

# Sistem Komunikasi Downlink Menggunakan Lampu Penerangan LED dan Manchester Coding Untuk Aplikasi Akses Informasi Buku Di Perpustakaan

Eril Mozef<sup>1</sup>, Rahmawati Hasanah<sup>2</sup>, Mina Naidah Gani<sup>3</sup>, Dennis Ramadiansyah Azis<sup>4</sup>,  
Andaliyanto Wibowo<sup>5</sup>

Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012.

erilmozef@yahoo.com<sup>1</sup>, rahmawati@polban.ac.id<sup>2</sup>, dinagani@yahoo.com<sup>3</sup>, dddra995@gmail.com<sup>4</sup>,  
andaliyantow@gmail.com<sup>5</sup>

**Abstrak** - Teknologi komunikasi cahaya tampak dengan menggunakan LED memiliki kekurangan dalam hal jarak jangkauan, komunikasi yang masih satu arah serta kecepatan yang belum tinggi. Sistem komunikasi cahaya tampak menggunakan lampu penerangan LED diusulkan untuk mengatasi kekurangan tersebut. Sistem ini dibagi menjadi 2 bagian, yaitu bagian downlink dan uplink. Pada bagian downlink, lampu penerangan LED digunakan untuk meningkatkan daya pancar sehingga meningkatkan jarak jangkauan. Pada bagian uplink, inframerah digunakan untuk menghasilkan komunikasi duplex. Sistem komunikasi downlink dibahas pada paper ini, sedangkan sistem komunikasi uplink dibahas terpisah. Sistem komunikasi downlink terdiri atas bagian pengirim dan penerima. Pada bagian pengirim, sistem ini terdiri dari enkoder Manchester Coding, modulator OOK, serta lampu penerangan LED. Sedangkan pada bagian penerima, sistem ini terdiri dari sensor penerima cahaya, demodulator OOK serta dekoder. Sistem komunikasi downlink telah berhasil direalisasikan dengan hasil baud rate sebesar 600 Baud serta jarak terima optimal pada 3-3,5 meter. Integrasi keseluruhan sistem pun berhasil direalisasikan pada sistem akses informasi buku di perpustakaan, dengan hasil delay pencarian 1-3 detik saat melakukan penyaringan informasi buku.

**Kata kunci:** Akses Informasi Perpustakaan, Komunikasi Cahaya Tampak, Komunikasi Duplex, Lampu Penerangan LED, Manchester Coding.

## 1. PENDAHULUAN

Energi cahaya lampu saat ini tak hanya digunakan sebagai sarana penerangan namun juga dapat digunakan untuk mengirimkan data. Data dapat dikirimkan melalui proses pengontrolan kedipan lampu. Hal ini tidak mengganggu cahaya tampak yang kita nikmati karena kelemahan mata manusia tidak mampu membedakan kedipan di atas 50 Hz. Teknologi ini akan mereduksi secara signifikan jumlah hotspot/access point yang berada dalam gedung yang pada akhirnya berdampak pada penghematan energi juga. Selain itu, tingkat keamanan akan meningkat karena akses hanya dapat dilakukan secara lokal atau di area yang terkena cahaya.

Solusi teknologi yang menjadikan cahaya lampu sebagai media komunikasi data dikenal dengan istilah Li-Fi (Light Fidelity) yang menjanjikan kecepatan 100 kali WiFi. Namun teknologi ini belum sampai ke masyarakat saat ini [1]. Beberapa realisasi saat ini yang ada adalah pembuatan komunikasi cahaya tampak atau VLC (*Visible Light Communication*) dengan menggunakan LED sebagai pengirim [2] dan realisasi berupa prototipe yang masih perlu dikembangkan [3]. Kelemahannya adalah jarak jangkauannya yang masih sangat pendek untuk komunikasi lokal dikarenakan masih menggunakan LED biasa juga komunikasi masih dilakukan secara simplex.

Untuk mengatasi masalah tersebut, pada penelitian ini komunikasi cahaya tampak dicoba direalisasikan menggunakan lampu penerangan LED pada sisi *downlink* yang disuplai 220 V AC

agar daya yang terkirim cukup besar dan memperbesar jangkauannya, serta dengan menggunakan *Manchester Coding* sebagai cara pengkodeannya untuk mendapatkan informasi yang dikirim. Dan pada sisi *uplink* menggunakan LED inframerah dengan protokol pengiriman *Pulse distance coding* untuk melakukan permintaan seperti transaksi atau fitur lainnya [4].

Gambaran untuk sistem dapat dilihat pada Gambar 1. Dalam sistem ini terdapat dua perangkat, yaitu perangkat pada sisi pengguna yang disebut modul *master*, dan perangkat pada langit-langit yang disebut modul *slave*. Modul *master* pertama-tama akan melakukan permintaan pengiriman data melalui media cahaya inframerah dengan melakukan komunikasi *uplink* dari *master* ke *slave*, lalu informasi yang diinginkan oleh pengguna di kirimkan melalui komunikasi *downlink* menggunakan cahaya tampak dari *slave* ke *master* dan nantinya informasi akan di sajikan ke pengguna sesuai dengan apa yang di minta.



