

Sistem Remote Kontrol Peralatan Listrik Melalui Jala-Jala Listrik Pada Frekuensi 455 kHz Dengan Modulasi ASK

Rana Zaini Fathiyana¹, Devi Mayang Sari², Eril Moze³

^{1,2,3} Politeknik Negeri Bandung

Jalan Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat 40559

ranazainifathiyana@gmail.com¹, devimayang27@gmail.com², erilmozef@gmail.com³

Abstrak – Sistem pengontrolan jarak jauh yang saat ini populer adalah remote kontrol menggunakan infra merah, dengan jarak yang terbatas hanya 10 meter. Solusi atas permasalahan tersebut adalah dirancangnya suatu pengontrolan jarak jauh dengan memanfaatkan jala-jala listrik. Sistem komunikasi data melalui jala-jala listrik dikenal dengan PLCC (Power Line Carrier Communication). Teknik modulasi data yang dapat diterapkan pada PLCC diantaranya modulasi ASK, FSK, Spread Spectrum dan OFDM. Solusi dengan modulasi spread spectrum dan OFDM handal terhadap noise tetapi relatif mahal dan sulit dalam implementasinya. Sedangkan modulasi ASK dan FSK merupakan solusi yang sederhana dan murah namun kurang handal terhadap noise. Pada sistem yang dirancang dipilih modulasi ASK untuk kesederhanaan desain, sedangkan untuk mengatasi noise dipilihlah frekuensi pembawa 455 KHz, karena berdasarkan percobaan pada frekuensi ini level noise cukup rendah. Sistem yang dirancang telah berhasil diujikan dan mampu mengontrol peralatan listrik sampai jarak 66 meter dengan protokol serial 8 bit dengan kecepatan 600 bps.

