

Implementasi *Visible Light Communication* (VLC) Pada Sistem Komunikasi

ARSYAD RAMADHAN.D¹, LITA LIDYAWATI², DECY NATALIANA³

1. Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional
2. Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional
3. Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional

Email : arsyad@itenas.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan teknologi telah menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan, terutama untuk bidang komunikasi. Hal ini terbukti dengan banyaknya media komunikasi baik itu nirkabel dan kabel. Pada penelitian ini dimanfaatkan cahaya tampak sebagai media dalam sistem komunikasi, dimana selama ini cahaya hanya digunakan sebagai penerangan saja. Visible Light Communication (VLC) adalah sebuah teknologi komunikasi yang memanfaatkan pancaran cahaya tampak dari lampu pada sistem komunikasi. Sistem komunikasi visible light ini terdiri dari pemancar dan penerima. Pemancar terdiri dari Light Emitting Dioda, audio transformator dan baterai, dan pada penerima terdiri dari solar cell dan photodioda, amplifier dan catu daya. Hal-hal yang dapat mempengaruhi hasil output sistem komunikasi adalah jarak, terang cahaya lampu pemancar dan cahaya luar. Pada penelitian ini, komunikasi menggunakan VLC dapat dilakukan pada jarak pengiriman data sebesar 2,5 m dan dengan range frekuensi 600 Hz sampai dengan 45 kHz dimana data dapat disalurkan dengan baik.

Kata kunci: *Visible light, Sistem komunikasi, Light Emitting Dioda, solar cell, photodioda.*

ABSTRACT

Technological developments have shown a significant increase, especially in the field of communication. This is proved by the many communications media using both wireless and wired. This study utilized the visible light as a medium of communication system, which has been used as an illumination light only. Visible Light Communication (VLC) is a communication technology which utilize visible light emitted from the lamp in the communication system. The visible light communication system consists of a transmitter and receiver. The transmitter consists of a Light Emitting Diode, audio transformer and battery, and the receiver consists of a solar cell and a photodiode, amplifier and power supply. Things that can affect the output of the communication system is the distance, bright light and outdoor light. In the research, the results that obtained from this study is the data transmission distance of 2.5 m and a frequency range of 600 Hz to 45 kHz data can be routed properly.

Keywords: *Visible light, Communication systems, Light Emitting Dioda, solar cell, photodiode.*

1. PENDAHULUAN

Pada zaman sekarang ini perkembangan teknologi telah menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan, terutama dalam bidang komunikasi. Hal ini terbukti dengan banyaknya media komunikasi, baik nirkabel dan kabel yang mengakibatkan banyaknya cara untuk penyampaian suatu komunikasi data. Cahaya tampak (*visible light*) tidak lagi hanya sebagai media penerangan, kemungkinan dapat digunakan sebagai media penyampaian informasi. Dengan adanya teknologi yang memanfaatkan cahaya tampak (*visible light*) sebagai media komunikasi, seseorang tidak harus membeli sebuah *access point* untuk menerima data, akan tetapi hanya menggunakan cahaya tampak (*visible light*) dari lampu saja. Dengan demikian tingkat efisiensi dan mobilitas akan lebih tinggi. Hanya dengan menyalakan lampu saja dan komunikasi data dapat dilakukan. Dengan teknologi seperti ini, seseorang dapat menciptakan sebuah komunikasi dengan cara mengirimkan file audio (misal *music*, rekaman, dan lainnya) dan video dari satu tempat ke tempat lain dalam sebuah ruangan, yang selama ini dilakukan oleh perangkat *Infrared* atau pun *Bluetooth*, mencetak dokumen dengan jarak yang jauh tanpa menggunakan kabel, dan aplikasi lainnya.

Bermula dari penelitian **Dominic C. O' Brien (Dominic, et al,2008)** dari University of Oxford bersama dengan timnya pada tahun 2011, yang menganalisis kemungkinan dan peluang memanfaatkan cahaya tampak dalam sistem komunikasi. Mereka memprediksi bahwa penerangan umum akan menggunakan LED putih di masa depan, mengingat efisiensi dari *solid state* yang satu ini sangat besar. Dengan menggunakan LED sebagai penerangan akan menghemat daya yang digunakan dan umur pemakaian lebih panjang dibandingkan dengan lampu yang ada saat ini. Mereka membuktikan bahwa lampu LED memiliki peluang untuk menghasilkan iluminasi yang simultan dan dapat dipakai dalam komunikasi data. Penelitian ini lebih menitikberatkan kepada komponen *solid state* tersebut sebagai komponen yang akan menggantikan teknologi dalam penerangan di masa depan. Dalam penelitiannya, mereka menguraikan komponen dasar dalam sistem, meninjau *state of art* dan mendiskusikan beberapa tantangan dan kemungkinan dalam mengembangkan teknik transmisi nirkabel baru. Seluruh penelitian yang digunakan oleh beliau menggunakan program simulasi.

