahui bahwa LED memiliki kaki 2 buah seperti dengan *diode* yaitu kaki anoda dan kaki katoda. Pada Gambar diatas kaki anoda memiliki ciri fisik lebih panjang dari kaki katoda, dan jika dilihat dari *frame*, *lead frame* pada anoda lebih kecil jika dibandingkan dengan katoda yg lebih besar.

Tak seperti lampu pijar dan neon, LED mempunyai kecenderungan polarisasi. *Chip* LED mempunyai kutub positif dan negatif (p-n) dan hanya akan menyala bila diberikan arus maju. Ini dikarenakan LED terbuat dari bahan semikonduktor yang hanya akan mengizinkan arus listrik mengalir ke satu arah dan tidak ke arah sebaliknya. Bila LED diberikan arus terbalik, hanya akan ada sedikit arus yang melewati *chip* LED. Ini menyebabkan *chip* LED tidak akan mengeluarkan emisi cahaya.

Bila diberikan tegangan beberapa *volt* ke arah terbalik, sifat isolator searah LED akan rusak menyebabkan arus dapat mengalir ke arah sebaliknya. Karakteristik *chip* LED pada umumnya adalah sama dengan karakteristik dioda yang hanya memerlukan tegangan tertentu untuk dapat beroperasi. Namun bila diberikan tegangan yang terlalu besar, LED akan rusak walaupun tegangan yang diberikan adalah tegangan maju.

2.3.1. Cara Kerja LED

LED menghasilkan cahaya monokromatik. Prinsip kerjanya ketika LED diberi tegangan panjar maju maka LED akan mengalami medan elektromagnetik sehingga elektron akan mengalami rekombinasi dengan *hole*, rekombinasi ini melepaskan energi berupa foton, foton ini lah yang menyebabkan cahaya terpancar dari LED.

Karena LED adalah salah satu jenis dioda maka LED memiliki 2 kutub yaitu anoda dan katoda. Dalam hal ini LED akan menyala bila ada arus listrik mengalir dari anoda menuju katoda. Pemasangan kutub LED tidak boleh terbalik karena apabila terbalik kutubnya maka LED tersebut tidak akan menyala.

2.3.2. Karakteristik LED

Karakteristik LED pada umumnya adalah sama dengan karakteristik *diode* yang hanya memerlukan tegangan tertentu untuk dapat beroperasi. Namun bila diberikan tegangan terlalu tinggi LED akan rusak walaupun tegangan yang diberikan adalah tegangan maju. Tegangan Maju untuk LED tersebut tergolong rendah sehingga

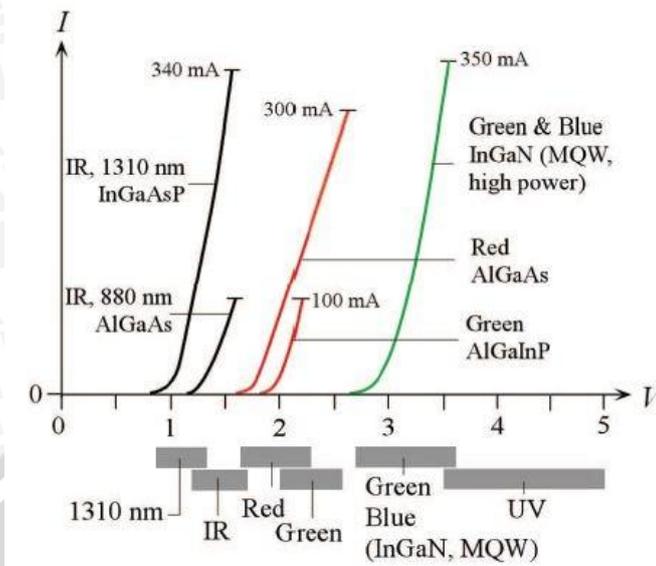
memerlukan sebuah Resistor untuk membatasi Arus dan Tegangannya agar tidak merusak LED yang bersangkutan.