Kata kunci: PLCC, Modulasi ASK, 455 KHz, Remote Kontrol

1. Pendahuluan

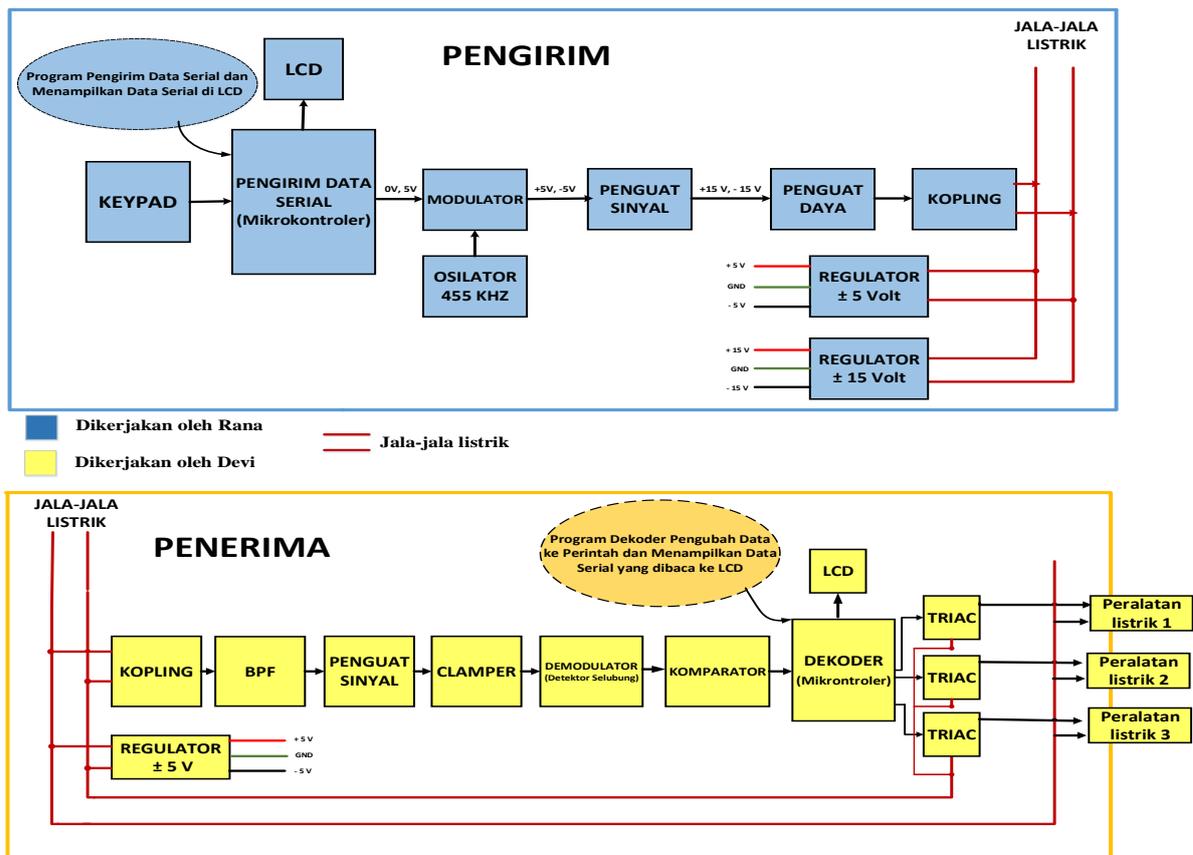
Sistem pengontrolan jarak jauh peralatan listrik rumah tangga yang saat ini populer adalah remote kontrol menggunakan infra merah, namun sayangnya jarak tidak lebih dari 10 meter. Selain itu pengontrolan bersifat “Line of Sight”, peralatan yang dikontrol harus terlihat. Solusi atas permasalahan tersebut adalah dirancangnya suatu pengontrolan dengan memanfaatkan kabel. Namun instalasi jaringan kabel baru pada suatu bangunan rumah atau gedung untuk sistem komunikasi data menimbulkan beberapa masalah antara lain biaya instalasi dan biaya perawatan disamping permasalahan estetika. Untuk itu dikembangkan suatu sistem komunikasi data melalui jala-jala listrik yang dikenal dengan istilah PLCC (Power Line Carrier Communication). Permasalahan utama pada sistem PLCC ini antara lain: 1) noise yang disebabkan oleh jumlah dan jenis peralatan yang tersambung dengan listrik, 2) tegangan 220 VAC yang relatif tinggi dan 3) kendala penerimaan data pada jam-jam tertentu akibat perbedaan impedansi. Permasalahan-permasalahan tersebut menyebabkan data sulit untuk diterima dengan sempurna.

Banyak teknik modulasi yang telah diusulkan sebagai solusi dari permasalahan PLCC [1]. Diantaranya teknik modulasi data seperti: Amplitudo Shift Keying (ASK) [2], Frequency Shift Keying (FSK) [3], Spread Spectrum Modulation [4], Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) [5] dan lain sebagainya dapat diterapkan pada sistem PLCC. Solusi dengan modulasi spread spectrum dan OFDM handal terhadap noise tetapi relatif mahal dan

sulit dalam implementasinya. Sedangkan modulasi ASK dan FSK merupakan solusi yang sederhana dan murah namun kurang handal terhadap *noise*. Untuk menjaga kesederhanaan disain maka dipilihlah modulasi ASK, sedangkan untuk mengatasi *noise* maka dipilihlah sebuah frekuensi pembawa yang akan ditentukan berdasarkan percobaan pada daerah frekuensi antara 50 Hz – 500 KHz dengan level *noise* cukup rendah sesuai dengan alokasi frekuensi sistem komunikasi via jala-jala listrik ini adalah diantara frekuensi 50 KHz – 500KH [6].

2. Metode Penelitian

Blok diagram sistem pengontrolan peralatan listrik melalui jala-jala listrik yang akan dirancang ditunjukkan pada gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Blok diagram sistem sistem pengontrolan peralatan listrik melalui jala-jala listrik