Pada tahun 2012, penelitian yang dilakukan oleh **G. Cossu (G.Cossu, et al,2012)** dan timnya, mencoba untuk mengirimkan data dengan kecepatan tinggi menggunakan LED tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan cara mengirimkan data dengan menggunakan RGB LED dengan kecepatan 780 Mbit/s. Penelitian ini cukup berhasil sehingga data dapat diterima dengan baik pada jarak 2,5 m. Penelitian ini lebih memperkuat asumsi bahwa cahaya yang dibangkitkan oleh LED dapat digunakan dalam mengirim data walau pun belum optimal.

Penelitian lain dilakukan oleh **Talha A. Khan (Talha A, et al, 2012)** dan timnya dimana mereka mengimplementasikan teknologi Visual Light Communication (VLC) untuk transmisi data juga. Akan tetapi, data yang dikirimkan memiliki jumlah yang banyak oleh karena itu digunakan metoda *Wavelength Division Multiplexing* (WDM). Data yang dikirimkan hanyalah data biasa yang belum terlalu kompleks. Dan beberapa penelitian lainnya didapatkan hasil yang mendukung pemanfaatan Visible Light Communication (VLC) sebagai teknologi masa depan yang patut diteliti lebih lanjut.

Oleh karena itu yang menjadi judul pada penelitian ini adalah "*Implementasi Visible Light Communication* (VLC) pada Sistem Komunikasi" sehingga akan dihasilkan sebuah perangkat

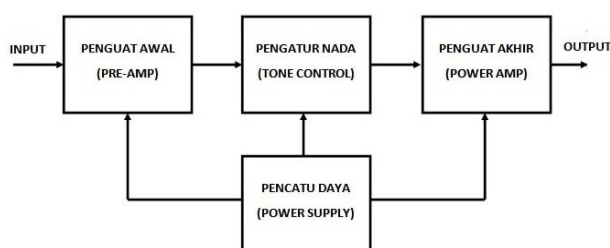
yang berlaku sebagai *Transmitter* dan *Receiver* dari sistem *Visible Light Communication* (VLC).

LED atau singkatan dari *Light Emitting Diode* adalah salah satu komponen elektronika yang terbuat dari bahan semi konduktor jenis *dioda* yang mampu mengeluarkan cahaya. Untuk mendapatkan emisi cahaya pada semikonduktor, bahan yang dipakai adalah *galium*, *arsenic* dan *phosphorus*. Jenis bahan yang berbeda menghasilkan warna cahaya yang berbeda pula. Keuntungan dari *Light Emitting Diode* (LED) antara lain, *Light Emitting Diode* (LED) memiliki efisiensi energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan lampu lain, dimana *Light Emitting Diode* (LED) lebih hemat energi 80 % sampai 90% dibandingkan lampu lain. *Light Emitting Diode* (LED) memiliki tegangan operasi DC yang rendah.

Photodiode adalah suatu jenis *dioda* yang resistansinya berubah-ubah kalau 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 positif-negatif (p-n) bertegangan balik disinari, maka arus akan berubah secara linier dengan kenaikan fluks cahaya yang dikenakan pada persambungan tersebut. *Photodiode* terbuat dari bahan semikonduktor. *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/cm² sampai intensitas diatas 10mW/cm². *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.

Solar Cell adalah salah satu jenis sensor cahaya *photovoltaic*, yaitu sensor yang dapat mengubah intensitas cahaya menjadi perubahan tegangan pada outputnya. Apabila "*solar cell*" menerima pancaran cahaya maka pada kedua terminal outputnya akan keluar tegangan DC sebesar 0,5 volt hingga 0,5 volt. Dalam skala kecil solar cell sering kita jumpai sebagai sumber tegangan DC pada peralatan elektronika seperti kalkulator atau jam. Tapi dalam penelitian ini *solar cell* di gunakan sebagai sensor cahaya.

Amplifier adalah sebuah alat yang berfungsi memperkuat sinyal dari sumber-sumber sinyal yang masih kecil sehingga dapat menghasilkan output dengan level tertentu sesuai kebutuhan yang diinginkan. Gambar 1 menunjukkan bentuk blok diagram *Amplifier*.



Gambar 1. Blok Diagram *Amplifier*.

Fungsi dari setiap blok diagram Gambar 1 adalah:

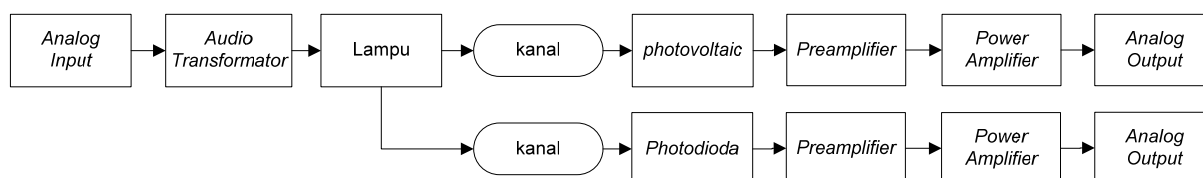
Cahaya yang diperoleh *solar cell* atau *photodiode* dari *Light Emitting Diode* (LED) kemudian masuk ke rangkaian penguat awal yaitu rangkaian *preamplifier*. *Preamplifier* berfungsi sebagai penyesuai *level* dari sinyal input sebelum dimasukkan ke penguat sinyal. Hal ini bertujuan agar saat proses penguat sinyal tidak terjadi kesalahan karena pembebanan.