Gambar 1. Ilustrasi sistem

Sistem ini cocok untuk akses informasi yang bersifat lokal, maka dari itu untuk melakukan validasi terhadap sistem ini maka dibuat sistem lokal yang menjadi aplikasi dari sistem. Dalam hal aplikasi dipilih perpustakaan karena dalam praktiknya sistem perpustakaan konvensional yaitu dengan membuka katalog buku terlebih dahulu untuk mencari ketersediaan buku. Sistem ini dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian *downlink* yang akan dibahas pada paper ini dan bagian *uplink* yang dibahas dalam [6]. Sistem bagian *downlink* bertugas mengirimkan informasi dari memori ke pengguna, sementara bagian *uplink* bertugas mengirimkan permintaan dari pengguna.

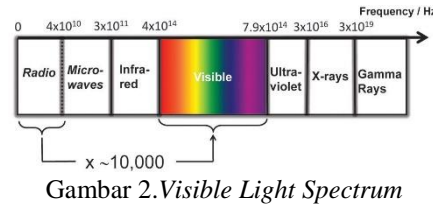
Tabel 1. Tabel Perbandingan Karya-Karya Terkait

	S.Ambady [3]	F.H.Nurrahman [2]	F.B. Aska [5]	Sistem yang diusulkan
<b>Sumber Cahaya</b>	LED Array	LED Array	LED	Lampu Penerangan LED ( <i>Downlink</i> ) & IR ( <i>Uplink</i> )
<b>Bit rate (kbit/s)</b>	1,2	100	100	1000 ( <i>Downlink</i> ) 600 ( <i>Uplink</i> )
<b>Jarak (meter)</b>	2,3	1	2	4,5
<b>Komunikasi</b>	Simplex	Simplex	Simplex	<i>Duplex</i>
<b>Aplikasi</b>	Audio & Teks	Teks	Teks	Teks
<b>Coding</b>	-	-	-	<i>Manchester Coding (Downlink)</i> <i>Pulse distance coding (Uplink)</i>

Terdapat beberapa sumber yang telah melakukan penelitian atau percobaan mengenai komunikasi melalui cahaya tampak atau VLC, seperti yang tertera pada Tabel 1. Pada laporan [3] membuktikan bahwa VLC mampu mencapai kecepatan 1,2 kbit/s pada jarak 2,3 meter menggunakan LED array sebagai pengirim dan photodiode sebagai penerima. Pada proses percobaan disebutkan dapat dilakukan pengiriman teks dan audio, tetapi pada audio masih terdapat masalah yang diduga terdapat pada bagian ADC dari sistem. Pada jurnal [5] juga telah melakukan implementasi VLC yang serupa sebagai prototipe pengirim data digital, di mana prototipe tersebut mampu mengirimkan data pada jarak 2 meter dengan kecepatan hingga 100

kbit/s. Tetapi pada jurnal ini tidak terdapat pembahasan lebih lanjut yang membuat VLC pada sistem ini lebih baik dari [3].

Dalam perancangan sebuah media komunikasi menggunakan cahaya tampak, perlu diketahui posisi kerja dalam spektrum yang akan digunakan.

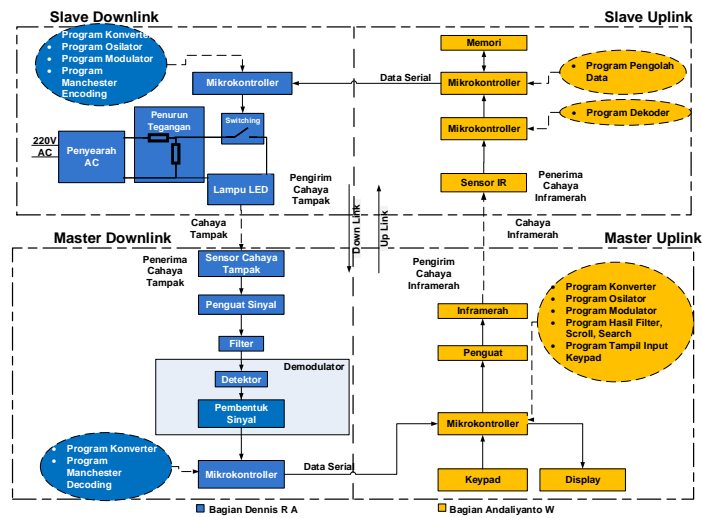


Gambar 2 menunjukkan bahwa *visible light spectrum* berada pada frekuensi yang cukup tinggi. Pada keadaan nyata, yang bekerja pada spektrum cahaya tampak bukan hanya penggunaan cahaya dari LED putih namun terdapat cahaya lain yang masuk ke spektrum cahaya tampak, yaitu cahaya matahari.

**2. Metoda Penelitian**

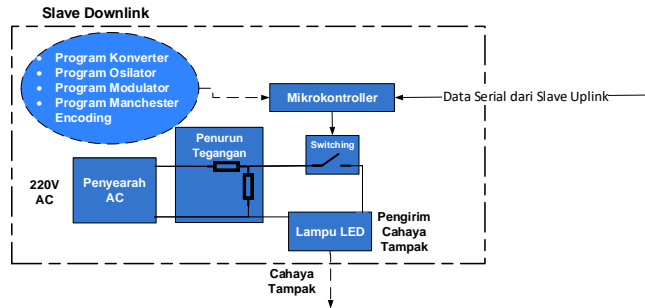
**2.1 Perancangan Diagram Blok**

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa untuk blok diagram sistem keseluruhan terdapat 4 bagian sub sistem. Bagian pengirim cahaya tampak yang terdiri dari modulator, enkoder dan switching yang diatur oleh mikrokontroller dan akan mengirimkan informasi atau bit yang dikirim melalui cahaya tampak. Bagian kedua merupakan penerima cahaya tampak di bagian Master yang akan menangkap sinyal cahaya yang dipancarkan dan mengolahnya melalui penguatan, dan mengubahnya kembali ke bentuk bit digital untuk melakukan proses *decoding*, dan informasi dapat di tampilkan dan di baca oleh pengguna.