LED memiliki karakteristik berbeda-beda menurut warna yang dihasilkan. Semakin tinggi arus yang mengalir pada LED maka semakin terang pula cahaya yang dihasilkan, namun perlu diperhatikan bahwa besarnya arus yang diperbolehkan 10 mA-20 mA dan pada tegangan 1,8V – 3,5 V menurut karakter warna yang dihasilkan. Apabila arus yang mengalir lebih dari 20 mA maka LED akan terbakar. Untuk menjaga agar LED tidak terbakar perlu kita gunakan resistor sebagai penghambat arus.

Tidak seperti *diode signal* biasa yang dibuat untuk penyearah dan terbuat dari *germanium* ataupun *silicon*, LED terbuat dari senyawa semikonduktor eksotik seperti *Gallium (GaAs)*, *Gallium fosfida (GaP)*, *Gallium fosfida (GaAsP)*, *Silicon Carbide (SiC)* atau *Indium Gallium Nitrida (GaInN)* yang dicampur pada rasio yang berbeda untuk menghasilkan panjang gelombang warna yang berbeda. Pilihan yang tepat dari bahan semikonduktor yang digunakan akan menentukan panjang gelombang keseluruhan dari emisi foton cahaya dan akan menentukan warna yang dipancarkan LED. Tabel 2.1 akan menjelaskan Bahan bahan semikonduktor beserta karakteristik *wavelength* dan tegangan LED

Tabel 2.1. Bahan bahan semikonduktor beserta karakteristik *wavelength* dan tegangan LED

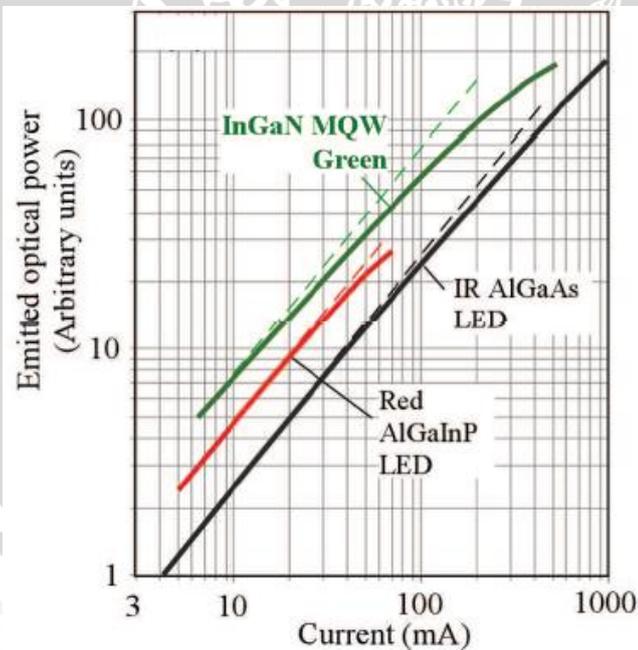
Bahan Semikonduktor	Wavelength	Warna	Tegangan
<i>Gallium Arsenide (GaAs)</i>	850-940nm	Infra Merah	1,2 V
<i>Gallium Arsenide Phosphide (GaAsP)</i>	630-660nm	Merah	1,8 V
<i>Gallium Arsenide Phosphide (GaAsP)</i>	605-620nm	Jingga	2,0 V
<i>Gallium Arsenide Phosphide Nitride (GaAsP:N)</i>	585-595nm	Kuning	2,2 V
<i>Aluminium Gallium Phosphide (AlGaP)</i>	550-570nm	Hijau	3,5 V
<i>Silicon Carbide (SiC)</i>	430-505nm	Biru	3,6 V
<i>Gallium Indium Nitride (GaInN)</i>	450nm	Putih	4,0 V



Gambar 2.5 karakteristik I-V

(Sumber : Kasap, 2013)

Pada Gambar 2.5 menjelaskan karakteristik I-V bahwa dari beberapa macam warna LED memancarkan panjang gelombang yang berbeda-beda. Naik secara eksponensial.



Gambar 2.6 karakteristik arus terhadap daya

(Sumber : Kasap, 2013)

Pada Gambar 2.6 menjelaskan bahawa hubungan arus dengan daya berbanding lurus, jika Arus semakin besar maka daya keluaran akan semakin besar pula.