kemudian diteruskan ke rangkaian *power amplifier* sebagai penguat akhir. Fungsinya adalah untuk menguatkan sinyal yang sudah diolah di *preamplifier* untuk diteruskan ke bagian *output*. Karena kerja dari penguat akhir sangat berat maka biasanya akan timbul panas dan dibutuhkan sebuah plat pendingin untuk mencegah kerusakan komponen transistor penguat akhir karena terlalu panas. Untuk menguatkan sinyal yang sudah diolah di *preamplifier* untuk diteruskan ke bagian *output*. *Power Supply* merupakan rangkaian pencatu daya untuk semua rangkaian.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Blok Diagram Keseluruhan

Sistem yang di rancang, memiliki tiga buah *hardware* yaitu sebuah *transmitter* dan dua buah *receiver*, dimana *receiver* pertama menggunakan *solar cell* dan *receiver* kedua menggunakan *photodiode*. Gambar blok diagram secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem.

Pada bagian *transmitter* menjelaskan bagaimana informasi berupa sinyal *analog* yang diperoleh dari *input analog* yang berupa *mp3 player* atau *function generator*, yang ditransmisikan melalui media cahaya yang berupa LED. Data berupa cahaya yang dikirimkan oleh *transmitter* akan diterima oleh *receiver* yang dapat berupa *solar cell* atau *photodiode*. *Solar cell* atau *photodiode* menangkap cahaya yang diterima, kemudian mengubahnya menjadi energi listrik. Kemudian energi yang berasal dari *solar cell* atau *photodiode* akan diteruskan ke *preamplifier* yang berfungsi menguatkan sinyal dari *low level* ke *high level*. Rangkaian tersebut memproses sinyal elektrik yang masuk, kemudian sinyal tersebut dikuatkan ke level-level tertentu yang kemudian diteruskan ke dalam rangkaian *amplifier*. *Amplifier* berfungsi untuk menguatkan sinyal yang sudah diolah *preamplifier* untuk diteruskan ke bagian *output*. Dengan demikian output dari *preamplifier* masuk ke bagian *input amplifier*, untuk kembali dikuatkan dan *output* dari *amplifier* diteruskan ke *speaker* sebagai *output* terakhir.

2.2 Blok Diagram Transmitter

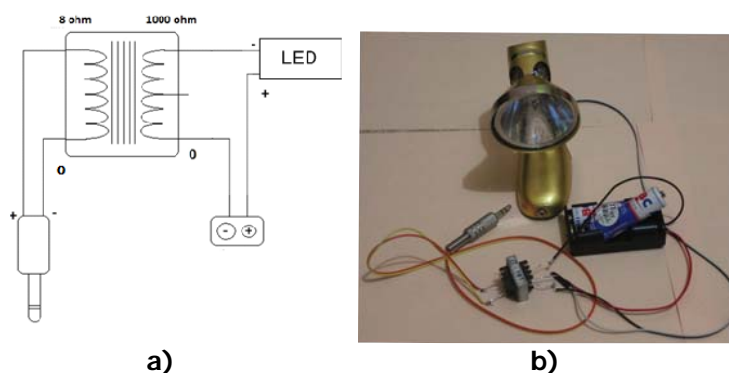
Untuk tahap awal sebelum melakukan perancangan terhadap rangkaian *transmitter* ini maka terlebih dahulu dilakukan pengukuran terhadap masing-masing komponen yang digunakan pada rangkaian *transmitter*. Proses yang terjadi pada bagian *transmitter* ini untuk mengubah informasi atau data yang berasal dari *input analog* yang dapat berupa *input data* dari *mp3 player* atau *function generator* ke dalam bentuk cahaya, yang ditransmisikan melalui media cahaya yaitu LED. Dimana LED ini mendapatkan tegangan dari baterai. Pada saat mengirimkan sinyal berupa cahaya, LED memancarkan cahaya sesuai sinyal input analognya. Gambar 3 merupakan blok diagram bagian *transmitter*.



Gambar 3. Blok Diagram Transmitter.

2.3. Rangkaian Transmitter

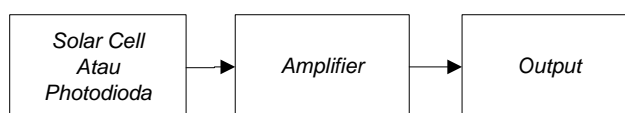
Rangkaian *transmitter* ini terdiri dari beberapa komponen, yaitu *Light Emitting Diode* (LED), *jack audio*, trafo input dan baterai dengan tegangan sebesar 3 Volt DC. Hubungan antara beberapa komponen tersusun sebagai berikut: kutub *positif* dari *Light Emitting Diode* (LED) dihubungkan pada kutub *positif* dari baterai dengan tegangan sebesar 3 Volt DC, lalu kutub *negatif* pada LED dihubungkan ke trafo yang memiliki nilai impedansi sebesar 1000 ohm pada *output* trafo, dan untuk sisi 0 dari *output* trafo dihubungkan ke sisi *negatif* pada baterai. *Jack audio* disisi *positif input* nya dihubungkan pada trafo dengan nilai impedansi 8 ohm dan sisi *negatif* dari *jack audio* di hubungkan pada *input* trafo dengan nilai 0. Penggabungan dari beberapa komponen tersebut dapat dilihat pada Gambar 4 yang merupakan rangkaian *transmitter*.