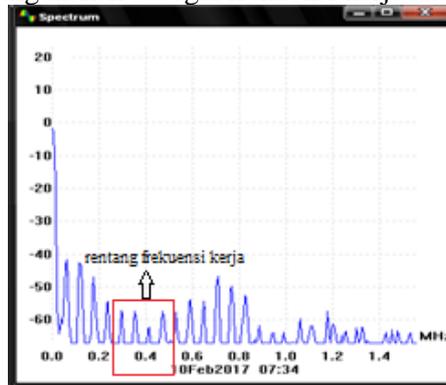
PLCC adalah sistem komunikasi yang memanfaatkan infrastruktur jaringan jala-jala listrik sebagai media transmisi pengiriman informasi. Fungsi utama jala-jala listrik untuk menyalurkan energi listrik ternyata dapat dikembangkan sehingga memiliki dualisme fungsi untuk mentransmisikan daya listrik sekaligus data informasi. Prinsip dasar dari PLCC ini adalah menginjeksikan sinyal data dengan frekuensi tinggi (di atas 50–60 Hz) ke dalam saluran listrik berfrekuensi rendah.

Gambaran sistem yang dibuat adalah sebuah kode perintah dari *keypad* diubah menjadi kode ASCII oleh mikrokontroler dan dikeluarkan secara serial. Kode ini kemudian ditumpangkan ke sebuah frekuensi pembawa digital oleh bagian modulator ASK. Frekuensi pembawa yang sudah termodulasi ini kemudian dikuatkan oleh penguat daya *push pull* lalu diumpangkan ke bagian kopling. Bagian kopling akan meneruskan frekuensi termodulasi ini ke jala-jala listrik. Di sisi penerima, data akan melewati kopling, trafo kemudian difilter dan dikuatkan serta didemodulasi. Data yang didapatkan kemudian didekode untuk mendapatkan

kode perintah. Kode perintah digunakan untuk menyalakan atau mematikan peralatan listrik yang diinginkan. Adapun tahapan dalam perancangan sistem ini adalah sebagai berikut:

2.1 Pengukuran Karakteristik Noise Jaringan Listrik

Pada tahap awal penelitian dilakukan pengukuran karakteristik *noise* yang ada pada jaringan listrik. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui pada rentang frekuensi berapa level *noise* yang muncul relatif rendah. Dari hasil pengukuran karakteristik *noise* didapat rentang frekuensi yang cocok untuk digunakan sebagai frekuensi kerja adalah 350-500 KHz.



Gambar 2. Pengukuran karakteristik *noise* di rentang frekuensi 0-1.4 MHz

2.2 Penentuan Frekuensi Kerja

Setelah didapat rentang frekuensi kerja selanjutnya adalah perancangan rangkaian kopling. Rangkaian kopling merupakan bagian paling penting dari perancangan sistem ini, maka di awal dilakukan percobaan komponen penyusun rangkaian kopling yang mampu menginjeksikan rentang frekuensi tersebut ke jala-jala listrik. Dari hasil percobaan didapatkan bahwa rangkaian kopling yang optimal adalah menggunakan transformator toroidal dengan kapasitor polyester 0.47 uF. Adapun argumentasi perhitungan secara matematis dari penentuan nilai kapasitornya adalah sebagai berikut:

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \tag{1}$$

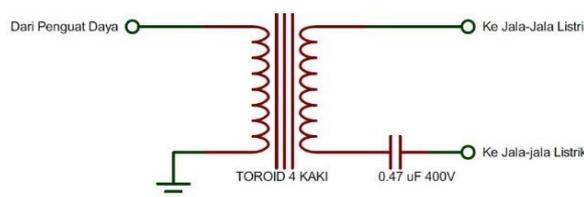
Xc untuk frekuensi 350-500 KHz diperoleh:

$$X_c = \frac{1}{2\pi \cdot 350 \cdot 10^3 \cdot 0,47 \cdot 10^{-6}} = 0,67 - 0,97 \Omega$$

Kemudian untuk frekuensi 50 Hz diperoleh:

$$X_c = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 0,47 \cdot 10^{-6}} = 6,8 K\Omega$$

Harga impedansi Xc pada frekuensi 50 Hz bernilai besar dan jauh perbandingannya dengan harga impedansi Xc pada rentang frekuensi 350-500 KHz, sehingga sesuai dengan fungsinya kopling kapasitor mampu memblok frekuensi rendah 50 Hz dan meloloskan frekuensi sinyal pembawa pada rentang frekuensi 350-500 KHz, dengan kata lain kopling kapasitor ini bekerja sebagai Filter High Pass Filter (HPF).



