

Perancangan Modulator pada *Li-Fi Converter* untuk Kebutuhan *Entertainment* menggunakan Layanan Musik Digital

1st Sabrina Devitasari
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom

Bandung, Indonesia
sabrinedevitasari@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Akhmad Hambali
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom

Bandung, Indonesia
ahambali@telkomuniversity.ac.id

3rd M. Irfan Maulana
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom

Bandung, Indonesia
muhammadirfanm@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Kemajuan teknologi komunikasi nirkabel telah mendorong perkembangan teknologi *Light Fidelity*, yang menggunakan cahaya tampak untuk mentransmisikan data secara *real-time*. Modulator atau pemancar merupakan komponen krusial dalam sistem *Light Fidelity* yang berfungsi untuk mengubah sinyal audio menjadi sinyal cahaya yang dimodulasi. Studi ini mengkaji desain, implementasi, serta pengujian modulator pada sistem *Light Fidelity* yang digunakan untuk kebutuhan hiburan, khususnya pada *streaming* musik digital. Modulator ini menggunakan *Light Emitting Diode* sebagai sumber cahaya yang dimodulasi dengan kecepatan tinggi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem modulator mampu mentransmisikan sinyal audio dengan kualitas yang baik tanpa penurunan signifikan hingga jarak 300 cm. Namun, terdapat tantangan terkait gangguan dari cahaya luar yang mempengaruhi performa transmisi dalam kondisi terang.

Kata kunci— *Light Fidelity*, *Light Emitting Diode*, *Real-Time*

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya permintaan terhadap komunikasi data yang lebih cepat dan efisien, berbagai teknologi komunikasi nirkabel terus berkembang. Salah satu inovasi yang menonjol adalah *Light Fidelity*, yang merupakan pengembangan dari *Visible Light Communication*. Teknologi ini memanfaatkan cahaya tampak sebagai media transmisi data, menjadikannya solusi potensial untuk berbagai aplikasi yang membutuhkan kecepatan tinggi, keamanan, dan reliabilitas. Salah satu aplikasi utama yang dapat dioptimalkan menggunakan *Light Fidelity* adalah hiburan berbasis digital, khususnya *streaming* musik, di mana kualitas transmisi data sangat mempengaruhi pengalaman pengguna.

Komponen utama dalam sistem *Light Fidelity* yang menentukan keberhasilan transmisi data adalah modulator atau pemancar. Modulator berfungsi untuk mengubah sinyal audio yang diperoleh dari perangkat sumber menjadi sinyal cahaya yang termodulasi, yang kemudian ditransmisikan melalui ruang. Komponen penting yang digunakan dalam modulator adalah *Light Emitting Diode*, yang memiliki kemampuan untuk berkedip pada kecepatan sangat tinggi, sehingga memungkinkan modulasi sinyal pada frekuensi

yang dibutuhkan. Kajian ini difokuskan pada desain, implementasi, serta evaluasi kinerja modulator dalam sistem *Light Fidelity* yang dikembangkan untuk aplikasi *streaming* musik digital.

II. KAJIAN TEORI

Pada kajian teori ini akan teori yang berkaitan dengan variabel-variabel penelitian. Pada bagian ini dijelaskan mengenai *Visible Light Communication* dan *Amplitude Modulation*.