Gambar 4. a) Rangkaian *Transmitter*. b) Hasil *implementasi* rangkaian *Transmitter*

2.4. Blok Diagram Receiver

Pada bagian *receiver* terdapat dua bagian, pertama *receiver* menggunakan *solar cell* dan yang kedua *receiver* menggunakan *photodiode*. Disini *solar cell* dan *photodiode* sama-sama sebagai sensor penerima dari cahaya *Light Emitting Diode* (LED). Proses yang terjadi pada bagian *receiver* pertama adalah, data input yang dikirimkan oleh *transmitter* berupa cahaya yang dipancarkan menggunakan *Light Emitting Diode* (LED) cahaya ditangkap oleh *solar cell*. Pada Gambar 5 merupakan blok diagram bagian *receiver*.

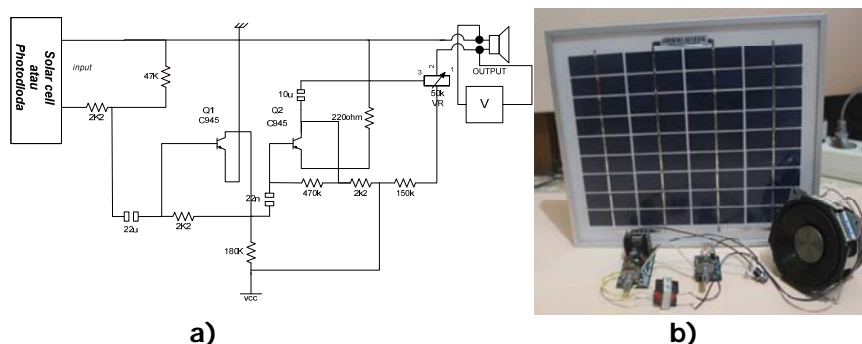


Gambar 5. Blok diagram umum *Receiver* dengan menggunakan *solar cell* atau *photodiode*.

Cara kerja dari rangkaian receiver dapat kita lihat blok diagram pada Gambar 5. Pada bagian *receiver*, informasi yang dikirim diterima oleh *solar cell* / *photodiode*. Cahaya yang diperoleh *solar cell* dari *Light Emitting Diode* (LED) kemudian masuk ke rangkaian *preamplifier* yang berfungsi sebagai penyesuai *level* dari sinyal input sebelum dimasukkan ke penguat sinyal. Hal ini bertujuan agar saat proses penguat sinyal tidak terjadi kesalahan karena pembebanan. kemudian diteruskan ke rangkaian *power amplifier* yang berfungsi untuk menguatkan sinyal yang sudah diolah di *preamplifier* untuk diteruskan ke bagian *output*. Bagian *power amplifier* terdapat beberapa jenis komponen penting, pertama adalah transistor sebagai penguatnya, lalu terdapat kondensator elektrolit atau *elco* sebagai penyimpan arus, dioda dan resistor. Trafo berperan penting menjaga kestabilan tegangan baik itu input maupun output trafo didalam rangkaian.

2.5. Rangkaian Receiver

Hubungan antara beberapa komponen yang menjadi rangkaian *receiver* ini adalah *solar cell* atau *photodiode* dihubungkan ke input *amplifier*. Lalu dari *output amplifier* dapat dilihat bagaimana keluaran dari sinyal inputnya. Disini, input tegangan berfungsi untuk mencatu rangkaian *amplifier* sebesar 12 Volt DC yang berasal dari *adaptor*.



Gambar 6. a) Rangkaian receiver. b) Hasil implementasi rangkaian receiver

Pada Gambar 6 ini, proses yang terjadi pada bagian *receiver* adalah data yang dikirimkan oleh *transmitter* berupa cahaya yang dipancarkan menggunakan *Light Emitting Diode (LED)*, cahaya ditangkap oleh *solar cell* atau *photodiode*. Kemudian ke *Amplifier* untuk dikuatkan sebelum masuk kedalam *speaker*. Hal ini diperlukan agar data keluaran dari *receiver* sama dengan data masukan dari *transmitter*.