Gambar 3. Skema rangkaian kopling

2.3 Perancangan Sistem Bagian Pengirim

a. Bagian Pengirim

Sub sistem dari bagian pengirim tersusun atas, rangkaian osilator, rangkaian pengolah data dengan Arduino, rangkaian konverter tegangan, rangkaian modulator, rangkaian penguat sinyal, rangkaian penguat daya, dan rangkaian kopling.

1. Osilator, setelah ditentukan rentang frekuensi kerja, selanjutnya adalah menentukan frekuensi yang tepat sebagai frekuensi sinyal pembawa. Frekuensi 455 KHz dipilih sebagai frekuensi sinyal pembawa. Karena rangkaian osilator berupa osilator kristal dengan menggunakan keramik resonator 455 KHz. Rangkaian osilator yang dirancang harus mampu menghasilkan tegangan yang simetris dan tinggi. Penggunaan komponen keramik resonator membuat sinyal hasil osilasi lebih stabil dan tepat di frekuensi yang sesuai dengan frekuensi resonansi dari keramik filter itu sendiri selain itu rangkaian mudah direalisasikan.
2. Pengirim data serial, berfungsi membangkitkan sinyal informasi dan sebagai pengolah data dari *input keypad* dan memberikan perintah ke LCD untuk ditampilkan. Mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler berbasis Arduino Uno, dengan *output* tampilan di LCD 2 x 16 dan *input* berupa *keypad* 3x3. Pada program *user interface* akan dikodekan tombol-tombol mana saja yang dapat mengontrol peralatan listrik di bagian penerima.
3. Konverter tegangan berupa sebuah komparator yang *input* nya berasal dari *output* arduino. *Output* dari arduino berupa logik TTL, diubah menjadi sinyal dengan tegangan $\pm 5V$. Hal ini dimaksudkan agar sinyal informasi dari arduino dapat dimodulasi dengan osilator sinyal pembawa yang dirancang. Dimana osilator sinyal pembawa untuk sistem pengirim ini menggunakan tegangan referensi $\pm 5 V$. Sehingga *output* sinyal yang dihasilkan memiliki amplitudo yang lebih tinggi dan tegangan yang simetris.
4. Modulator, terjadinya proses penumpangan sinyal informasi yang berasal dari kontroler yang ditumpangkan ke sinyal pembawa dari rangkaian osilator. Rangkaian modulator ASK yang digunakan adalah gerbang logika NAND. *Input A* merupakan sinyal analog berasal dari rangkaian osilator 455 KHz sedangkan *input B* merupakan sinyal data digital berasal dari mikrokontroler yang merupakan sinyal informasi yang kemudian terlebih dahulu dilewatkan ke rangkaian konverter tegangan.
5. Penguat Sinyal, berfungsi untuk menguatkan sinyal dari *output* osilator yang kemudian akan diumpangkan ke penguat daya. Penguat sinyal pada frekuensi pembawa sebesar 455 KHz menggunakan penguatan dengan operational amplifier. Dari beberapa op-amp yang dicoba, op-amp tipe LM6361 yang sangat optimal penguatannya untuk frekuensi 455 KHz, karena memiliki *gain bandwidth* yang besar.
6. Penguat Daya, berfungsi menguatkan daya rendah dari penguat sinyal agar data dapat dikirim pada jarak yang jauh. Bagian penguat kali ini menggunakan transistor komplementer, konfigurasi rangkaian amplifier kelas B secara *push-pull*.
7. Kopling, sebagai alat penghubung antara blok-blok pengirim sebelumnya dengan konduktor kawat fasa bertegangan tinggi (jala-jala listrik). Kopling harus mampu memblokir frekuensi 50-60 Hz dan mampu meloloskan frekuensi sinyal pembawa 455 KHz.