2.3.3. Kelebihan dari LED :

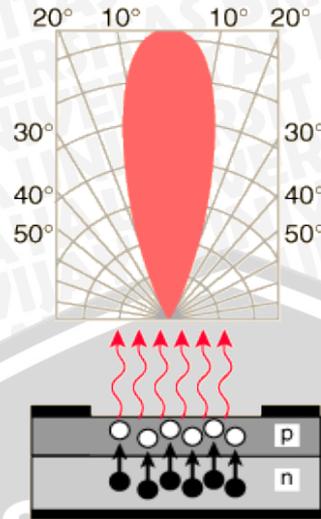
- LED memiliki efisiensi energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan lampu lain, dimana LED lebih hemat energi 80 % sampai 90% dibandingkan lampu lain.
- LED memiliki waktu penggunaan yang lebih lama hingga mencapai 100 ribu jam.
- LED memiliki tegangan operasi DC yang rendah.
- Cahaya keluaran dari LED bersifat dingin (tidak ada sinar UV atau energi panas).
- Ukurannya yang mini dan praktis

2.3.4. Kelemahan dari LED

- Suhu lingkungan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan gangguan elektrik pada LED.
- Harga LED per *lumen* lebih tinggi dibandingkan dengan lampu lain.

2.3.5. Pola Radiasi LED

Sebuah LED memancarkan cahaya satu arah dengan daya pancaran maksimum tegak lurus dengan pusat pemancar. Pada Gambar (2.7.) pola radiasi menunjukkan bahwa energi paling besar dipancarkan pada sudut 20° dari pancaran cahaya maksimum. Beberapa tipe LED mempunyai lensa plastik yang berguna menyebarkan cahaya untuk sudut visibilitas yang lebih baik.



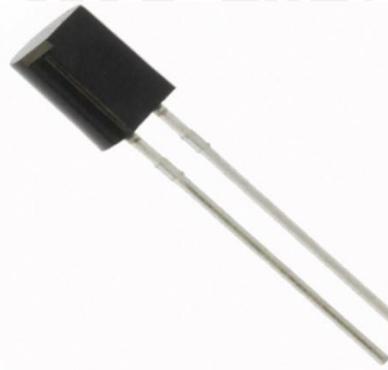
Gambar 2.7 Pola Radiasi LED

(Sumber: www.hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/)

2.4. Photodiode

Photodiode adalah suatu jenis dioda yang resistansinya berubah-ubah jika cahaya yang jatuh pada dioda berubah-ubah intensitasnya. Dalam gelap nilai tahanannya sangat besar hingga praktis tidak ada arus yang mengalir. Semakin kuat cahaya yang jatuh pada dioda maka makin kecil nilai tahanannya, sehingga arus yang mengalir semakin besar. Jika *photodiode* persambungan p-n bertegangan balik disinari, maka arus akan berubah secara linier dengan kenaikan *fluks* cahaya yang dikenakan pada persambungan tersebut.

Photodiode digunakan sebagai komponen pendeteksi ada tidaknya cahaya maupun dapat digunakan untuk membentuk sebuah alat ukur akurat yang dapat mendeteksi intensitas cahaya dibawah 1 pW/cm^2 sampai intensitas diatas 10 mW/cm^2 . *Photodiode* mempunyai resistansi yang rendah pada kondisi *forward* bias, kita dapat memanfaatkan photodiode ini pada kondisi *reverse* bias dimana resistansi dari photodiode akan turun seiring dengan intensitas cahaya yang masuk. Komponen ini mempunyai sensitivitas yang lebih baik jika dibandingkan dengan dioda peka cahaya.

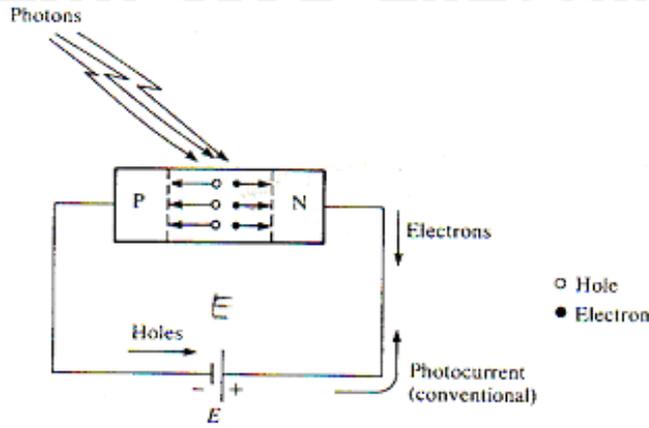
Gambar 2.8 *Photodiode*(Sumber : www.digikey.com)

