

## PERANCANGAN DAN ANALISIS PENGIRIMAN DATA DIGITAL PADA VLC DENGAN INTERFERENSI CAHAYA

### Design and Analysis of Digital Data Transmission on VLC with Light Interference Marcellus Haninditya<sup>1</sup>, Akhmad Hambali<sup>2</sup>, Unang Sunarya<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>hanindityak@gmail.com, <sup>2</sup>ahambali@telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup>unangsunarya@telkomuniversity.ac.id

#### Abstrak

Visible Light Communication (VLC) adalah teknologi komunikasi dengan menggunakan cahaya tampak sebagai media pengirimannya. Cahaya merupakan salah satu hal yang esensial pada jaman sekarang, dalam suatu pepatah berkata bahwa dimana ada cahaya di situ ada kehidupan. Teknologi ini datang karena ada suatu kebutuhan akan rentang frekuensi radio yang belum terpakai, mengingat alokasi frekuensi sekarang yang semakin sedikit. Komunikasi cahaya tampak yang akan dilakukan adalah pengiriman data digital berupa gambar dan teks. Pertama-tama data akan dikirimkan melalui transmitter dengan LED 10 watt, yang kemudian akan diterima di sisi penerima dengan phototransistor. Dari sini kemudian akan diletakkan 1 LED lagi di dekat transmitter dengan variabel jarak dari 1-25 cm. Dari teori dasar bahwa gelombang radio dengan frekuensi yang sama akan saling berinterferensi maka dari sini akan diamati apakah terjadi interferensi atau tidak dengan analisa berdasarkan Character Error Rate (CER) dan Bit Error Rate (BER). Hasil dalam pengujian bahwa cahaya memang saling berinterferensi baik itu ada atau tidak berisi informasi. Saat penginterferensi tidak berisi informasi jarak minimal 20cm sedangkan ketika berisi yaitu 18cm. Ketika syarat-syarat ini terpenuhi maka informasi dapat terkirim dengan baik.

**Kata kunci :** Visible Light Communication, LED, Phototransistor, CER, BER.

#### Abstract

Visible Light Communication is communication that based on visible light. Light is the most essential things nowadays, a proverb says that where there is light there is life. This technology exists because the need of a radio frequency range that is not yet used, considering that frequency allocation for communication that now became quite a few. Visible light communication that is going to do is sending a digital data in the form of picture and text. Firstly data will be sent over the transmitter with a LED 10 watt, then it will be received in the receiver with a phototransistor. From here then it will be placed again 1 more LED near the transmitter with the variable of distance from 1-25 cm. then it will be analyzed whether suddenly there is some interference or not by observing the Character Error Rate (CER) and Bit Error Rate (BER). Then the conclusion that indeed the interference occurs. When the other light source not contain information then the minimum distance is 20cm, and if there's then it will be 18cm. If these terms successfully fulfilled, then the information can be perfectly sent to the receiver undamaged.

**Keywords :** Visible Light Communication, LED, Phototransistor, CER, BER.

#### 1. Pendahuluan

Teknologi pada zaman sekarang sudah semakin pesat dan tak terbendung, semuanya berlomba-lomba untuk mencari peluang untuk menciptakan teknologi yang efisien dan tepat guna. Salah satunya adalah cahaya, yang mana menjadi harapan dapat dijadikan sebagai media transmisi secara unguided.

Menurut [1] VLC adalah transmisi data menggunakan sumber cahaya (yang dalam hal ini adalah LED) yang mana dalam prosesnya menumpangkan transmisi data pada sumber cahaya tersebut. Mekanisme komunikasi dengan cahaya sekarang ini sering disebut Visible Light Communication (VLC). Teknologi ini memanfaatkan cahaya tampak dengan wavelength yang berkisar antara 375 nm – 780 nm. Cahaya ini telah di modulasi dengan sinyal informasi yang kemudian disalurkan pada transmitter LED. Pada sisi receiver akan digunakan suatu detektor cahaya untuk menangkap cahaya yang telah dimodulasi tersebut. Sistem VLC ini biasa digunakan dalam suatu ruangan indoor, sehingga interferensi dari berbagai cahaya bisa diminimalisir.

Dalam jurnal [2] disebutkan keuntungan dari sistem VLC adalah kecepatannya lebih tinggi dari Wi-Fi, tidak memerlukan lisensi, biaya maintenance yang lebih terjangkau, energi yang paling efisien, lebih murah dibanding Wi-Fi.