2.4 Perancangan Sistem Bagian Penerima

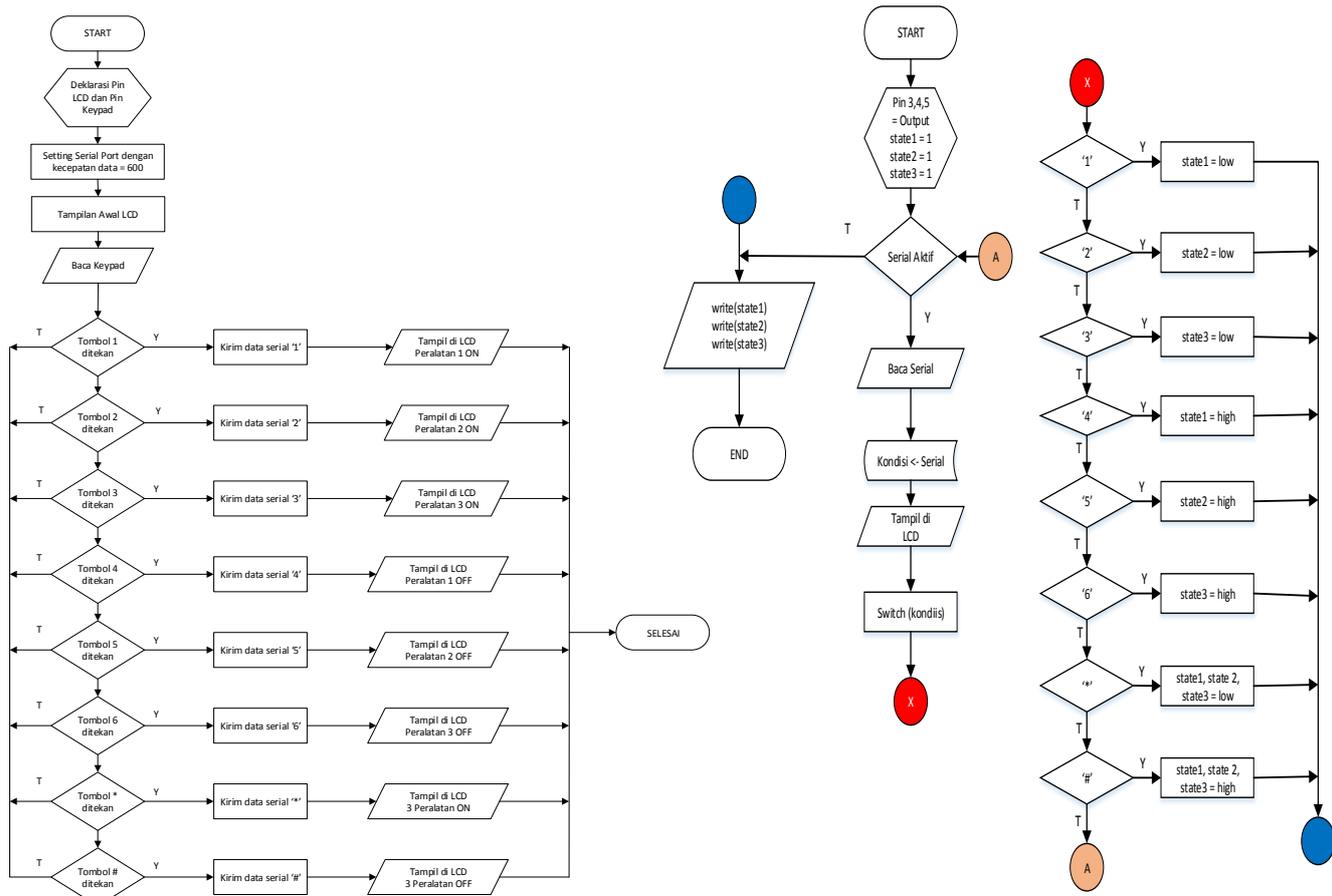
Sub sistem dari bagian penerima terdiri dari rangkaian kopling, penguat sinyal, clamper, detektor, dan komparator.

1. Kopling, sebagai alat penghubung konduktor kawat fasa bertegangan tinggi (jala-jala listrik) dengan blok-blok penerima selanjutnya. Untuk memblokir frekuensi 50 Hz yang terdapat pada jala-jala listrik, dan meloloskan frekuensi sinyal termodulasi ASK 455 KHz.