A. Visible Light Communication

Visible Light Communication merupakan landasan ilmiah dari pengembangan teknologi *Light Fidelity*, di mana komunikasi data dilakukan melalui modulasi cahaya tampak yang dipancarkan oleh sumber cahaya, seperti *Light Emitting Diode*. Pada prinsipnya, *Visible Light Communication* memanfaatkan spektrum cahaya tampak (400–700 nm) sebagai medium transmisi data, yang berbeda dengan teknologi konvensional berbasis gelombang radio (RF). Cahaya tampak memiliki beberapa keunggulan, seperti kecepatan transmisi yang tinggi, keamanan yang lebih baik, serta resistensi terhadap interferensi elektromagnetik, yang menjadikannya ideal untuk aplikasi komunikasi berkecepatan tinggi dan sensitif terhadap gangguan. Dalam konteks sistem *Light Fidelity* yang digunakan untuk *streaming* musik digital, teori *Visible Light Communication* menjelaskan bagaimana intensitas cahaya dari *Light Emitting Diode* dapat dimodulasi secara cepat sesuai dengan sinyal audio yang dikirim. Cahaya tampak yang dihasilkan oleh *Light Emitting Diode* dipancarkan dalam pola *on-off* yang sangat cepat, yang tidak terlihat oleh mata manusia, tetapi mampu membawa informasi dalam bentuk digital. Modulasi ini dilakukan melalui perubahan intensitas cahaya sesuai dengan sinyal yang diperoleh dari sumber audio.[1]

B. Amplitude Modulation

Modulasi adalah proses dalam komunikasi nirkabel, termasuk pada teknologi *Light Fidelity*. *Amplitude Modulation* adalah teknik dasar yang digunakan untuk

menyandikan sinyal informasi (sinyal audio) ke dalam sinyal pembawa (intensitas cahaya). Dalam *Amplitude Modulation*, intensitas cahaya yang dipancarkan oleh *Light Emitting Diode* diubah-ubah sesuai dengan amplitudo sinyal audio, sehingga memungkinkan *transfer* informasi secara optik. Pada sisi penerima, proses demodulasi dilakukan untuk mengembalikan sinyal asli dari sinyal pembawa yang telah dimodulasi. Pada sistem *Light Fidelity*, sinyal cahaya yang diterima oleh *solar cell* dikonversi kembali menjadi sinyal listrik, yang kemudian diproses lebih lanjut untuk menghasilkan kembali sinyal audio asli. Teori ini esensial dalam memahami proses pengiriman dan penerimaan sinyal dalam komunikasi optik.[2]

III. METODE

Dalam melakukan perancangan modulator terdapat tiga metode penelitian yang digunakan yaitu kuantitatif (spesifikasi komponen), kualitatif (studi pustaka), dan skenario pengujian.

A. Konektor Audio

Konektor Audio memiliki peran penting sebagai penghubung perangkat sumber audio seperti *smartphone* dan komputer dengan rangkaian modulator. Dalam perancangan sistem ini, dipilih konektor audio dengan ukuran *socket* 3.5 mm dan jenis *Tip-Ring-Sleeve* yang dikenal karena kemampuannya dalam mentransmisikan sinyal audio dengan kualitas tinggi. Konektor ini memiliki bandwidth yang mencakup rentang frekuensi dari 20 Hz hingga 20 kHz, memastikan bahwa seluruh spektrum audio dari sinyal yang diterima dapat diproses secara efektif tanpa kehilangan kualitas.

B. Kabel

Kabel yang digunakan dalam sistem ini memiliki spesifikasi *output minimum* sebesar 2.4 A, yang memastikan pasokan daya yang cukup untuk perangkat yang terhubung. Selain itu, kabel ini dirancang untuk fleksibilitas tinggi, memudahkan instalasi dan pengaturan tanpa risiko kerusakan pada kabel.

C. Light Emitting Diode

Light-emitting Diode yang digunakan dalam sistem ini memiliki tegangan sebesar 3 V dengan arus maksimum 30 mA yang memadai untuk kebutuhan pencahayaan. *Light-emitting Diode* ini memiliki jangkauan sinyal hingga 450 cm, memungkinkan transmisi sinyal yang efektif dalam jarak tersebut. Selain itu, *Light-emitting Diode* ini memiliki sudut pandang lebar yaitu 90° yang meningkatkan cakupan dan efisiensi distribusi cahaya.

D. Resistor

Resistor yang dipilih memiliki nilai resistansi sebesar 100 Ω , dengan kapasitas daya yang dapat disesuaikan, yaitu 0.25 watt atau 0.5 watt, tergantung pada kebutuhan aplikasi. Toleransi resistor ini sebesar $\pm 5\%$, yang menjamin kestabilan dan keakuratan dalam pengaturan arus listrik dalam rangkaian.