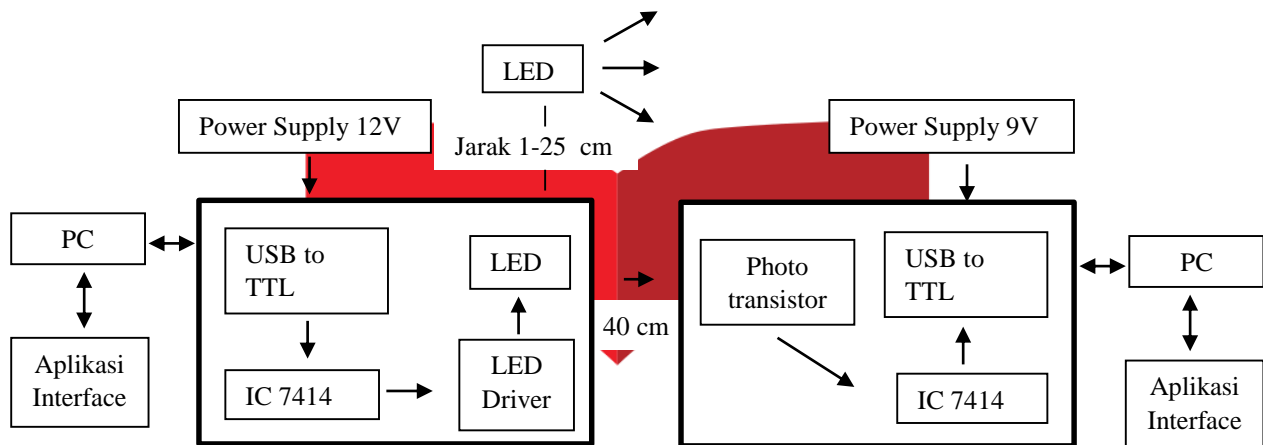
Light-Fidelity (Li-Fi), komunikasi dengan kecepatan tinggi dan jaringan varian dari komunikasi cahaya tampak, mencoba memanfaatkan banyaknya spektrum elektromagnetik yang belum terpakai di daerah cahaya

tampak. Li-Fi bekerja sebagai transmitter yang memancarkan white LED yang siap dipakai spektrumnya dan biasa digunakan pada solid state lighting (SSL) dengan salah satu receiver sinyalnya yaitu p-i-n photodiode atau avalanche photodiode. Ini berarti sistem Li-Fi dapat menerangi sebuah ruangan dan pada waktu yang sama dapat menyediakan konektivitas data. [3]

Konsep dari teknologi VLC ini sebenarnya sangat mudah, transmisi dari sisi transmitter menggunakan lampu LED. Yang menjadi permasalahan adalah saat satu gelombang cahaya saling berdekatan dan mempunyai wavelength yang sama maka akan terjadi interferensi. Dan di sini akan dianalisa berapa jarak minimal agar lampu LED tidak berinterferensi satu sama lain.

## 2. Dasar Teori dan Perancangan

### 2.1. Gambaran Umum Sistem



Gambar 1 Blok Diagram Sistem

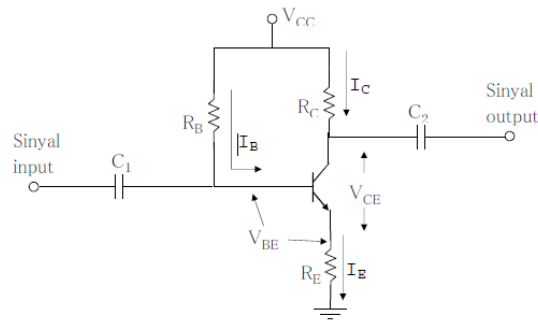
Dari blok diagram di atas pada dasarnya sistem terdiri dari 3 bagian, yaitu 2 transmitter dan 1 receiver, di sini salah satu transmitter nantinya akan berperan sebagai penginterferensi yang dimodulasi dengan sebuah informasi dan tanpa informasi apapun. Inti dari sistem ini yaitu sebuah aplikasi interface yang dibuat dengan software Visual Studio 2015, Personal Computer (PC), Power Supply 12V untuk transmitter, LED Interference dan perangkat transmitter untuk sistem VLC utama dan penginterferensi. Peran dari aplikasi interface ini adalah untuk memilih jenis pengiriman yaitu teks dan gambar, juga untuk memudahkan identifikasi bit-bit pengiriman. Lalu menggunakan PC sebagai media penghubung antara interface dan perangkat transmitter serta receiver VLC. Dari PC akan dihubungkan dengan USB ke DB9 Converter, baru setelah itu akan disambungkan dengan perangkat VLC melalui DB9 Connector. Dalam perangkat transmitter akan dilakukan komunikasi mengirim informasi secara broadcasting, dan receiver melalui phototransistor akan langsung menerimanya. Jarak yang akan diatur dalam sistem komunikasi ini adalah 40 cm saat pengujian dengan interferensi. Untuk catuan yang akan digunakan untuk sebuah sistem transmitter adalah 12V, sedangkan pada bagian receiver akan menggunakan catuan dari baterai sebesar 9V. Lalu kemudian akan dipakai juga penginterferensi dari sebuah LED yang akan dimodulasi dengan informasi dan tanpa informasi apapun, serta akan diatur dengan jarak dari 1-15 cm. Setelah itu akan diolah informasi yang diterima di blok receiver dengan aplikasi interface dan dibedakan berdasarkan teks yang akan dianalisa Character Error Rate (CER), lalu bit-bit pengiriman dari gambar dianalisa Bit Error Rate (BER).