2. Band Pass Filter, berupa keramik filter ini berfungsi sebagai filter untuk frekuensi 455 KHz. Sehingga hanya sinyal dengan frekuensi 455 KHz saja yang dapat melewati band pass filter, dan diproses oleh blok-blok selanjutnya.
3. Penguat Sinyal, berfungsi untuk menguatkan sinyal pembawa 455 KHz yang telah diterima oleh rangkaian kopling, dan akan diumpankan ke rangkaian clamper. Penguat sinyal dilakukan dua kali dengan besar penguatan masing-masing adalah sepuluh kali.
4. Clamper, berfungsi untuk menggeser puncak tegangan negatif naik ke titik 0 volt, agar seluruh sinyal yang diterima dapat diolah pada rangkaian komparator. Karena sebelum memasuki rangkaian komparator akan masuk ke rangkaian detektor yang akan menyearahkan sinyal.
5. Detektor selubung, berfungsi sebagai demodulator ASK dengan cara mendeteksi sinyal AM, menyearahkan dan menyaring sinyal informasi. Sehingga frekuensi pembawa 455 KHz akan difilter dan akan didapatkan hasil sinyal informasi.
6. Komparator, berfungsi untuk menentukan logik ('0' atau '1') dari sinyal informasi, berdasarkan tegangan sinyal informasi yang diterima. Sehingga keluaran dari komparator sudah siap untuk diproses pada kontroler arduino.
7. Kontroler, mengolah sinyal informasi yang masuk, dan memberi keluaran yang sesuai dengan masukan. Program yang dibuat adalah aktif *low* sehingga saat data yang diterima sesuai dengan perintah menyalakan lampu, keluaran yang diberikan adalah 0 volt.
8. Triac, mengubah keluaran kontroler menjadi saklar lampu. Pengontrolan peralatan listrik ini tidak hanya terdiri dari triac, tapi juga terdiri dari *driver*-nya.

2.5 Perancangan Flowchart Program

Program yang dirancang adalah untuk sistem pengontrolan tiga buah peralatan listrik. Terdapat 8 buah kode yang dirancang, yaitu kode untuk menyalakan peralatan 1, menyalakan peralatan 2, menyalakan peralatan 3, menyalakan semua peralatan, mematikan peralatan 1, mematikan peralatan 2, mematikan peralatan 3, dan mematikan semua peralatan. Program yang dirancang pada sisi pengirim digunakan untuk menampilkan data yang akan dikirim di sebuah LCD dan mengirimkan data berupa kode dari *keypad* yang akan mengontrol peralatan listrik di bagian penerima. Sedangkan program pada bagian penerima merupakan program penerima data serial untuk mengolah data yang diterima oleh port Rx pada Arduino. Program akan mengecek data apa yang dikirim oleh pengirim dan memberi keluaran sesuai dengan kode yang diterima. Keluaran dari Arduino akan digunakan oleh *driver* triac untuk mengontrol lampu atau peralatan listrik lainnya.



Gambar 4. Flowchart program pada pengirim (kiri) dan penerima (kanan)

3. Hasil dan Analisis

3.1 Hasil Realisasi Sub Sistem Pengirim dan Sub Sistem Penerima



(a)



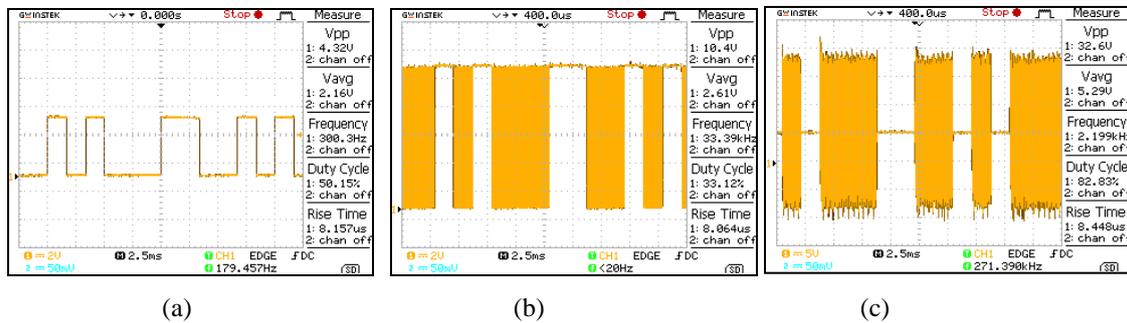
(b)