E. Studi Pustaka

Studi pustaka yang digunakan dalam topik jurnal ini mencakup kajian mendalam tentang prinsip dasar dan

aplikasi teknologi *Light Fidelity* dengan fokus khusus pada sistem transmisi cahaya *Light Emitting Diode* dan konversi sinyal audio. Referensi mencakup literatur yang membahas teori optik dan fotonik, performa, *Light Emitting Diode* dalam transmisi data, serta teknik modulator yang efektif untuk sinyal audio. Selain itu, studi pustaka juga mencakup penelitian sebelumnya yang mengevaluasi berbagai parameter seperti jarak transmisi, sudut pandang *Light Emitting Diode*, dan pengaruh kondisi lingkungan terhadap kualitas sinyal. Kajian ini penting untuk memahami dasar-dasar teknis dan perkembangan terkini yang mendukung desain dan pengujian sistem yang diteliti dalam jurnal ini.

F. Skenario Pengujian

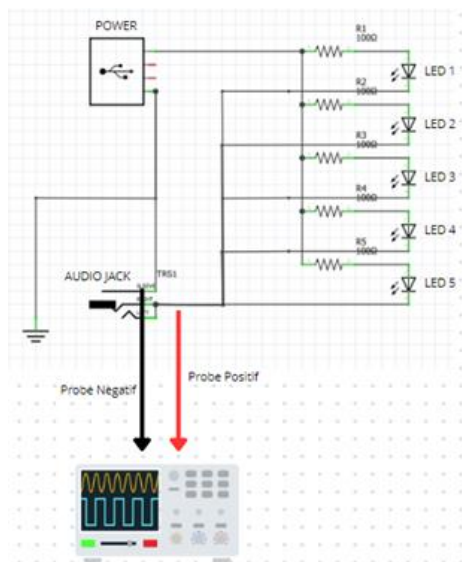
Pengujian pada bagian modulator difokuskan untuk mengevaluasi efektivitas konversi sinyal cahaya *Light Emitting Diode* menjadi sinyal audio pada berbagai jarak. Proses ini melibatkan pengukuran keluaran sinyal output dengan menggunakan osiloskop untuk memantau kinerja modulator dalam mentransmisikan sinyal cahaya dari *Light Emitting Diode* ke sinyal audio yang diterima oleh speaker. Pengujian dilakukan pada dua titik utama yaitu pada modulator untuk menilai kualitas konversi sinyal cahaya yang dipancarkan oleh *Light Emitting Diode*, dan pada demodulator untuk mengukur sejauh mana sinyal audio yang dikirim dapat diterima dengan jelas. Sinyal generator digunakan untuk menyediakan sinyal dengan frekuensi 70 Hz yang dikendalikan secara presisi, memastikan bahwa modulator dapat berfungsi sesuai dengan parameter yang ditetapkan dalam berbagai jarak. Selain itu, pengujian dilakukan dalam kondisi ruangan terang dan gelap untuk menilai pengaruh kondisi pencahayaan terhadap performa modulator.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil dan pembahasan ini dijelaskan mengenai pengujian pada modulator serta pembahasan mengenai analisis hasil pengujian.

A. Pengujian pada Modulator

Dalam pengujian jarak ini, proses dimulai dengan menguji titik pertama yang terletak pada sisi modulator. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa frekuensi yang dihasilkan oleh modulator sesuai dengan frekuensi yang dikeluarkan oleh sinyal generator. Pengujian dilakukan dengan menggunakan osiloskop untuk visualisasi sinyal dan pengukuran frekuensi. Osiloskop memungkinkan untuk melihat bentuk gelombang sinyal secara *real-time* dan memverifikasi frekuensi sinyal dengan akurat.