Gambar 7. Hasil implementasi yang sudah jadi

Gambar 7 merupakan hasil *implementasi* secara keseluruhan. Dari Gambar 7 dapat dilihat bentuk *implementasi* alat dari bagian atas dan bentuk *implementasi* alat bagian depan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Metode Pengujian

Setelah selesai proses perancangan alat, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengukuran kerja alat yang telah dirancang. Pengukuran dilakukan agar bisa mendapatkan data dari sistem tersebut sehingga dengan data ini dapat mengetahui kinerja dari perangkat

yang telah kita rancang. Hasil pengukuran dapat dijadikan sebagai suatu acuan dalam analisa rangkaian. Pengukuran pada sistem *Visible Light Communication* (VLC) bertujuan agar kita dapat mengetahui keluaran dari rangkaian, baik itu rangkaian *transmitter* maupun rangkaian *receiver*. Berikut beberapa tahap pengujian terhadap penelitian ini :

1. Pengukuran terhadap jarak maksimum yang dapat ditempuh hingga sinyal masih dapat diterima dengan baik.
2. Pengukuran terhadap range frekuensi yang dimiliki oleh sistem hingga sinyal masih dapat diterima dengan baik.
3. Pengukuran terhadap tegangan pada *output* sistem.
4. Pengukuran kinerja sistem dengan menggunakan *solar cell* dan *photodiode* pada *receiver*.

3.2. Pengukuran jarak pengiriman data.

Pada pengukuran jarak kita bisa mengetahui berapa jarak maksimum sehingga data diterima oleh *receiver* dengan baik. Cara pengujiannya yaitu dengan menggunakan *function generator* sebagai *input* data dan LED sebagai *output* pada *transmitter*. Pada bagian *receiver*, *solar cell* sebagai sensor cahaya dan *oscilloscope* sebagai output untuk mengetahui data masih diterima dengan baik atau tidak. Gambar 8 merupakan hasil yang didapat dari pengujian menentukan jarak maksimum



Gambar 8. Hasil pengukuran jarak minimum dan jarak maksimum

Pada pengukuran jarak, frekuensi yang diasumsikan 10 kHz dengan sumber tegangan untuk lampu LED pada *transmitter* sebesar 4,5 V. Pada pengukuran jarak, terang cahaya sangat berpengaruh dalam jarak pengiriman data. Semakin terang cahaya maka semakin jauh jarak pengiriman data. Terang cahaya LED dipengaruhi oleh besar tegangan maksimal dari lampu LED yang akan dipakai. LED 12 V di bandingkan dengan LED 4,5 V pasti lebih terang lampu LED yang 12 V, sehingga jarak pengiriman bertambah. Selain itu sumber catudaya dalam rangkaian *receiver* juga berpengaruh terhadap terangnya lampu. Sumber catudaya di dalam rangkaian *receiver* harus sama dengan jumlah tegangan maksimal yang dapat diterima oleh lampu. Apabila sumber catudaya pada rangkaian berlebih dari jumlah tegangan maksimum dari lampu, maka lampu akan putus. Sebaliknya apabila lampu mendapat tegangan kurang dari sumber catudaya maka cahaya lampu akan redup, sehingga pencahayaan lampu kurang maksimal. Dari hasil pengukuran didapat pada jarak 2,5 m sinyal masih didapatkan dengan kualitas yang baik. Dengan jarak yang lebih besar dari itu sinyal yang diterima buruk

3.3. Pengukuran *range* frekuensi yang dimiliki sistem.

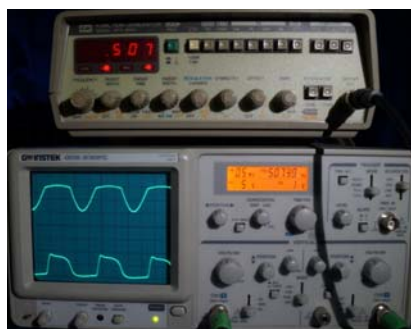
Langkah - langkah yang dilakukan dan alat yang digunakan untuk memperoleh data dari pengukuran frekuensi minimum dan maksimum sama dengan langkah-langkah pada pengukuran jarak. Jarak antara *transmitter* dengan *receiver* adalah 2,5 m. *Input* data yang berasal dari *function generator*, diatur frekuensinya mulai dari minimum sampai dengan frekuensi maksimum. Cara mendapatkan frekuensi minimum dan frekuensi maksimum yaitu memutar *potensio* frekuensi pada *function generator* mulai dari frekuensi 0 Hz sampai dengan frekuensi tertinggi dengan catatan gambar sinyal di penerima tidak rusak.

Cara menentukan sinyal penerima sudah rusak atau belum adalah membandingkan frekuensi *input* pada *transmitter* dengan frekuensi *output* pada *receiver*. Sehingga dapat mentukan apakah frekuensi dapat tersalurkan dengan layak atau tidak. Dari Tabel 1 kita dapat

mengetahui frekuensi minimum dan frekuensi maksimum yang memiliki bentuk sinyal yang masih layak untuk mengirimkan data.