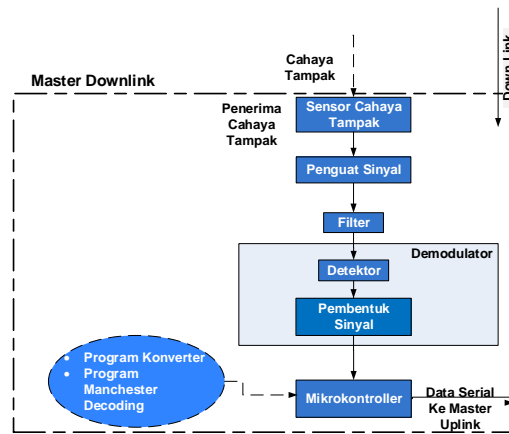
Gambar 1. Blok diagram sistem keseluruhan

Adapun untuk 2 bagian lainnya merupakan bagian *uplink* data yang terdiri dari pengirim dan penerima cahaya inframerah. Bagian tersebut akan melakukan pengontrolan dan pengolahan data yang diambil dari memori juga melakukan perancangan untuk *user interface*.



Gambar 2. Blok diagram *slave downlink*

Sistem downlink dibagi menjadi 2 bagian yaitu *master downlink* dan *slave downlink* (Gambar 4). Bagian *master downlink* merupakan bagian pengirim. Pada bagian ini, input berasal dari memori yang memuat informasi yang akan ditampilkan dalam suatu ruangan. Lalu input dari memori diolah mikrokontroler agar data siap untuk dikirimkan, baik melalui proses encoding ataupun modulasi. Kemudian keluaran dari mikrokontroler menjadi input bagi LED driver untuk lampu LED melakukan kedipan, yang dipastikan kedipan tersebut sangat cepat, yakni lebih dari 50 Hz. Proses ini pada penerima akan terus melakukan *looping* dan akan menyebarkan data ke penerima yang memasuki jangkauan pencahayaan lampu LED.



Gambar 3. Blok diagram *master downlink*

Disisi penerima sensor penerima cahaya disiapkan untuk menangkap kedipan yang berasal dari lampu LED. Sehingga komponen yang diisi pada blok ini diharapkan responsnya terhadap spektrum dari lampu cukup sensitif sehingga mampu untuk menangkap data rate yang cukup tinggi pula. Sinyal yang diterima oleh sensor dikuatkan untuk mendapatkan nilai yang dapat terbaca oleh kontroller. Sinyal-sinyal yang masuk melalui detektor cahaya pasti akan menangkap cahaya lain juga seperti cahaya matahari ataupun dari sumber cahaya lain, hal-hal seperti itu akan dianggap *noise* bagi sistem ini sehingga dibutuhkan filter untuk mengurai data yang dikirim oleh pengirim. Setelah data cukup layak untuk diolah maka tahap selanjutnya adalah pengolahan pada mikrokontroler sisi penerima, di mana terjadi proses *decoding*, serta demodulasi yang sebelumnya dilakukan oleh pengirim agar data yang diterima dapat diolah dan ditampilkan. Skema proses penerimaan informasi ini dapat dilihat pada Gambar 5.

### 2.2. Perancangan Skema dan Realisasi *Slave Downlink*

Blok pengirim bagian *slave* secara umum dirancang agar data serial yang diterima dapat diteruskan dengan melalui proses mengkodekan dan modulasi. Data tersebut digunakan untuk melakukan proses *switching* pada lampu sehingga bit “1” dan “0” dapat diwakilkan oleh kedipan lampu, yang nantinya diproses pada bagian penerima di bagian Master. Lampu penerangan LED yang berfungsi sebagai alat penerangan ruangan akan dimodifikasi sehingga jalurnya pada rangkaian dalam lampu akan diputus agar dapat dikendalikan kedipannya untuk mengirim bit.

Karena sumber dari lampu penerangan LED merupakan sumber listrik 220VAC maka daya yang dipancarkan akan cukup besar, di atas 5 watt untuk lampu penerangan LED yang komersial untuk ruangan

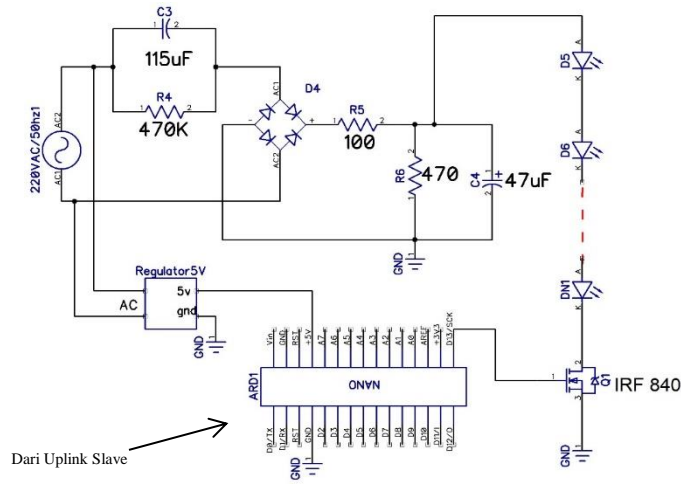


Gambar 4. Lampu penerangan LED

Tabel 2. Spesifikasi MOSFET IRF840

V <sub>Drain-Source</sub> Max	500 V
R <sub>Drain-Source(on)</sub>	0.85 Ω
I <sub>D</sub> Max	5.1 A