2.4.1. Prinsip Kerja *Photodiode*

Karena *photodiode* terbuat dari semikonduktor p-n *junction* maka cahaya yang diserap oleh *photodiode* akan mengakibatkan terjadinya pergeseran foton yang akan menghasilkan pasangan *electron-hole* dikedua sisi dari sambungan. Ketika elektron-elektron yang dihasilkan itu masuk ke pita konduksi maka elektron-elektron itu akan mengalir ke arah positif sumber tegangan sedangkan *hole* yang dihasilkan mengalir ke arah negatif sumber tegangan sehingga arus akan mengalir di dalam rangkaian. Besarnya pasangan elektron ataupun *hole* yang dihasilkan tergantung dari besarnya intensitas cahaya yang diserap oleh *photodiode*. Gambar 2.9. adalah prinsip kerja dari *photodiode*

Prinsip kerja *photodiode* :

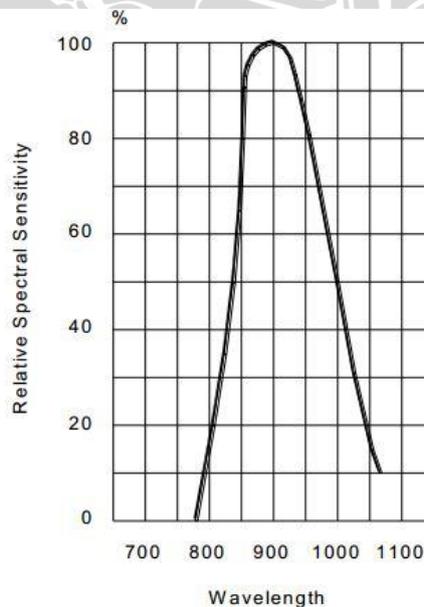
- Cahaya yang diserap oleh *photodiode*
- Terjadinya pergeseran foton
- Menghasilkan pasangan *electron-hole* dikedua sisi
- *Electron* menuju [+] sumber & *hole* menuju [-] sumber
- Sehingga arus akan mengalir di dalam rangkaian



Gambar 2.9 Prinsip kerja *photodiode*
(Sumber : Irham, 2015)

2.4.2. Karakteristik *Photodiode*

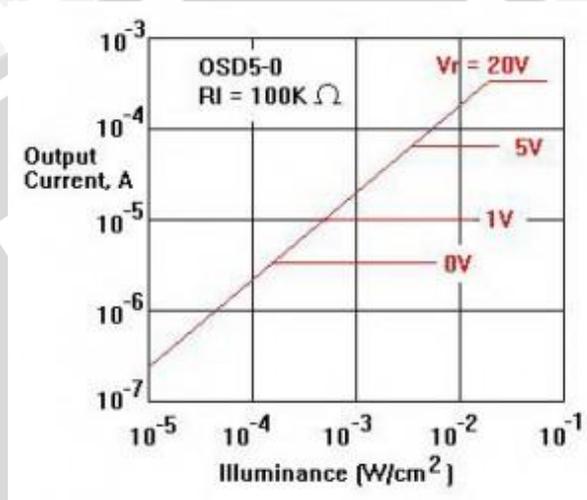
Karakteristik penting dari *photodetektor* adalah efisiensi kuantum dan kecepatan respon. Parameter ini bergantung pada lebar gap material, panjang gelombang kerja, *doping* dan konsentrasi p, i, dan n. Tanggapan frekuensi sensor *photodiode* tidak luas. Dari rentang tanggapan itu, sensor *photodiode* memiliki tanggapan paling baik terhadap cahaya infra merah, tepatnya pada cahaya dengan panjang gelombang sekitar 900 nm.



Gambar 2.10 Panjang gelombang *photodiode*
(Sumber: *Datasheet Photodiode*, 2015)

Pada Gambar 2.10 merepresentasikan bahwa pada panjang gelombang sekitar 900 nm *photodiode* bekerja pada level maksimal, oleh karena itu cahaya infra merah memiliki tanggapan paling baik.