Tabel 1. Hasil pengukuran frekuensi minimum dan maksimum

Frekuensi <i>input</i>	Frekuensi <i>output</i>	Kualitas sinyal
406 Hz	405,72 Hz	Rusak
507 Hz	507,38 Hz	Rusak
604 Hz	603,66 Hz	Bagus
704 Hz	703 Hz	Bagus
801 Hz	801,26 Hz	Bagus
904 Hz	904 Hz	Bagus
45,048 kHz	45,046 kHz	Bagus
45,485 kHz	45,483 kHz	Rusak
46,119 kHz	46,117 kHz	Rusak
46,539 kHz	46,537 kHz	Rusak
47,050 kHz	46,537 kHz	Rusak

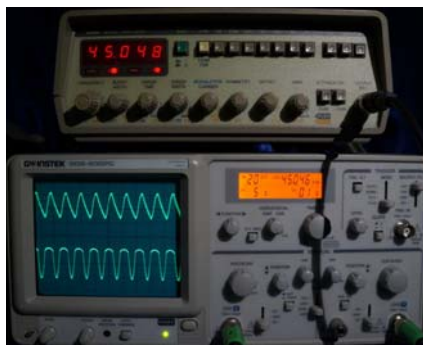


Gambar 9. Bentuk sinyal dengan input frekuensi 500 Hz

Pada frekuensi 500 Hz bentuk dari sinyal hampir sama dengan frekuensi 600 Hz, hanya saja lampu pada frekuensi 500 Hz sudah kelihatan kelap-kelip. Dari Gambar 9 dapat kita lihat bentuk sinyal dari frekuensi 500 Hz.

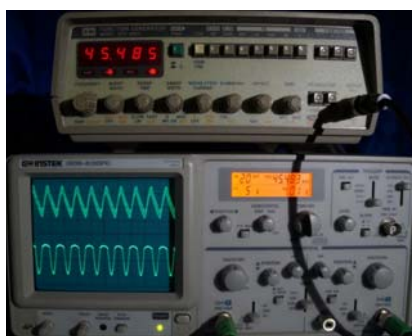


Gambar 10. Bentuk sinyal dengan input frekuensi 600 Hz



Gambar 11. Bentuk sinyal dengan input frekuensi 45 kHz

Bentuk sinyal *input* dan *output* yang didapat dari pengukuran frekuensi minimum dan maksimum dapat dilihat pada Gambar 10 untuk frekuensi 600 Hz sebagai frekuensi minimum dan Gambar 11 untuk frekuensi 45 kHz sebagai frekuensi maksimum, Dari bentuk sinyal tersebut kita dapat membandingkan antara sinyal *input* dan sinyal *output*.



Gambar 12. Bentuk sinyal dengan input frekuensi 45,485 kHz

Gambar 12 merupakan gambar dari sinyal yang sudah mulai rusak. Disini frekuensi yang diinputkan adalah 45,485 kHz. Sehingga frekuensi yang dapat dilewatkan berkisaran antara 600 Hz sampai dengan 45 kHz. Pada saat kondisi frekuensi kurang dari 600 Hz kondisi lampu hidup mati, karena itu frekuensi dibawah itu sudah di bilang tidak layak atau kurang bagus dalam pengiriman data. Pada kondisi frekuensi lebih dari 45 kHz kondisi lampu hidup terang dan gambar dari sinyal sudah menunjukkan adanya *noise*. Selain itu ada faktor lain yaitu keterbatasan dari rangkaian *pre-amplifier*. *Pre-amplifier* yang digunakan disini merupakan rangkaian standar hanya menggunakan 2 transistor yang berfungsi sebagai penguat dan *buffer*, dan juga menggunakan 2 Kondensator elektrolit yang berfungsi sebagai *coupling* dan *bypass*. Sehingga frekuensi yang dapat diterima dengan baik juga terbatas.

Dari pengukuran frekuensi minimum dan maksimum kita dapat mencari *bandwidth* saluran. *Bandwidth* atau Lebar pita dalam teknologi komunikasi adalah perbedaan antara frekuensi terendah dan frekuensi tertinggi dalam rentang tertentu. Hasil yang didapat dari penelitian ini frekuensi terendah adalah 600 Hz dan frekuensi tertinggi adalah 45 kHz. Jadi nilai *bandwidth* dapat kita cari dengan cara

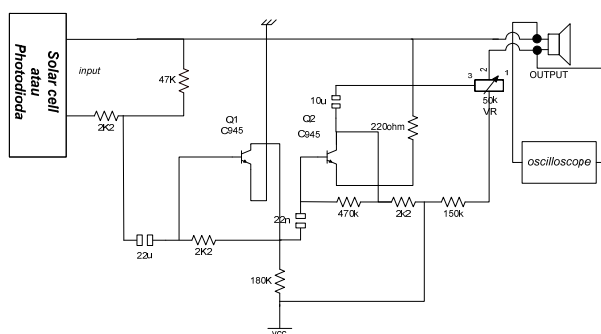
$$\begin{aligned} Bw &= f_{\max} - f_{\min} \\ &= 45000 \text{ Hz} - 600 \text{ Hz} \\ &= 44400 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Dari hasil pengurangan frekuensi maksimum dan minimum dapat kita ketahui *bandwidth* salurannya adalah 44,4 kHz.