GAMBAR 1
Pengujian pada Modulator

B. Implementasi Pengujian pada modulator

Pada pengujian ini memanfaatkan sebuah sinyal generator sebagai perangkat utama untuk menghasilkan sinyal yang diperlukan sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan dari pengujian yang sedang dilakukan. Sinyal generator ini merupakan alat yang sangat penting dalam eksperimen ini karena mampu menyediakan sinyal dengan frekuensi dan bentuk gelombang yang dapat diatur sesuai dengan parameter yang diinginkan. Dalam pelaksanaan pengujian, sinyal generator akan diatur untuk memproduksi sinyal dengan frekuensi 70 Hz secara akurat dan konsisten, memastikan bahwa sinyal yang dihasilkan sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan.

TABEL 1

Frekuensi	Vmax	Vmin
70,4 Hz	52 mV	-51,2 mV

Tabel 1 merupakan hasil pengukuran frekuensi dan tegangan yang dilakukan pada modulator. Berdasarkan pengukuran yang dilakukan, frekuensi yang terdeteksi pada transmitter adalah 70,4 Hz, sedangkan sinyal awal yang dikirim oleh sinyal generator adalah 70 Hz. Perbedaan frekuensi yang terukur, yaitu 70,4 Hz, dibandingkan dengan frekuensi sinyal awal sebesar 70 Hz, menunjukkan adanya pergeseran frekuensi sebesar 0,4 Hz. Walaupun terdapat pergeseran kecil, nilai ini tergolong rendah dan menunjukkan bahwa sinyal yang diterima oleh transmitter tidak mengalami interferensi atau distorsi yang signifikan. Kecilnya pergeseran frekuensi ini menunjukkan bahwa transmitter berfungsi dengan baik dalam mentransmisikan sinyal dari

sinyal generator dengan akurasi yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa transmitter mampu menjaga integritas sinyal dengan sangat baik, dan perbedaan frekuensi yang terdeteksi lebih mungkin disebabkan oleh faktor minor seperti toleransi alat atau variasi kecil dalam proses pengukuran. Selain itu, hasil pengukuran ini menunjukkan bahwa sistem transmisi beroperasi dalam kondisi optimal tanpa gangguan besar yang mempengaruhi kualitas sinyal.

V. KESIMPULAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa modulator mampu mentransmisikan sinyal audio dengan kualitas yang baik pada jarak hingga 300 cm dalam kondisi pencahayaan yang terkontrol. Namun, ketika pengujian dilakukan dalam kondisi ruang yang terang dengan adanya cahaya ambien yang tinggi, terjadi sedikit gangguan dalam bentuk *noise*. Hal ini disebabkan oleh interferensi cahaya luar yang mengganggu modulasi sinyal cahaya dari *Light Emitting Diode*. Pada jarak dekat (kurang dari 100 cm), sistem modulator beroperasi dengan sangat baik, dengan tingkat distorsi sinyal yang minimal. Namun, pada jarak yang lebih jauh (lebih dari 200 cm), terjadi penurunan intensitas sinyal yang diterima oleh panel surya, sehingga kualitas audio yang diputar mengalami sedikit penurunan. Meski begitu, modulator tetap mampu menjaga integritas sinyal audio secara keseluruhan, dan gangguan yang terjadi dapat diminimalkan dengan penyesuaian intensitas *Light Emitting Diode* atau penggunaan filter optik pada penerima.

REFERENSI

- [1] M. Y. Soh, W. Xian Ng, Q. Zou, D. Lee, T. H. Teo, and K. Seng Yeo, "Real-Time Audio Transmission Using Visible Light Communication," in *TENCON 2018 - 2018 IEEE Region 10 Conference*, IEEE, Oct. 2018, pp. 2223–2226. doi: 10.1109/TENCON.2018.8650145.
- [2] S. S, R. B, P. L, S. S, S. M, and V. V, "Audio Transmission using Visible Light Communication and Li-Fi Technology," in *2021 6th International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)*, IEEE, Jan. 2021, pp. 19–24. doi: 10.1109/ICICT50816.2021.9358638.