Hubungan antara keluaran sensor *photodiode* dengan intensitas cahaya yang diterima adalah membentuk suatu fungsi yang linier. Hubungan antara keluaran sensor *photodiode* dengan intensitas cahaya ditunjukkan pada Gambar berikut;



Gambar 2.11 Hubungan Keluaran *photodiode* Dengan Intensitas Cahaya
(Sumber : www.elektronika-dasar.web.id)

Pada Gambar 2.11 dijelaskan bahwa Semakin besar intensitas cahaya yang ditangkap oleh *photodiode* maka semakin besar pula arus dan tegangan yang diterima oleh *photodiode*.

Beikut adalah Karakteristik *photodiode* :

- *Photodiode* mempunyai respon 100 kali lebih cepat daripada *phototransistor*
- Dikemas dengan plastik transparan yang juga berfungsi sebagai lensa. Lensa tsb lebih dikenal sebagai '*lensa fresnel*' dan '*optical filter*'
- Penerima infra merah juga dipengaruhi oleh '*active area*' dan '*respond time*'

2.4.3. Kelebihan dari *Photodiode*

1. panjang gelombang lebih panjang daripada bahan semikonduktor lain.
2. *Noise* rendah dan tahan lama.
3. Efisiensi kuantum tinggi hingga mencapai 80%.
4. Tidak membutuhkan tegangan tinggi, serta biaya murah

2.5. Noise Photodiode

Pada *photodiode*, dua sumber *noise* yang dapat diidentifikasi yaitu *Shot noise* dan *Johnson noise* :

Shot Noise berkaitan dengan fluktuasi statistik di kedua arus foto yang dan saat gelap. Besarnya suara tembakan dinyatakan sebagai kuadrat akar (rms) *noise* arus (Kartopoulos, 2011):

$$I_{sn} = \sqrt{2q (I_p + I_D)B} \quad (2.3)$$

Dimana $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$, adalah muatan elektron, I_p adalah *photogenerated current*, I_D adalah *photodetektor dark current* dan B adalah *bandwith* dari *receiver*. *Shot noise* adalah sumber *noise* dominan ketika beroperasi pada mode fotokonduktif (bias).

Johnson Noise pada *photodetektor* berhubungan dengan hambatan *shunt* (R_{SH}) Hal ini disebabkan panas yang dihasilkan sinyal *carrier*. Besarnya arus *noise* tersebut (Kartopoulos, 2011):

$$I_{jn} = \sqrt{\frac{4k_B T B}{R_{SH}}} \quad (2.4)$$

Dimana $k_B = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J / K}$, adalah *Boltzmann* konstan, T , adalah suhu mutlak dalam derajat Kelvin ($273 \text{ K} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$), B adalah *bandwith* dari *receiver* dan R_{SH} , adalah resistansi *shunt* dari *photodiode*.

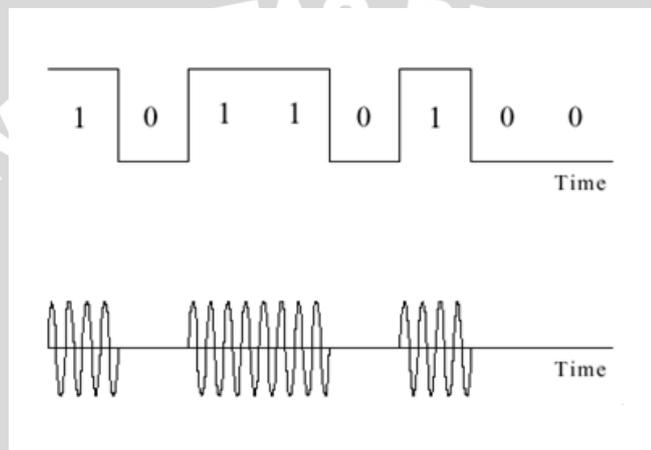
Total *noise* arus yang dihasilkan pada Sensor cahaya ditentukan oleh (Kartopoulos, 2011):

$$I_{tn} = \sqrt{I_{sn}^2 + I_{jn}^2} \quad (2.5)$$

2.6. Modulasi Intensitas Cahaya

Modulasi adalah suatu proses penumpangan sinyal-sinyal informasi ke dalam sinyal pembawa (*carrier*), sehingga dapat ditransmisikan ke tujuan. Modulasi optik atau modulasi cahaya adalah teknik modulasi yang menggunakan berkas cahaya berupa pulsa pulsa cahaya sebagai sinyal pembawa informasi. Berkas cahaya yang digunakan disini adalah berkas cahaya yang dihasilkan oleh suatu sumber cahaya (laser atau LED).