Lampu yang digunakan adalah dengan menggunakan lampu dengan merek *Richlock* atau *Semmy*. Hal itu dikarenakan pada produk tersebut LED dan regulatornya terpisah dan mudah untuk diintegrasikan dengan rangkaian *switching*. Tujuan dari *switching* lampu LED adalah untuk membuat lampu LED berkedip, dan kedipan tersebut mengirimkan informasi. Kecepatan kedipan harus lebih besar dari sensitivitas mata manusia atau di atas 50 Hz. Titik yang diputus untuk *switching* ada pada titik katoda LED yang terhubung ke ground langsung, mengingat tegangan kerja yang digunakan untuk aktivasi LED ada di area 220 V DC. *Switching* dilakukan menggunakan power MOSFET IRF840. berdasarkan spesifikasi pada Tabel 2, IRF840 dapat menangani tegangan hingga 500V yang cukup untuk sistem ini, juga pemilihan MOSFET IRF840 sebagai *switch* karena hambatan antar Drain juga Source saat ON yang kecil yang hampir menyerupai kondisi saklar ON yang sesungguhnya.



Gambar 5. Rangkaian switching lampu LED

Rangkaian *switch* IRF840 akan diaktifkan pada saat mikrokontroler memberikan output logika '1' IRF840 akan ada pada kondisi ON karena VGS>0 dan Drain – Source hambatannya mengecil dan akan menyalakan LED. Dan sebaliknya pada saat mikrokontroler memberikan output logika '0' VGS=0 dan kondisi IRF840 adalah OFF karena hambatan Drain - Source yang besar. Arduino Nano dipersiapkan untuk menerima data secara serial dari mikrokontroler bagian *uplink* yang mengolah memori dengan masukan program untuk konversi data ke bentuk biner lalu melakukan proses modulasi OOK serta proses *Manchester Coding*.

**2.3. Penentuan Frekuensi Carrier**

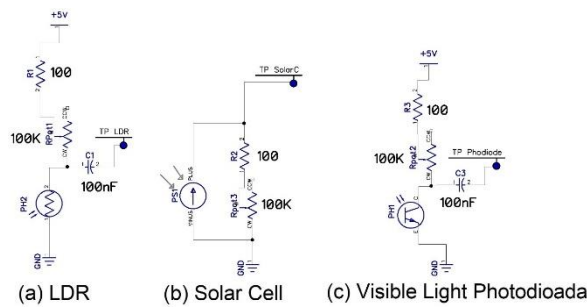
Penentuan frekuensi *carrier* sangat bergantung pada kemampuan sensor penerima untuk merespons cahaya yang masuk. Maka dari itu diperlukan pengujian untuk mendapatkan kemampuan dari penerima cahaya tersebut. Sensor yang akan digunakan dapat dilihat pada

Gambar 8, antara lain: Light Dependent Resistor (LDR), Solar Cell, dan Photodiode/Phototransistor.



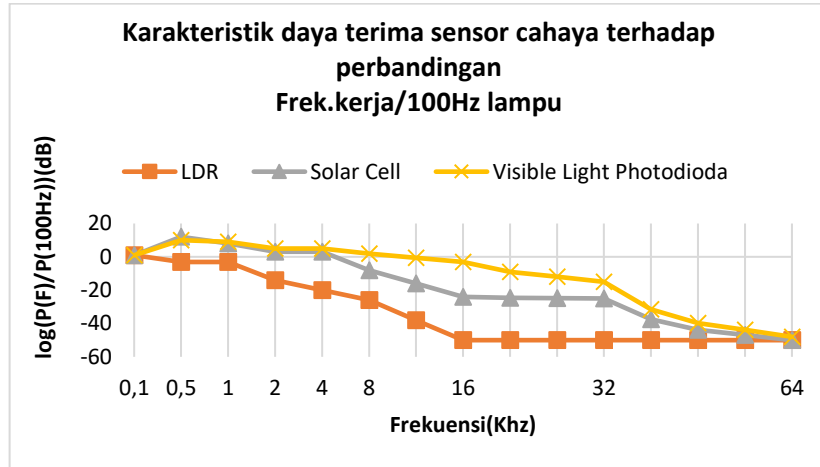
Gambar 6. Macam-macam sensor cahaya

Untuk pengujian kemampuan sensor cahaya digunakan rangkaian pada Gambar 9, untuk dan mengirim frekuensi dari lampu penerangan LED yang di kedipkan.



Gambar 7. Rangkaian pengujian sensor (a) LDR (b) Solar Cell (c) Visible Light Photodiode

Berdasarkan hasil pengukuran pada rangkaian di atas dengan melakukan perbandingan antar daya yang didapatkan antar frekuensi *carrier* dengan frekuensi *ripple* yang ada di 100 Hz pada jarak 30 cm didapatkan hasil pada lampiran tabel pengukuran dan disajikan pada Gambar 10.