### 2.2. Cara Kerja Transistor

Secara umum terdapat tiga macam variasi rangkaian transistor yang dikenal dengan istilah konfigurasi, yaitu konfigurasi basis bersama (common-base configuration), konfigurasi emitor bersama (common-emitter configuration), dan konfigurasi kolektor bersama (common-collector configuration). Yang akan lebih banyak dibahas di sini nantinya adalah transistor jenis BJT (Bipolar Junction Transistor). Pada umumnya komponen utama sebuah transistor adalah kanal-n dan kanal-p yang masing-masing bermuatan negatif dan positif. Pada BJT cara kerjanya adalah dengan layaknya seperti dioda, yang nantinya dialiri arus forward bias. Berikut adalah rangkaian penguat transistor yang akan digunakan

#### 2.2.1. Rangkaian Bias Tetap [4]

Pada rangkaian yang digunakan ini digunakan 3 resistor yaitu RC, RB, dan RE. yang diletakkan di kaki collector, basis, dan emitor.



Gambar 2 Rangkaian Bias Tetap

Dengan Hk. Kirchoff tentang tegangan yang diambil loop dari basis-emitor akan didapatkan persamaan berikut:

$$I_B \cdot R_B + V_{BE} + I_E \cdot R_E = V_{CC} \tag{2.1}$$

Karena adanya:

$$I_E = (\beta + 1)I_B \tag{2.2}$$

Maka:

$$I_B \cdot R_B + V_{BE} + ((\beta + 1)I_B \cdot R_E) = V_{CC} \tag{2.3}$$

$$I_B \cdot (R_B + (\beta + 1) \cdot R_E) + V_{BE} = V_{CC} \tag{2.4}$$

$$I_B \cdot (R_B + (\beta + 1) \cdot R_E) = V_{CC} - V_{BE} \tag{2.5}$$

Sehingga menjadi seperti berikut

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1) \cdot R_E} \tag{2.6}$$

Sedangkan pada loop 2 di bagian collector-emitor akan didapatkan persamaan berikut:

$$I_C \cdot R_C + V_{CE} + I_E \cdot R_E = V_{CC} \tag{2.7}$$

Karena  $I_E \approx I_C$  maka diperoleh persamaan akhirnya yaitu:

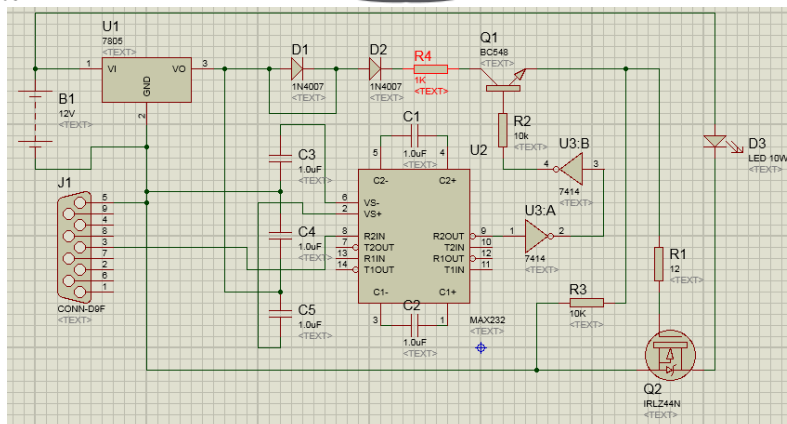
$$V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E) \tag{2.8}$$