3.4. Pengukuran tegangan pada *transmitter* dan *receiver*

Pengukuran tegangan bertujuan mengetahui *output* tegangan pada *transmitter* dan *receiver* apakah mengalami kenaikan tegangan atau mengalami penurunan. Pada pengukuran tegangan, frekuensi yang diasumsikan mulai dari frekuensi 1 kHz sampai dengan frekuensi 10 kHz. Karena pada frekuensi itu kerja alat baik, sehingga data yang didapat tidak banyak mengalami kesalahan. *Input* data berasal sinyal *function generator*, dengan jarak pancar dari *transmitter* dan *receiver* 2,5 m dan sumber tegangan 12 Volt DC. Cara pengukuran adalah dengan menggunakan *oscilloscope* yang diukur pada bagian *output* dari rangkaian *transmitter* dan *receiver*. *Oscilloscope* dihubungkan paralel dengan *output* rangkaian yang akan diukur.

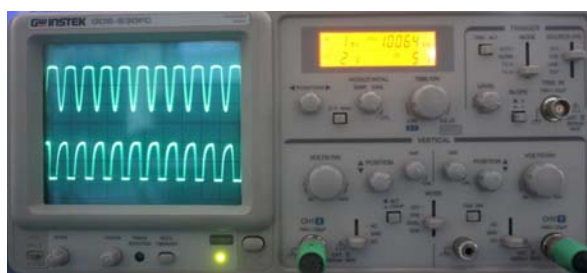
Cara pengukuran tegangan yaitu dengan cara membuat paralel antara *oscilloscope* dengan output pada *receiver*. Pada Gambar 13 dapat dilihat dengan jelas cara pengukuran tegangan



Gambar 13. Titik pengukuran tegangan pada output *transmitter* dan *receiver*.

Cara pembacaan pada *oscilloscope* untuk mencari tegangan adalah dengan cara melihat berapa kotak sinyal yang akan dicari, lalu di kalikan dengan *volts/div*. Sehingga kita mendapatkan *Volt peak to peak*. Sebagai contoh pada gambar 14, sinyal paling atas yang ditampilkan pada layar *oscilloscope*. Tinggi gelombang 1 periode adalah 2,5 kotak dan *volts/div* adalah 5 Volt. Sehingga didapat *volt peak to peak* adalah

$$\begin{aligned} V_{p-p} &= \text{tinggi 1 periode} \times \text{volts/div} \\ &= 2,2 \text{ kotak} \times 2 \text{ volt} \\ &= 4.4 V_{p-p} \end{aligned}$$



Gambar 14. Contoh hasil sinyal dari *oscilloscope* dengan sinyal *input* 1 kHz

Dengan mengukur tegangan, kita juga bisa menghitung besar *gain*. Fungsi *gain* adalah untuk menentukan seberapa sensitif input yang kita inginkan diterima *receiver* atau berapa kali penguatan yang terjadi pada bagian *receiver*. Cara penentuan *gain* adalah dengan cara membandingkan tegangan yang di *transmitter* dengan tegangan yang *receiver*. Hasil yang diperoleh pada pengukuran tegangan dan perhitungan *gain* dapat dilihat dari Tabel 2.

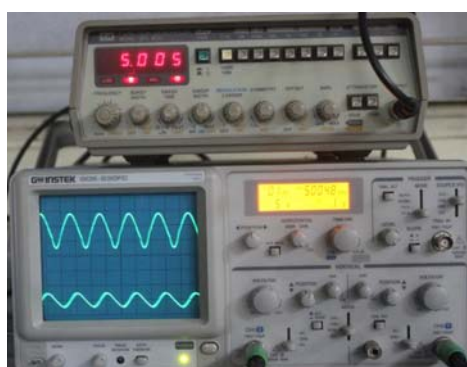
Tabel 2. Hasil pengukuran tegangan pada *output receiver*

Frekuensi <i>Input</i>	Tegangan <i>Input</i>	Tegangan <i>Output</i>	<i>Gain Receiver</i>
1,004 KHz	4,4 Vp-p	9,5 Vp	6,69 dB
2,095 KHz	4,4 Vp-p	9,5 Vp	6,69 dB
3,020 KHz	4,4 Vp-p	9,5 Vp	6,69 dB
4,017 KHz	4,4 Vp-p	9,5 Vp	6,69 dB
5,005 KHz	4,4 Vp-p	9,5 Vp	6,69 dB
6,010 KHz	4,4 Vp-p	9,5 Vp	6,69 dB
7,013 KHz	4,4 Vp-p	9,5 Vp	6,69 dB
8,001 KHz	4,4 Vp-p	9,5 Vp	6,69 dB
9,012 KHz	4,4 Vp-p	9,5 Vp	6,69 dB
10,067 KHz	4,4 Vp-p	9,5 Vp	6,69 dB