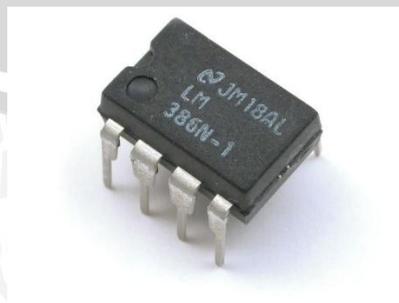
Dibandingkan dengan modulasi konvensional, modulasi cahaya memiliki keunggulan dalam hal ketahanan terhadap derau yang sangat tinggi, karena sinyal tidak dipengaruhi medan elektromagnet. Di samping itu, sistem ini memungkinkan adanya *bit rate* hingga mencapai ratusan *gigabit* per detik. Dalam modulasi optik, sinyal dapat dimodulasi amplitudonya yang dikenal dengan modulasi intensitas (*Intensity Modulation*) berupa Amplitudo *Shift Keying* (ASK) / *On-Off Keying* (OOK). Selain itu, berkas cahaya dapat juga dimodulasi frekuensinya atau lebih tepat modulasi panjang gelombang (*Wavelength Modulation*). Dan yang ketiga adalah dimodulasi fasanya (*Phase Modulation*).



Gambar 2.12 *On-Off Keying* (OOK)
(Sumber : www.techy-art.com)

2.7. *Amplifier LM386*

IC LM386 adalah IC yang biasa digunakan dalam *power amplifier* mini atau *speaker* aktif. IC ini dirancang untuk digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan tegangan rendah. Tanpa komponen pendukung yang lain IC tersebut sudah dapat menguatkan input sebesar 20 kali.

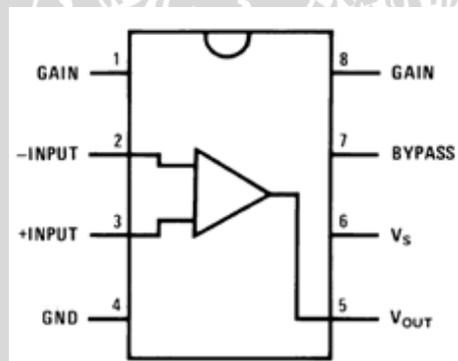


Gambar 2.13 *Amplifier LM386*
(Sumber: <http://www.electroniccircuits.com>)

Keuntungan lain dari IC ini adalah konsumsi daya yang rendah dan hasil penguatan yang cukup baik. Untuk mendapatkan penguatan yang lebih besar dapat dilakukan dengan menambahkan resistor dan kapasitor antara pin 1 dan 8. Dengan demikian akan didapat penguatan sebesar 200 kali. Untuk tegangan *Output* akan secara otomatis bisa sampai setengah tegangan *suplay*. Daya yang bisa diserap saat kondisi *stanby* hanya 24 mW. IC ini dapat beroperasi pada tegangan 4 - 12 volt, membuat IC LM386 bisa dioperasikan menggunakan baterai.

IC LM386 di desain lebih fleksibel untuk mengatur penguatan (*gain*), kuncinya terletak pada dua pin (1 dan 8). Dengan pin 1 dan 8 membuka (tanpa hubungan) maka set gain adalah 20 kali (26 dB). Jika sebuah kapasitor diletakkan dari pin 1 dan 8, gain akan naik sampai 200 kali (46 dB). Jika kapasitor diseri dengan resistor, gain dapat diatur ke nilai berapapun antara 20-200 kali.

Sinyal suara untuk diperkuat ditempatkan di Terminal 2, dan 3. Sinyal suara diperkuat kemudian keluar melalui terminal 5. Setelah beberapa kapasitor dan sebuah resistor untuk menyaring suara yang tidak diinginkan pada sinyal suara sebelum diperkuat.