Lalu untuk penguatan  $\beta$  dirumuskan sebagai berikut:

$$\beta = \frac{I_B}{I_C} \tag{2.9}$$

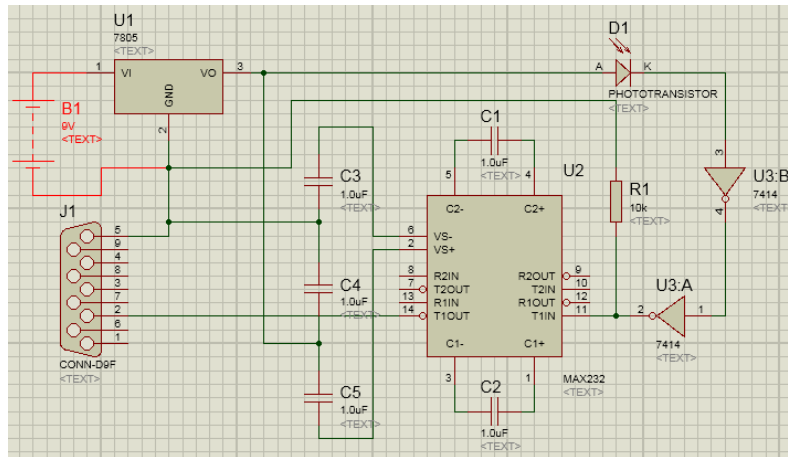
### 2.3. Desain Skematik Rangkaian Transmitter dan Receiver

#### 2.3.1. Transmitter



Gambar 3 Skematik Rangkaian Transmitter

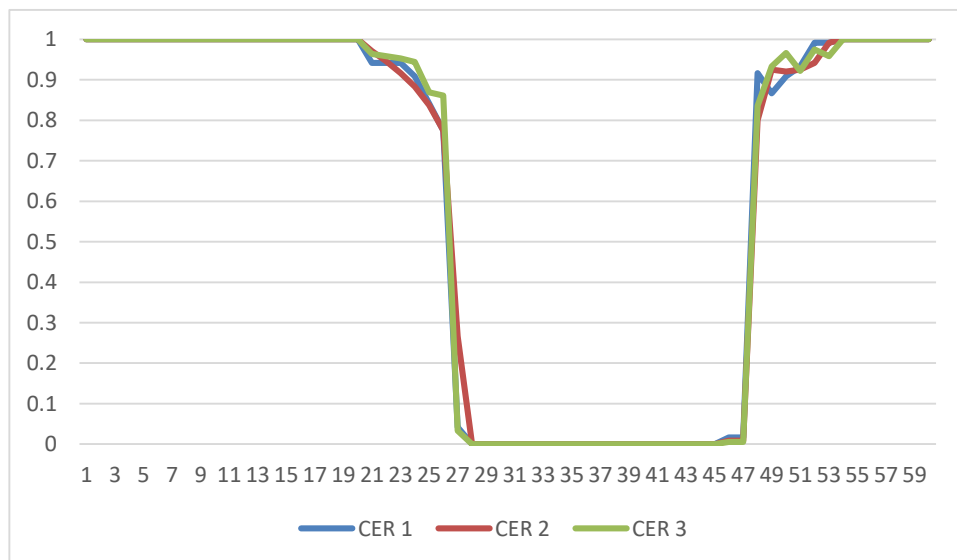
2.3.2. Receiver



Gambar 4 Skematik Rangkaian Receiver

3. Hasil Simulasi dan Analisis

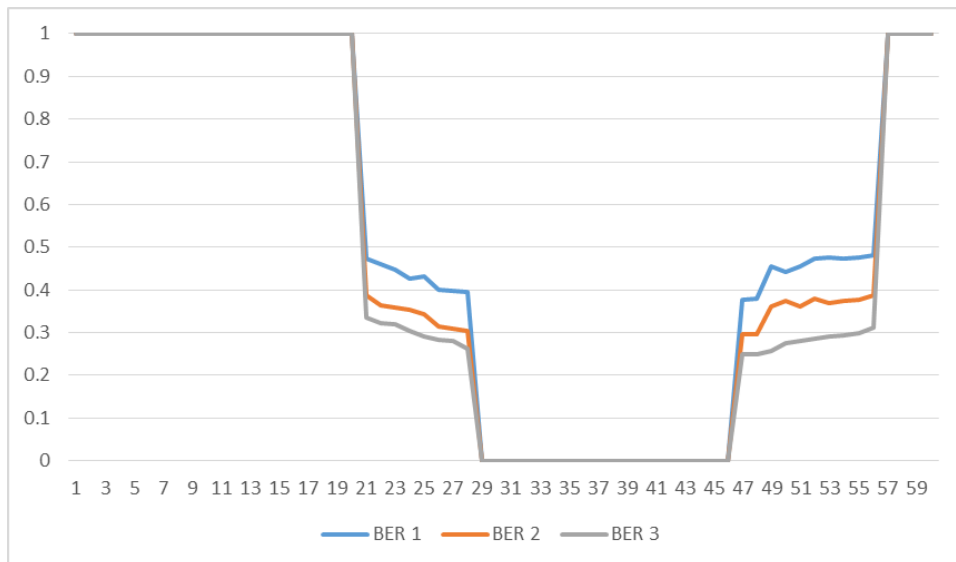
Pada percobaan VLC yang pertama yaitu dengan pengambilan data jarak dari 1-60cm dimana jarak minimal dan maksimal agar komunikasi bisa berjalan dengan lancar. Dan dihasilkan data seperti bisa dijelaskan dengan grafik berikut yang dianalisa dari segi Character Error Rate:



Gambar 5 Grafik CER dengan variabel jarak

Terlihat pada grafik bahwa dalam proses pengiriman mulai jarak 1-20cm informasi dalam bentuk teks sama sekali tidak tersampaikan karena bernilai CER 1, di sini informasi itu diterima namun dalam keadaan rusak. Jadi ada range jarak dimana informasi dengan CER yang menurun pada jarak 21cm, dan informasi mulai diterima dengan baik pada jarak 28-45cm. Kemudian CER mengalami kenaikan sampai pada jarak 54cm informasi tidak bisa terkirim lagi. Pada jarak dari 1-27cm informasi tidak bisa diterima dengan baik padahal masih berada dalam jangkauan daya pancar LED, karena phototransistor ini sendiri punya batas atas sinyal cahaya yang diterima. Saat pengujian dicoba bahwa pada jarak 28cm keluaran dari phototransistor adalah 0.8V. Dan ketika memasuki IC 74LS14, sinyal akan diubah menjadi TTL dan juga IC ini mempunyai threshold untuk menentukan nilai "0" atau "1". Baru ketika jarak berada pada 28- 45cm itu menjadi kondisi ideal phototransistor dan IC 74LS14 untuk mengolah sinyal menjadi dalam bentuk TTL kembali.

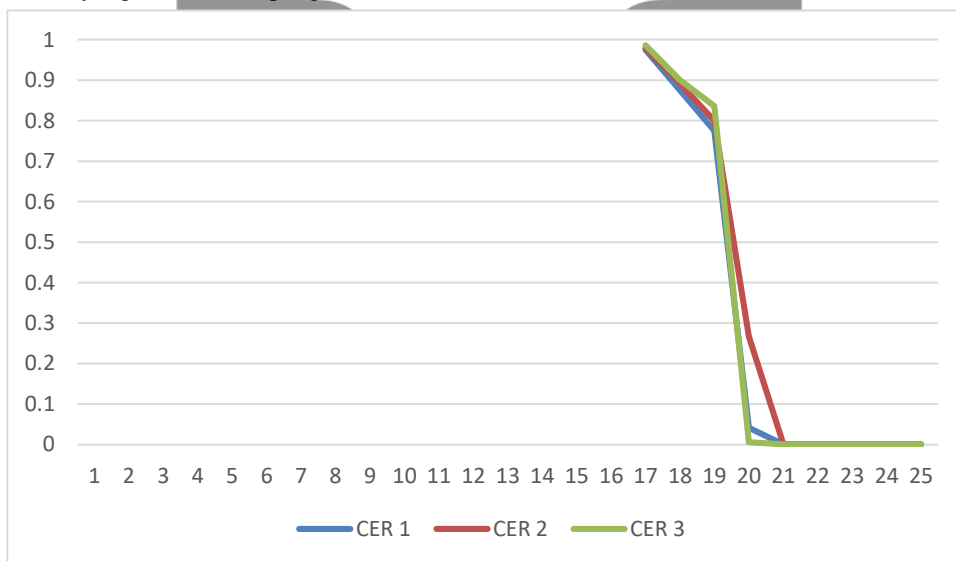
Kemudian dilanjutkan ketika dilakukan pengiriman gambar yang dianalisis Bit Error Rate (BER) seperti pada grafik berikut:



Gambar 6 Grafik BER dengan variabel jarak

Analisa pada tabel dan grafik BER terhadap variabel jarak ini dapat dilihat komunikasi dari jarak 1-28cm informasi masih belum bisa diterima dengan utuh. Jarak 29cm informasi baru bisa diterima sepenuhnya. Dan mulai jarak 46cm informasi mulai kurang bisa berjalan lancar kembali, puncaknya pada jarak 57cm bit-bit gambar itu sudah tidak bisa diterima kembali. Ini disebabkan tegangan yang dihasilkan oleh phototransistor sangat kecil sehingga IC 74LS14 tidak bisa mengolahnya menjadi tegangan TTL.