Gambar 5. Tampak bagian dalam (a) sub sistem pengirim (b) sub sistem penerima

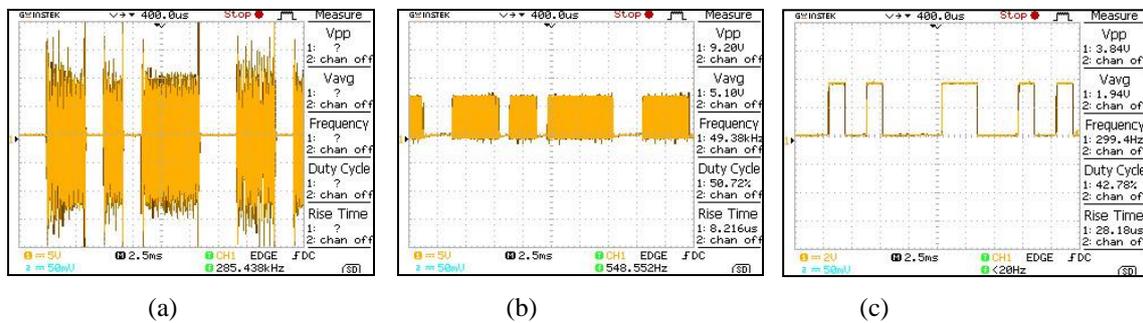
3.2 Hasil Pengukuran

Hasil yang didapat berupa data level tegangan dan bentuk gelombang *output* tiap blok dari bagian pengirim dan penerima. Data hasil pengukuran ini diambil dengan kondisi arduino telah diunggah program mengirim karakter '1' secara terus menerus

tanpa *input* dari *keypad*, hal ini dimaksudkan agar gelombang *output* dari tiap blok rangkaian penyusun sistem dapat diamati.



Gambar 6. Hasil pengukuran rangkaian bagian pengirim (a) Sinyal informasi 300 Hz (b) Sinyal termodulasi ASK dengan sinyal pembawa 455 KHz (c) *Output* penguat daya



Gambar 7. Hasil pengukuran rangkaian bagian penerima (a) *Output* rangkaian kopling (b) *Output* rangkaian penguat sinyal (c) *Output* rangkaian komparator yang berupa sinyal informasi

3.3 Analisa

Berdasarkan hasil pengukuran level tegangan dan bentuk gelombang dari sistem dapat dilihat bahwa data yang dikirim pada sisi pengirim hampir identik dengan data yang diterima di sisi penerima dengan frekuensi sinyal informasi sebesar 300 Hz walaupun secara level tegangan yang diterima terjadi penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengontrolan yang dirancang dapat direalisasikan.

Selanjutnya dilakukan pengujian untuk mengetahui kualitas data yang dikirim terhadap jumlah beban yang terhubung dan dengan jarak yang bervariasi. Sehingga dapat ditarik kesimpulan hingga jarak dan jumlah beban berapa sistem memiliki kualitas yang baik.

Besarnya *baudrate* yang diterapkan pada sistem adalah 600 bps. Pengujian dilakukan dengan sistem telah menjadi satu sistem kesatuan yang utuh, pada bagian penerima dihubungkan beberapa peralatan listrik yang akan dikontrol. Adapun peralatan yang akan dikontrol pada pengujian kali ini adalah dua buah *charger* HP dan satu buah lampu pijar.