Gambar 2.14 PIN out diagram LM386

(Sumber: *Datasheet* LM386)

Keterangan:

1. *Control* penguat (Pin 1 dan 8)

Pin ini sebagai pengendali untuk mendapatkan penguat. LM386 mempunyai pin dimana dapat menyesuaikan *gain* dengan menempatkan sebuah resistor dan kapasitor, atau hanya kapasitor antara pin 1 & 8. Rangkaian ini, menempatkan sebuah kapasitor 10 μ F antara pin untuk tegangan gain tertinggi.

2. *Sinyal Input* (Pin 2 & 3)

Pin ini sebagai sinyal input suara. Pin 2 & 3 menempatkan suara yang diinginkan untuk diperkuat. Terminal 2-input dan Terminal 3+input. Rangkaian pada sinyal suara positif akan ditempatkan pada terminal 3 dan terminal 2 akan dikaitkan dengan *ground*.

3. *Ground* (Pin 4)

Pin ini merupakan titik referensi untuk seluruh sinyal dan tegangan pada rangkaian LM386, baik rangkaian internal maupun rangkaian eksternal.

4. *Output* (Pin 5)

Pin ini merupakan hasil dari penguatan. Sinyal suara sudah diperkuat pada saat keluar pada pin.

5. *Control Voltage* (Pin 6)

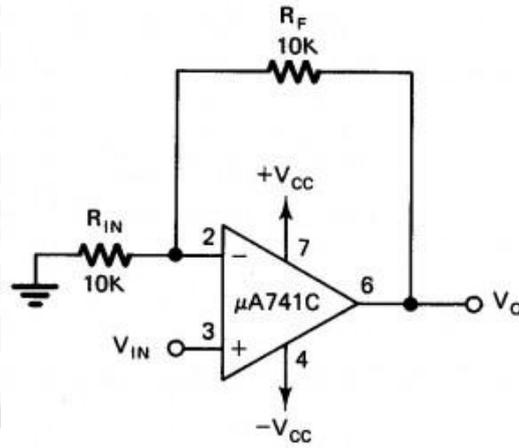
Pin ini yang menerima *suplay* tegangan DC positif sehingga *op-amp* dapat menerima penguatan yang dibutuhkan untuk memperkuat sinyal.

6. *Bypass* (Pin 7)

Pin dapat melewati resistor . Pin ini dibiarkan terbuka atau ditransfer ke *ground*. Namun, untuk stabilitas yang lebih baik, sebuah kapasitor ditambahkan dirangkaian . karena hal ini dapat mencegah osilasi dalam *op-amp* rangkaian.

2.7.1. *Non-Inverting Amplifier*

Penguat Tak-Membalik (*Non-Inverting Amplifier*) merupakan penguat sinyal dengan karakteristik dasat sinyal *output* yang dikuatkan memiliki fasa yang sama dengan sinyal *input*. Penguat tak-membalik (*non-inverting amplifier*) dapat dibangun menggunakan penguat operasional, karena penguat operasional memang didesain untuk penguat sinyal baik membalik ataupun tak membalik. Rangkain penguat tak-membalik ini dapat digunakan untuk memperkuat AC maupun DC dengan keluaran yang tetap sefase dengan sinyal inputnya. Impedansi masukan dari rangkaian penguat tak-membalik (*non-inverting amplifier*) sangat tinggi dengan nilai impedansi sekitar 100 MOhm. Contoh rangkaian dasar penguat tak-membalik menggunakan operasional *amplifier* (*Op-Amp*) dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 2.15 Rangkaian *Non-Inverting Amplifier*

(Sumber : www.elektronika-dasar.web.id)

Dengan sinyal input yang diberikan pada terminal *input non-inverting*, maka besarnya penguatan tegangan rangkaian penguat *non-inverting* diatas tergantung pada nilai R_{in} dan R_f yang dipasang. Besarnya penguatan tegangan *output* dari rangkaian penguat *non-inverting* diatas dapat dituliskan dalam Persamaan matematis sebagai berikut. (Hasan, 1990).

$$A_V = \left(\frac{R_f}{R_{in}} \right) + 1 \quad (2.6)$$

Berdasarkan Persamaan diatas (2.6) Apabila besarnya nilai resistor R_f dan R_{in} rangkaian penguat *non-inverting* diatas sama ($R_f = R_{in}$) maka besarnya penguatan tegangan dari rangkaian penguat diatas sebesar 2x.