Gambar 8. Kurva daya terima sensor cahaya

Ternyata pada frekuensi di atas 8 KHz photodiode yang digunakan sudah kalah dengan frekuensi 100 Hz dari lampu, apalagi dengan range frekuensi sedekat itu pasti akan berpengaruh pada saat pengolahan sinyal sehingga bila rasio frekuensi 100 Hz lebih besar akan menjadi noise. Maka dari itu dipilih frekuensi *carrier* yang cukup aman di 8 KHz walaupun komponen 100 Hz dari ripple lampu masih ada hal itu akan diatasi pada blok penerima, juga pada frekuensi ini kedepan lampu tidak akan terlihat oleh mata manusia dan sesuai dengan persyaratan awal untuk *switching* lampu LED ini.

**2.4. Perancangan Skema dan Realisasi Master Downlink**

Pada bagian ini perancangan dilakukan dengan sinyal dari pengirim yang telah termodulasi secara OOK dan sepenuhnya adalah penanganan sinyal analog agar bisa diolah menjadi sinyal digital yang akan diolah dekoder agar menjadi data yang siap digunakan dan ditampilkan ke pengguna. Berdasarkan grafik pengujian sensor pada Gambar 10 maka dipilih *visible light photodiode* sebagai penerima sinyal cahaya dari lampu penerangan LED untuk sistem ini. Skema rangkaian awal seperti pada Gambar 9 dengan penyesuaian nilai resistor untuk aktivasi photodiode, dan spesifikasi seperti pada tabel 3, maka nilai resistansi yang dipilih adalah

$$R = \frac{V}{I_{light}} = \frac{9}{80\mu A} = 112,5 K\Omega \tag{1}$$

Saat kondisi gelap maka idealnya  $V_r=0$ , tetapi dengan nilai R 112,5KΩ maka nilai tegangan saat gelap adalah:

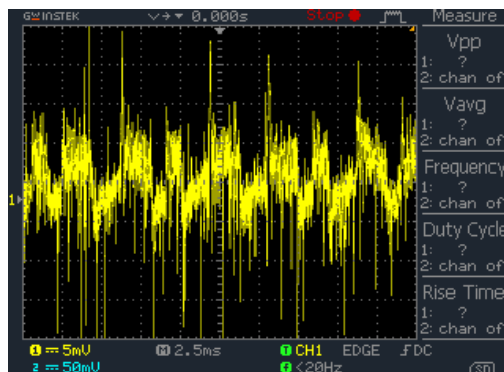
$$V = R * I_{light} = 112,5 * 0,01 = 0,00125 V \tag{2}$$

$$V_{pp} = 9 - 0,00125 = 8,99V \tag{3}$$

Tabel 3. Spesifikasi *visible light photodiode*

V <sub>max</sub>	10 V
I <sub>dark</sub>	0,01 μA
I <sub>light</sub>	80 μA
Peak Wavelength	880 nm

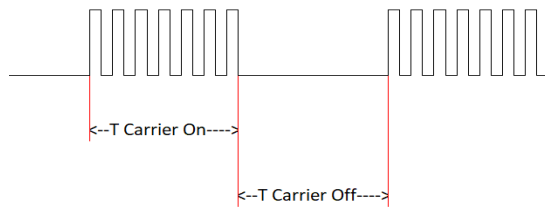
Berdasarkan hasil pengukuran desain untuk sensor didapatkan output seperti pada Gambar 11. Langkah selanjutnya adalah dengan melakukan pengolahan sinyal agar sinyal di atas dapat kembali menjadi bit ,dengan keadaan logika ‘1’ dan ‘0’. Proses pengembalian sinyal ke bentuk semula melewati beberapa proses terlebih dahulu mulai dari proses penguatan sinyal, karena sinyal yang diterima oleh sensor masih lemah. Lalu dilakukan proses filter agar hanya melewati *carrier* saja dengan menggunakan band pass filter, dan dapat dilakukan proses demodulasi sehingga tinggal tersisa bit yang telah di kodekan secara *Manchester Coding* setelah melewati komparator agar sinyal tegas pada logika ‘1’ atau ‘0’.



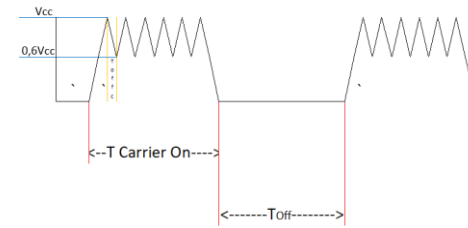
Gambar 9. Sinyal terima rangkaian photodiode

**2.5. Perancangan dan Realisasi Modulator OOK**

Modulasi yang digunakan untuk mengirimkan data pada sistem ini adalah modulasi pengaturan pulsa. Pada sistem ini digunakan modulasi yang sederhana yaitu modulasi OOK, di mana mengirimkan *carrier* saat logika ‘1’ dan untuk logika ‘0’ bukan *carrier*. Karena frekuensi *carrier* yang dipilih yaitu 8 KHz maka untuk osilatornya menggunakan internal dari mikrokontroller Arduino Nano, yang dibangkitkan secara digital melalui program.