Lalu dilakukan pengiriman yang melibatkan penginterferensi diatur dari jarak 1-25cm namun tidak terdapat informasi yang dikirim dari penginterferensi. Kemudian dianalisa dari Character Error Rate (CER) seperti



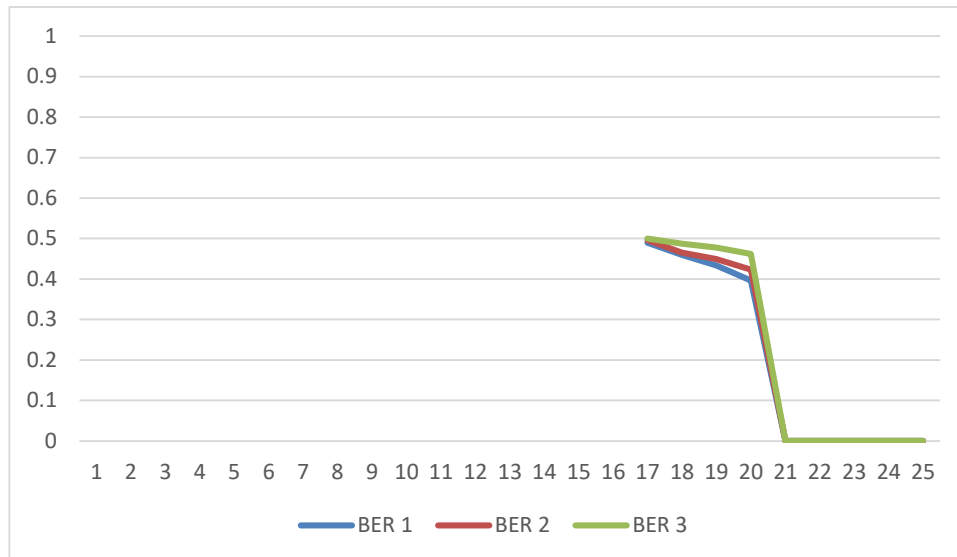
pada grafik berikut:

Gambar 7 Grafik CER interferensi cahaya tanpa informasi pada variabel jarak

Pada pengujian ini sumber cahaya lain menginterferensi sistem utama VLC. Hasilnya terlihat bahwa informasi baru bisa terkirim ke penerima setelah jarak sumber cahaya penginterferensi di 17cm, namun pada jarak itu juga informasi masih belum bisa terkirim dengan baik di penerima yaitu dengan nilai CER rata-rata 0.98. Karena pada sumber cahaya penginterferensi tidak mengirimkan informasi apapun, jadi dari sumber cahaya itu memberikan tegangan secara konstan ke photodetector sehingga ketika sistem utama VLC pada jarak yang ideal cahaya yang diterima oleh photodetector akan bertambah dan secara otomatis tegangan threshold dari photodetector akan terlewati. Pada akhirnya tegangan yang sampai di IC 74LS14 tidak bisa diolah untuk menjadi tegangan TTL. Ketika sampai pada jarak 17cm tegangan threshold di photodetector tidak terlewati namun cahaya dari sumber cahaya penginterferensi tetap mengganggu sistem utama VLC, karena tegangan dari transmitter sistem utama VLC akan ditambahkan dengan tegangan yang diterima dari sumber cahaya penginterferensi. Jadi, tegangan yang diolah di IC 74LS14 tidak seutuhnya diterima dari 1 transmitter. Ketika sudah memasuki jarak 20cm maka

sistem utama VLC akan bebas dari interferensi gangguan sumber cahaya dari LED 10W. Meskipun jenis emisi dari LED adalah emisi spontan yang berbeda dari LASER yang terstimulasi pada 1 titik, namun tetap semuanya tidak hanya berpengaruh pada bagian transmitter, photodetector juga bisa berpengaruh karena mempunyai sudut terima narrow angle dan masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan. Selain itu menurut teori interferensi dalam gelombang radio, bahwa gelombang yang dipancarkan di keadaan free space jika bertemu dengan gelombang dengan panjang gelombang yang sama akan saling berinterferensi. Maka dari itu ada beberapa factor yang bisa terjadi mengapa informasi yang dikirim tidak bisa secara utuh sampai di penerima.