2.8. Parameter Performansi Jaringan

Untuk mengetahui performansi jaringan pada *Visible light Communication* (VLC) dilakukan dua parameter pengukuran yang meliputi *optical power loss*, *delay spread* dan *signal to noise ratio (SNR)*. Berikut penjelasannya;

2.8.1. *Optical Power Loss*

Di dalam perancangan jaringan optik, *optical power loss* harus diperhitungkan. Hal ini untuk menunjukkan perbedaan daya yang dihasilkan oleh *transmitter* dibandingkan dengan jumlah cahaya yang dapat diterima oleh *receiver*. Dalam menghitung *optical power loss*, pertama mempertimbangkan daya keluaran dari

transmitter. Pada Persamaan (2.7) Berikut rumus untuk mencari nilai *optical power loss*. (Keiser, 2013).

$$\text{Power ration in dB} = 10 \log \frac{P_{\text{preceiver}}}{P_{\text{transmitter}}} \quad (2.7)$$

Keterangan:

$P_{\text{preceiver}}$ = Daya pada penerima

$P_{\text{transmitter}}$ = Daya pada pemancar

2.8.2. Delay Spread

Delay Spread merupakan suatu interval ukuran *delay* masing masing lintasan yang dilewati sinyal dengan nilai penguatan atau peredaman tertentu. *Delay spread* ini dapat menimbulkan interferensi antar simbol, karena setiap simbol saling bertumbukan dengan simbol sebelum dan sesudahnya. Level interferensi antar simbol ini ditentukan oleh kecepatan transmisi bit. *Delay spread* berawal dari sinyal *multipath* yang sampai di penerima dengan waktu tiba yang berbeda beda tergantung jarak lintasan yang ditempuh. Sebuah *impuls* yang dikirimkan oleh pemancar akan diterima oleh penerima bukan lagi sebuah impuls melainkan sebuah pulsa dengan lebar penyebaran yang disebut *delay spread*. *Delay spread* dapat diamati pada *oscilloscope* dengan menghitung selisih periode sinyal di *receiver* dan periode sinyal di *transmitter* seperti pada persamaan berikut (Yulian, 2014):

$$D = T_{\text{RX}} - T_{\text{TX}} \quad (2.8)$$

Keterangan:

D = *Delay Spread* (s)

T_{RX} = *Periode Sinyal pada Receiver* (s)

T_{TX} = *Periode Sinyal pada Transmitter* (s)

2.8.3. Signal to Noise Ratio (SNR)

Salah satu perhitungan *Noise* yang sangat penting adalah *signal to noise ratio* (SNR atau S/N). *Signal to Noise Ratio* ini merupakan perbandingan antara daya sinyal dengan daya *Noise*. Makin besar nilai SNR, makin tinggi kualitas jalur tersebut. Dengan SNR dapat dilakukan evaluasi danantisipasi pengaruh *Noise* dari luar. SNR biasanya diukur pada ujung penerimaan dari sistem telekomunikasi sebelum proses

deteksi sinyal. Secara matematis, SNR dinyatakan dalam satuan *desibel* (dB) dengan menggunakan rumusan (Kartopoulos, 2011):

$$SNR (dB) = 10 \log \left[\frac{\text{Signal Power}}{\text{Total noise Power}} \right] \quad (2.9)$$

$$SNR (dB) = 10 \log \left[\frac{I_p^2}{(I_{SN}^2 + I_{TN}^2)} \right] \quad (2.10)$$

I_{TN}^2 adalah arus *thermal noise* dan I_{SN}^2 adalah arus *shot noise*. Pada Persamaan (2.10) berasumsi bahwa sinyal yang datang bebas dari *noise*. Dalam kenyataannya, sinyal *photonic* yang datang telah mengandung *optical noise*. Akibatnya, *optical noise* harus dimasukkan ke dalam total *noise power* untuk menghitung SNR yang nyata.