Gambar 10. Modulasi OOK



Gambar 11. Output Demodulator yang diharapkan

Dengan nilai  $T < 1/8$  KHz karena bit rate yang akan dihasilkan pasti akan lebih kecil dari nilai *carrier* yang dipilih. Dengan hal itu maka sinyal output yang diharapkan pada demodulator adalah seperti Gambar 13. Maka di dapatkan perhitungan sebagai berikut untuk mendapatkan nilai bit rate maksimum untuk sistem *downlink* ini

$$1 \text{ bit} = 5T \quad (4)$$

$$T_{off} = 5RC \quad (5)$$

$$T_{data} = 2 \cdot T_{off} = 2 \cdot 5RC = 10RC \quad (6)$$

$$F_{data} = \frac{1}{10RC} \quad (7)$$

$$T_{offc} = 0,5T \quad (8)$$

$$F_{carrier} = \frac{1}{2T_{off}} = \frac{1}{RC} \quad (9)$$

$$\frac{F_{carrier}}{F_{data}} = \frac{10/RC}{1/RC} = 10 \quad (10)$$

$$F_{carrier} = 10F_{data}$$

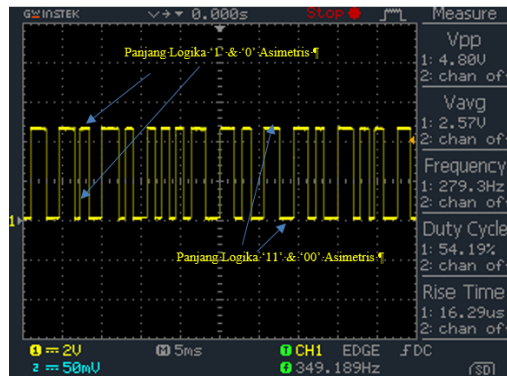
Artinya bahwa frekuensi data maksimum dari *carrier* yang dapat dicapai dengan kondisi seperti yang diinginkan adalah  $0,1$  x frekuensi data. Jika frekuensi yang dipilih untuk *carrier* adalah 8 KHz maka frekuensi data maksimum ada pada 800 Hz atau 1600 bit/s.

Bit yang masuk untuk dimodulasi adalah bit-bit yang telah dikodekan melalui *Manchester Coding*, hal ini diperlukan karena setelah di penerima *duty cycle* tidak 1:1 dan penentuan bit dapat ditentukan dengan perubahan kondisi bit di *Manchester Coding*. Algoritma untuk *Manchester Coding* yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Kirim bit sinkronisasi '10101010' dengan cara langkah 6.
2. Menunggu ada data serial berupa string yang dikirim dari memori, jika belum ada kembali ke langkah 1.
3. Setelah ada data yang akan dikirim-kirim bit desinkronisasi '10101011' dengan cara langkah 6
4. Simpan data yang masuk ke dalam *array* dengan tipe data byte
5. Rubah tiap data dalam *array* byte tersebut menjadi biner
6. Kirim bit dengan ketentuan
  - a.Bit 1:
    - Kirim *Carrier* lalu *delay* selama  $T/2$
    - Tanpa *Carrier* lalu *delay* selama  $T/2$
  - b.Bit 0:
    - Tanpa *Carrier* lalu *delay* selama  $T/2$
    - Kirim *Carrier* lalu *delay* selama  $T/2$
7. Lakukan Langkah 6 hingga seluruh bit dikirim
8. Kembali ke sinkronisasi (langkah 1) untuk kondisi IDLE.



Dalam keadaan *stand by* maka sistem akan mengirim bit sinkronisasi ('10101010') secara *Manchester Coding* terus menerus pada master agar master tetap bersiap jika ada data yang akan masuk. Dalam pengiriman data maka akan mengirimkan bit '11' sebagai tanda data utama akan masuk.



Gambar 12. Input Dekoder

Pengiriman bit sinkronisasi berguna untuk mengatasi masalah bit yang tidak simetris di bagian master sehingga dengan menggunakan *Manchester Coding* pada sisi dekode maka pembacaan akan fokus pada bit '00' atau '11' sebagai tanda bit tersebut telah berganti logika.

Tabel 4. Kondisi proses mengkodekan bit Manchester

Current\After	1	0	11	00
1	0 → 1	1		10
0	0	1 → 0	01	
11		01		010
00	10		010	

Keterangan:

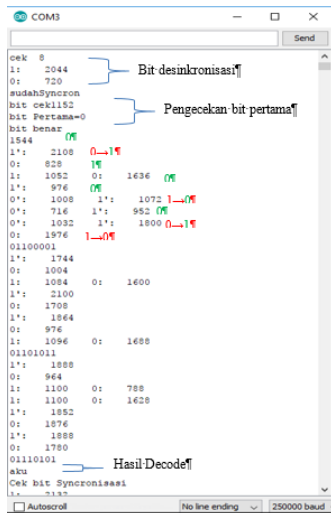
- a) Kuning : Tanda perubahan logika karena 2 bit sama
- b) Biru : Logika tidak berubah
- c) Coklat : Kondisi setelah perubahan bit
- d) Hijau : Terdapat dua kali perubahan bit
- e) Merah : Tidak ada dalam *Manchester Coding*

Gambar 15 di bawah ini menunjukkan hasil dari proses *decoding* yang dilihat dari Serial Monitor pada Arduino IDE. Data yang dikirimkan secara terus menerus kata "aku" atau bila dalam biner adalah "011000010110101101110101"

### 3. Hasil dan Pembahasan

Untuk pengujian sistem ini dilakukan pengujian respons sinyal terhadap jarak yang dikirimkan melalui bagian pengirim cahaya tampak serta pengaruh cahaya eksternal terhadap sistem seperti yang ditampilkan Gambar 16. Untuk Keseluruhan sistem di uji dengan melakukan fungsi keseluruhan sistem dan dilakukan pengujian terhadap *delay* sistem serta daya yang digunakan oleh sistem.