Pengujian dilakukan dengan mengubah beban yang terhubung ke bagian penerima pada jarak yang sama. Setelah itu dilakukan hal yang sama dengan jarak antara pengirim dan penerima yang semakin bertambah. Dari pengujian dapat diketahui jarak maksimal dari kehandalan sistem yang dirancang dan banyak peralatan yang dapat dikontrol pada bagian penerima. Kehandalan sistem dihitung dengan cara:

$$\text{Error Rate} = \frac{\text{Data Error}}{\text{Data yang dikirim}} \times 100 \%$$

Hasil pengujian sistem terhadap beban dan jarak dengan *baudrate* 600 bps ditunjukkan oleh tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem Terhadap Beban dan Jarak dengan *Baudrate* 600 bps

No.	Jarak (m)	Jumlah Peralatan yang Terhubung	Error Rate (%)
1.	0	Tidak ada yang terhubung	0 %
		1	0 %
		2	0 %
		3	0 %
2.	16	Tidak ada yang terhubung	0 %
		1	0 %
		2	14,4 %
		3	18,8 %
3.	25	Tidak ada yang terhubung	11,1 %
		1	12,5 %
		2	14,4 %
		3	17,9 %
4.	41	Tidak ada yang terhubung	20 %
		1	25,5 %
		2	28,8 %
		3	35,5 %
5.	50	Tidak ada yang terhubung	21,1 %
		1	31,1 %
		2	32 %
		3	41,1 %
6.	66	Tidak ada yang terhubung	28,8 %
		1	32 %
		2	33,3 %
		3	45,5 %

4. Kesimpulan

- a. Sistem pengontrolan peralatan listrik melalui jala-jala listrik ini menggunakan modulasi ASK telah dapat direalisasikan dengan frekuensi sinyal pembawa 455 KHz yang dimodulasi sinyal informasi sebesar 300 Hz. Keberhasilan sistem yang dirancang didasarkan dari pemilihan frekuensi kerja.
- b. Telah dicoba penerapan *baudrate* dari 100-1000 bps untuk sistem, ternyata pada *baudrate* di atas 600 bps memiliki probabilitas kegagalan komunikasi lebih besar dibanding dengan penggunaan *baudrate* ≤ 600 bps. Maka untuk menjaga kualitas sistem ditetapkan penggunaan *baudrate* sebesar 600 bps.
- c. *Error rate* yang terjadi merupakan fungsi dari jarak dan beban yang dikontrol. Pada *baudrate* 600 bps pada jarak maksimal percobaan (66 meter) dengan kondisi terhubung beban listrik 3 buah peralatan terjadi *error rate* sebesar 45,5 %. Artinya sistem masih dapat digunakan sesuai dengan fungsinya, karena masih dapat melakukan pengontrolan nyala mati peralatan listrik walaupun terdapat *error*.
- d. Peralatan yang dapat dikontrol masih sebatas peralatan listrik yang sederhana seperti lampu pijar, *charger* HP, kipas angin, dan lain-lain. Jenis peralatan yang terhubung mempengaruhi kualitas dari sistem yang dirancang.
- e. Kegagalan penerimaan data di bagian penerima dapat ditimbulkan karena jumlah dan jenis peralatan listrik yang terhubung ke jaringan listrik yang sama dengan jaringan listrik yang digunakan oleh modul pengirim dan penerima.

Daftar Pustaka

- [1] Darware A.P, Azeema N, Tejani A.N, Tejani S.N, Bisane J.S. The Role Of Power Line Communication in Rural Area. *International Jurnal of Networking*. 2012; 2(1): 44-49.
- [2] Mochamad Farizd Nurjaman. *Realisasi Pemanfaatan Power Line Communication Untuk Transmisi Data Menggunakan Metode Zero Crossing Bagian Pengirim*. Politeknik Negeri Bandung. 2006.
- [3] Arief Lutfianto. *Pengiriman Data Penggunaan Listrik Menggunakan Power Line Carrier (PLC)*. Universitas Diponegoro. 2012.
- [4] Andika Ilmar, Basuki Rahmat, Budi Prasetya. *Analisa Performasi Power Line Communication Menggunakan OFDM dan Spread Spectrum*. Telkom University, 2009.
- [5] Wicaksono Widiatmoko, Basuki Rahmat, Denny Darlis. *Desain dan Realisasi Modulator OFDM (Orthogonal Frequency Domain Multiplexing) untuk Jaringan Jala-jala Listrik Tegangan Rendah Berbasis FPGA*. Telkom University, 2016.