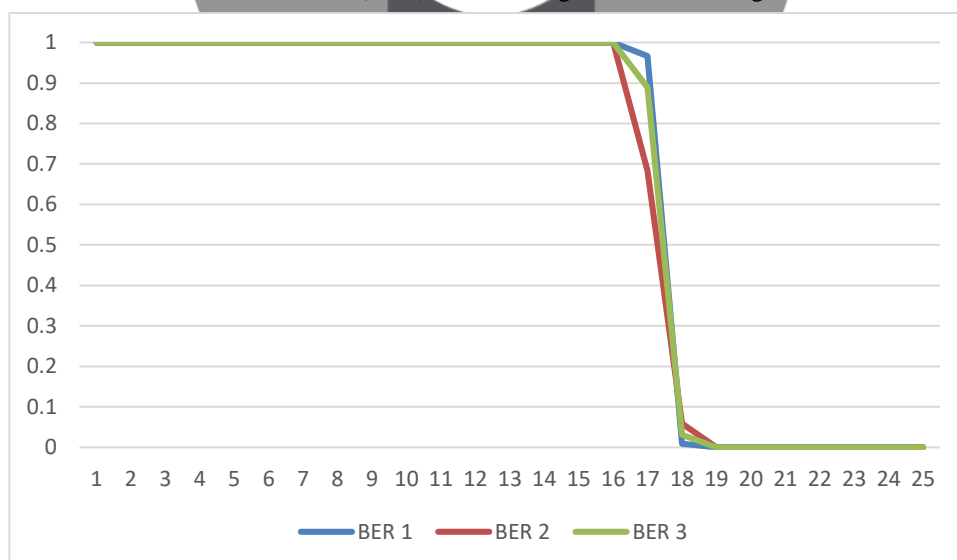
Dilanjutkan dengan pengiriman gambar yang dianalisa Bit Error Rate (BER) seperti pada grafik berikut:



Gambar 8 Grafik BER interferensi cahaya tanpa informasi pada variabel jarak

Pada grafik BER hampir sama dengan yang terjadi dengan CER, karena adanya interferensi dari cahaya yang diterima pada photodetector secara konstan. Informasi baru mulai bisa diterima pada jarak 17cm, dan rata-rata mempunyai BER sebesar 0.495. Pada jarak antara 1-16cm mengapa tidak ada yang diterima, karena bit biner yang seharusnya ada di keadaan "0" atau terbaca dalam kondisi LED mati dan tidak ada tegangan yang dihasilkan oleh photodetector, namun ternyata masih ada cahaya yang diterima dari sumber cahaya penginterferensi yang mengakibatkan photodetector akan tetap menghasilkan tegangan, itulah yang membuat informasi yang diterima di bagian receiver menjadi rusak.

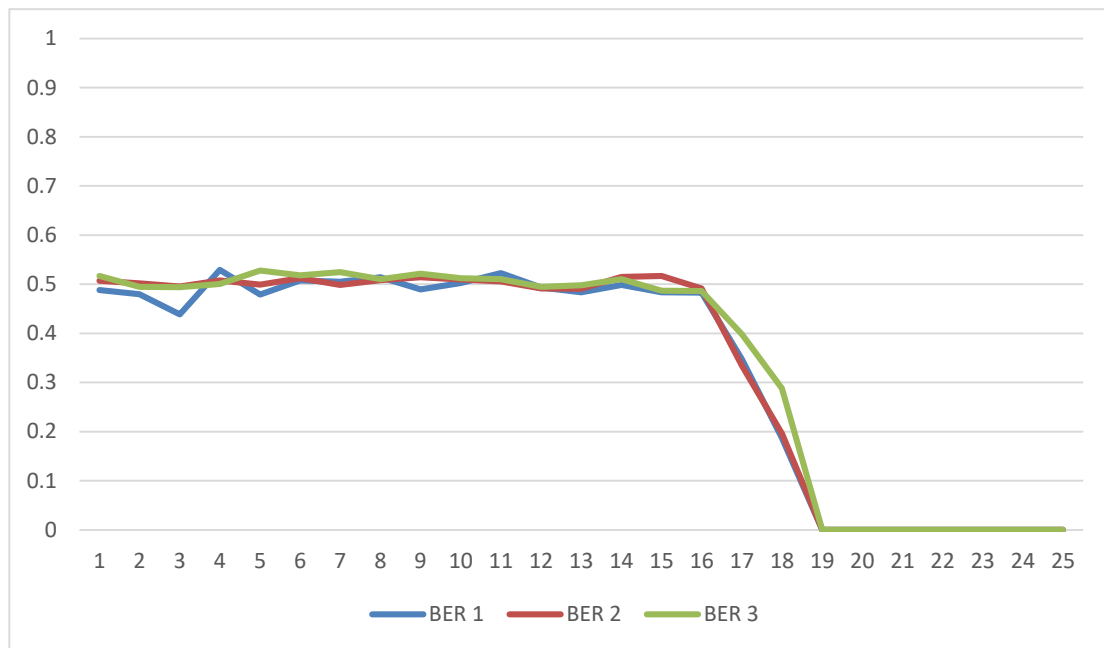
Kemudian ketika penginterferensi secara bersamaan dengan sistem utama mengirim informasi ke receiver, dan dianalisa Character Error Rate (CER) adalah sebagai berikut dalam grafik:



Gambar 9 Grafik CER interferensi cahaya berisi informasi pada variabel jarak

Pada grafik CER dengan sumber cahaya penginterferensi berisi informasi juga, dari pertama jarak sumber cahaya penginterferensi 1cm, informasi sudah bisa diterima namun dalam keadaan rusak dan tidak bisa terbaca sama sekali di penerima karena bernilai CER 1. Ini disebabkan 2 LED ini mempunyai panjang gelombang yang sama sehingga teori interferensi berlaku kembali. Ketika gelombang cahaya dari transmitter sistem utama VLC bertemu dengan gelombang cahaya penginterferensi maka informasi yang diterima pun akan terganggu dan tidak terkirim secara sempurna. Selain itu ketika 2 transmitter ini saling mengirimkan berbedanya dari ketika penginterferensi tidak mengirimkan apapun adalah karena sinyal cahaya yang dikirimkan pun akan berfluktuasi. Jadi ada satu ketika batas threshold dari photodetector tidak terlewati namun tegangan yang dihasilkan tidak sesuai dengan informasi yang dikirim dari transmitter sistem utama VLC. Pada jarak 17cm informasi yang dikirim mulai menurun CER dengan rata-rata 0.85. Dan pada jarak 19cm informasi mulai bisa terkirim dengan baik tanpa ada kecacatan.

Kemudian ketika sama-sama mengirim gambar adalah sebagai berikut Bit Error Rate dalam grafik:



Gambar 10 Grafik BER interferensi cahaya berisi informasi pada variabel jarak

Pada grafik BER ini informasi bisa terkirim ke penerima namun dalam keadaan rusak, yaitu dengan besaran BER rata-rata yang sama besar dari jarak 1-16cm di angka 0.5. Salah satu penyebabnya yaitu bahwa gelombang dengan frekuensi yang sama akan saling berinterferensi satu sama lain jika keduanya saling mengirimkan informasi di waktu yang bersamaan. Dan juga ada salah satu factor lain yaitu karena kedua transmitter sama-sama dalam keadaan mengirim dengan tegangan yang berfluktuasi sehingga saat informasi diterima oleh photodetector, tegangan yang dihasilkan akan berbeda. Ketika yang dikirim transmitter utama VLC bernilai bit "0" namun yang diterima photodetector bernilai "1" maka informasi yang diterima otomatis pasti rusak. Perbedaan dengan CER karena informasi yang dikirim ketika teks dan gambar sangat berbeda, fluktuasi sinyal cahaya yang dikirim lebih panjang juga menjadi salah satu factor mengapa akan sangat terlihat perbedaan dari nilai BER dan CER. Jika dilihat dari grafik CER lebih banyak di angka 1 sedangkan BER cenderung tidak stabil dan berada di nilai rata-rata 0.5.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan perancangan dan pengujian yang sudah dilakukan, dengan pengambilan data awal untuk dijadikan acuan dalam menentukan jarak maksimal data masih bisa dikirim hasilnya adalah data bisa terkirim di jarak antara 28-45cm. Ketika ditambahkan sumber cahaya lain sebagai penginterferensi tanpa informasi, jarak minimal agar tidak mengganggu sistem utama VLC adalah 20cm. Dan ketika sumber cahaya penginterferensi berisi informasi, jarak minimalnya adalah 18cm. Sumber cahaya dalam satu ruangan sangat mempengaruhi, karena photodetector akan mengolah apa saja sinyal cahaya yang masuk menjadi sinyal listrik, di sini akan terlihat banyak tidaknya noise. Sinyal cahaya dalam rangkaian transmitter ini sudah mencakup dalam suatu ruangan, dalam proses penerimaan secara digital dari rangkaian penerima IC 74LS14 belum maksimal dalam mengolah sinyal listrik keluaran dari photodetector. Interferensi pada sistem VLC ini diakibatkan sinyal cahaya yang diterima tidak hanya dari sumber cahaya transmitter. Dalam sistem VLC ini untuk meminimalisir interferensi yang terjadi dapat digunakan photodetector dengan sudut penerima narrow-angle. Untuk penelitian lebih lanjut dan untuk bisa lebih teimplementasikan bisa digunakan amplifiier pada penerima sehingga jarak penerima akan lebih jauh.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] A. Sharma, S. Bajaj, dan S. Ahlawat. "Visible Light Communication". International Journal of Science and Research Vol 4 Issue 7, July 2015.
- [2] Shubham Rastogi. "Li-Fi: A 5G Visible Data Communication". International Journal of Science and Research. Vol 5 Issue 9, September 2016
- [3] Harald Haas. "High-speed wireless networking using visible light". University of Edinburgh. DOI: 10.1117/2.1201304.004773
- [4] Surjono, Herman Dwi. Elektronika Analog. Indonesia: Tim Cerdas Ulet Kreatif. 2011