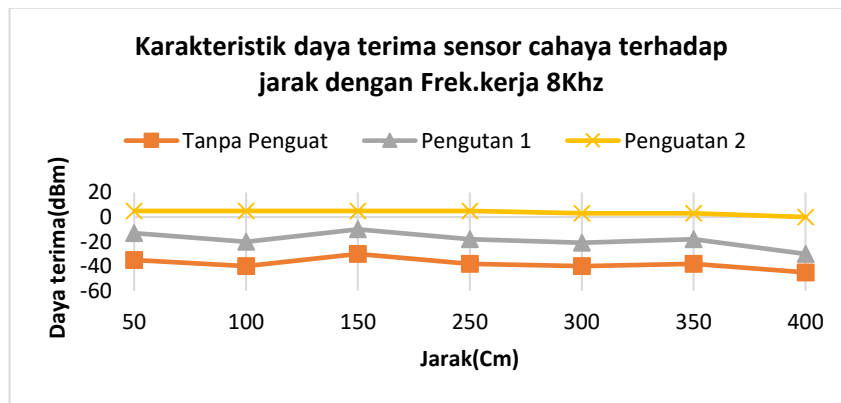
Pengujian terhadap jarak dengan cara mengirimkan frekuensi *carrier* 8 KHz dan dikirimkan dengan melakukan *switching* pada lampu penerangan LED, dengan hasil yang diperlihatkan pada Gambar 17.



Gambar 13. Hasil Decoding Manchester Code



Gambar 14. Uji coba sistem



Gambar 15. Kurva daya terima sensor terhadap jarak

Tidak seperti halnya perancangan di mana  $V_{pp}$  sinyal dapat mencapai 8 volt, kuat sinyal yang didapatkan photodiode kurang dari 30 dBm, sehingga pembuatan penguat adalah hal yang tepat. Pada penguatan 1 sinyal sudah mencapai -10 hingga -20 dBm cukup signifikan dengan ditambahnya penguatan pada sistem untuk penambahan jarak jangkauan.



Gambar 16. Pengukuran efek cahaya eksternal

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan cara mengamati output pada titik tertentu pada sistem terhadap sumber cahaya eksternal seperti cahaya matahari yang masuk ke dalam ruangan, dengan pengecualian sumber cahaya dari lampu penerangan lain karena terdapat sumber 50 Hz dari jala-jala listrik. Intensitas cahaya eksternal diukur dengan menggunakan Lux meter pada aplikasi android dan dibandingkan dengan output sistem dengan jarak pengukuran 3,5 meter.

Tabel 5. Pengukuran Efek Cahaya Eksternal

Pembacaan	92 LUX	285 LUX	87 LUX
Hasil	Baik tanpa eror	Eror	Eror(untuk >1,5 meter) Baik(Untuk 1-1,5)
Keterangan	Kondisi dalam ruangan pagi – siang hari. Kondisi sebelum LED nyala 4-30 LUX	Kondisi dengan menggunakan sumber cahaya lain seperti lampu lain. Kondisi sebelum LED nyala >100 LUX	Kondisi gelap tidak ada sumber cahaya. Kondisi sebelum LED nyala 0-1 LUX

Intensitas cahaya eksternal ternyata sangat berpengaruh pada sistem dan yang membuat sistem tidak bekerja adalah 4 hal:

1. Ketiadaan cahaya atau sangat gelap
2. Cahaya terlalu terang
3. Cahaya matahari langsung
4. Cahaya yang memiliki frekuensi

Untuk poin satu hal tersebut dikarenakan penguat tidak cukup untuk mencapai daya yang sesuai untuk sinyal diproses, sehingga saat di dekatkan maka hasil dapat keluar dengan baik.

Untuk poin 2 dan 3 cahaya yang terlalu terang dapat membuat sinyal yang memiliki frekuensi akan terpotong oleh penguatan karena sudah jenuh dan mengakibatkan tidak ada frekuensi yang akan melewati sistem dan terjadi eror. Hal yang tepat untuk mengatasi poin 1, 2 ini adalah salah satunya bisa dengan menambahkan AGC pada sistem sehingga sinyal yang dikuatkan outputnya lebih stabil. Untuk poin 4 akan sangat sulit karena intensitas cahaya matahari langsung dapat mencapai lebih dari 10000 LUX, yang akan mengakibatkan cahaya tersebut akan sangat dominan dibandingkan cahaya dari lampu penerangan LED.

Untuk poin 4 ini akan bermasalah bila sumber cahaya yang berfrekuensi mendekati nilai 8 KHz cukup tinggi, sumber 100 Hz dari lampu contohnya walaupun sudah dibersihkan di bagian pengirim tetapi masih ada dan menjadi noise karena akan mengisi kekosongan frekuensi dari modulasi OOK, solusi untuk hal ini adalah dengan coba mengubah modulasinya menjadi FSK, hal ini akan mencegah frekuensi lain masuk pada sistem dan meningkatkan kehandalan sistem.