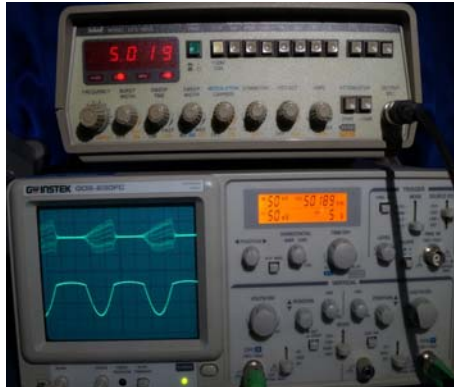
Dari Tabel 2 terlihat kestabilan tegangan pada bagian *transmitter* dan *receiver*. Pada bagian *receiver*, tegangan mengalami kenaikan yang besar dibandingkan dengan tegangan yang ada di *transmitter*, akibat dari cahaya yang dipancarkan oleh lampu, baik itu cahaya lampu dari *transmitter* atau cahaya lampu lain. Hal ini dikarenakan *solar cell* pada *receiver* saat menerima cahaya dari *transmitter* menghasilkan tegangan. Sehingga tegangan di *receiver* bertambah. Kesalahan lainnya pada saat pembacaan. Pada waktu pembacaan hasil keluaran sinyal di layar *oscilloscope*. Perbedaan sudut pandang, berbeda juga hasil yang kita baca. Hasil dari pengukuran tegangan ini kita dapat menyimpulkan tegangan output pada *transmitter* adalah 4,4 Vp-p dan tegangan output pada *receiver* adalah 9,5 Vp-p, sehingga gain yang di peroleh adalah 6,69 dB.

3.5. Membandingkan *solar cell* dengan *photodiode* sebagai *receiver*

Solar cell dan *photodiode* dibandingkan untuk mengetahui mana yang lebih baik untuk dijadikan sensor cahaya pada rangkaian *receiver*. Cara pengujian yaitu dengan cara menginput frekuensi yang sama yaitu sebesar 5 kHz. Dan dengan jarak yang sama sejauh 30 cm. Hasil yang didapat dapat kita lihat pada Gambar 15 untuk *receiver* dengan menggunakan *solar cell* dan Gambar 16 untuk *receiver* yang menggunakan *photodiode*.



Gambar 15. *Receiver* dengan menggunakan *solar cell* sebagai sensor cahaya



Gambar 16. Receiver dengan menggunakan *photodiode* sebagai sensor cahaya

Pada Gambar 15 dan Gambar 16, kita dapat melihat bahwa bentuk sinyal *output* dari *solar cell* lebih bagus dibandingkan dengan bentuk sinyal *output* dari *photodiode*. Sebab *solar cell* memiliki penampang yg lebih luas dibandingkan dengan *photodiode*. Jadi cahaya yang terurai dapat diterima semua oleh *solar cell*. Dibandingkan dengan *photodiode* yang susah untuk memfokuskan cahaya yang dikirim oleh *transmitter*, jadi *solar cell* lebih baik digunakan sebagai sensor cahaya di bandingkan *photodiode* pada kondisi cahaya yang terurai.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengukuran yang telah dilakukan terhadap sistem komunikasi *Visible Light* ini, maka dapat diambil kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Dari penelitian ini didapatkan jarak maksimal untuk pengiriman data dari *transmitter* ke *receiver* adalah 2,5 m. Hingga sinyal dapat diterima dengan baik.
2. *Range* frekuensi yang dimiliki oleh sistem hingga sinyal masih dapat diterima dengan baik adalah 600 Hz sampai dengan 45 kHz, dengan jarak 2,5 m, sehingga didapatkan *bandwidth* yaitu sebesar 44,4 kHz.
3. Dengan tegangan rata-rata pada *input* adalah 4,4 Vp-p, maka dihasilkan tegangan rata-rata pada *output* adalah 9,5 Vp-p. Sehingga akan didapat *gain* dari perbandingan antara tegangan *output transmitter* dengan tegangan *output receiver* adalah 6,69 dB
4. Dari penelitian ini didapat bahwa *solar cell* merupakan sensor cahaya yang baik dibandingkan dengan *photodiode*, dimana *solar cell* memiliki penampang yang lebih luas dibandingkan dengan *photodiode*, sehingga cahaya yang terurai lebih banyak ditangkap oleh *solar cell*

4.2 Saran

Adapun saran – saran yang dapat diberikan untuk pengembangan sistem ini kedepan agar lebih baik, yaitu :

1. Mengganti jenis komunikasinya menjadi komunikasi digital maupun gambar.
2. Untuk komunikasi yang lebih jauh gunakan lampunya lebih terang.
3. Pada bagian penerima, sebaiknya preamp menggunakan IC.

DAFTAR RUJUKAN

- Dominic C. O'Brien, et al. (2008). *Visible Light Communications: challenges and possibilities*. IEEE : 978-1-4244-2644-7
- G. Cossu et al. (2012). Long Distance Indoor High Speed Visible Light Communication System Based on RGB LEDs. ACP Technical Digest 2012 OSA
- Talha A. Khan et al. (2012). Visible Light Communication using Wavelength Division Multiplexing for Smart Spaces. *Communications Letters, IEEE*, vol. 15, no. 2, pp. 217–219
- Ikhwan. (2009). Prinsip Kerja Photodiode. Dipetik Desember 16, 2009, dari: <http://ikhwanpcr.blogspot.com/2009/12/prinsip-kerja-photodiode.html>
- Anonymous. (2012). Penguat. Dipetik September 9, 2012, dari: <http://id.wikipedia.org/wiki/Penguat>