Berdasarkan realisasi sistem, telah direalisasikan 3 fitur untuk sistem akses informasi di perpustakaan yaitu Filter, Scroll dan Search. Pada 3 fitur tersebut terdapat *delay* yang berbeda-beda yaitu sebagai berikut dengan jumlah buku pada informasi buku yang tersimpan sebanyak 60 buku.

Tabel 6. Pengukuran Delay Sistem

Fitur	Delay
Filter	1 detik
Scroll	1 detik
Search (data ditemukan)	1-2 detik
Search (data tidak ditemukan)	3 detik

*Delay* sistem di dapatkan rata-rata waktu 1 detik untuk data dapat ditampilkan pada layar LCD, hal itu dikarenakan baud rate dari sistem *downlink* yang hanya sebesar 600 Baud. Pada sistem ini maksimal data yang di kirimkan dalam satu kali paket data adalah 60 karakter sehingga bila dikirimkan sejumlah karakter tersebut pada sistem *downlink* maka di dapat perhitungan sebagai berikut:

$$1 \text{ karakter} = 8 \text{ bit} \quad (11)$$

$$600 \text{ baud} = 1200 \frac{\text{bit}}{\text{s}} \quad (12)$$

$$\text{bit terkirim} = (60 \times 8) \times 2 = 960 \quad (13)$$

$$\text{waktu kirim} = \frac{\text{bit terkirim}}{\text{bit rate}} \quad (14)$$

$$\text{waktu kirim} = \frac{960}{1200} = 0,8 \text{ detik} \quad (15)$$

$$\text{waktu kirim} = \frac{960}{1200} = 0,8 \text{ detik} \quad (16)$$

Sedangkan pada sistem *uplink* didapatkan *delay* yang sangat kecil dikarenakan jumlah karakter yang sedikit (7 karakter) sebagai berikut.

$$\text{bit terkirim} = (7 \times 8) \times 2 = 112 \quad (17)$$

$$\text{waktu kirim} = \frac{112}{1200} = 0,09 \text{ detik} \quad (18)$$

$$\text{waktu total} = 0,8 + 0,09 = 0,89 \text{ detik} \quad (19)$$

Dalam fitur *search* terdapat *delay* tambahan akibat perlunya membuka file pada micro SD card satu persatu. Sehingga bila informasi yang dicari tidak ada maka perlu waktu lebih lama karena harus membuka semua file yang ada dalam micro SD.

#### 4. Kesimpulan

Sistem akses informasi buku di perpustakaan melalui lampu penerangan LED telah berhasil direalisasikan dan bekerja pada jarak 3 sampai 3,5 meter. Hasil tersebut di dapatkan dari hasil penguatan namun karena penguatan statis sehingga pada keadaan bagian master terlalu dekat atau terlalu jauh dengan bagian *slave* maka sinyal tidak dapat di terima dengan baik oleh sistem *downlink*.

Dalam kecepatan pada sub sistem *downlink* didapatkan bit rate lebih tinggi yaitu pada 1200 bit/s yang dengan Manchester Code yang membuat baud rate sistem sebesar 600 Baud. Kecepatan sistem ini didapatkan karena pada perancangan *carrier* yang didapat kemampuan sensor cahaya pada sistem ini berada di 8 KHz sehingga baud rate maksimal yang dapat dicapai akan kurang dari 800 baud dengan permasalahan dari kehandalan sistem yaitu sistem sangat terpengaruh terhadap cahaya eksternal. Walaupun seperti itu realisasi sistem ini tetap berhasil karena didasarkan karena sistem masih mampu bertahan pada kondisi 4-30 Lux sebelum sistem aktif dan sistem bekerja sebagai sumber penerangan utama ruangan di perpustakaan.

#### Daftar Pustaka

- [1] N. Savage, “Visible Light Communications Could Outshine Wi-Fi In Industrial Settings”, IEEE Spectrum, 2014.
- [2] F. H. Nurrahman, “Realisasi Media Transmisi Menggunakan Visible Light untuk Pengiriman Text,” Politeknik Negeri Bandung, Bandung, 2016.
- [3] S. Ambady, M. Bredes dan C. Nguyen, “Visible Light Communication,” Worcester Polytechnic Institute, Worcester, 2015.
- [4] A. Wibowo, “Perancangan dan Realisasi Sistem Akses Informasi Buku di Perpustakaan Menggunakan Lampu Penerangan LED (Bagian: Komunikasi *Uplink* Menggunakan Infra Merah dan Pulse Distance Coding),” Politeknik Negeri Bandung, Bandung, 2017.
- [5] F. B. Aska, “IMPLEMENTASI VISIBLE LIGHT COMMUNICATION (VLC) UNTUK PENGIRIMAN DATA DIGITAL,” Universitas Telkom, Bandung, 2013.
- [6] Teddi Hariyanto, Eril Mozef, Rifa H, Andaliyanto W, Dennis RA, “Sistem Komunikasi Uplink Menggunakan Inframerah dan Pulse Distance Coding untuk Aplikasi Akses Informasi Buku di Perpustakaan”, Seminar Nasional Teknik Elektro UIN Sunan Gunung Djati 2018, Submitted.