

PERANCANGAN *TRANSCEIVER* AUDIO MENGGUNAKAN *POWER LINE COMMUNICATION*

¹Pandu Pira Haskara ²Dr. Rizki Ardianto Priramadhi, S.T., M.T. ³Denny Darlis, S.Si., M.T.
⁴Fajry Adi Rahman

^{1,2,4} S1 Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung

³ D3 Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom, Bandung

pandumbz@student.telkomuniversity.ac.id, rizki.ap@telkomuniversity.ac.id, denny.darlis@tass.telkomuniversity.ac.id,
fajryadir@student.telkomuniversity.ac.id

Abstract - The advancement in telecommunications technology, especially regarding the transmission media makes the media that can be used as an information transmission medium increase. One of the most commonly used transmission media is cables such as copper, coaxial and fiber optic cables. In addition to these media, another alternative developed is Power Line Communication.

Power Line Communication is a communication system that sends information signals through electric power transmission lines. Broadly speaking, Power Line Communication is divided into two types namely Narrowband PLC and Broadband PLC. The grouping is based on the working frequency of each type of PLC.

In this final project, an audio communication device using Power Line Communication has been designed. The results obtained from the design and realization process are devices that are designed to be able to transmit an audio signal in the form of a human voice that has a frequency range of around 200-4000Hz and will be transmitted through the grid with a maximum voltage of 24V with a frequency of 50-60Hz. In addition, the device designed is capable of transmitting human voice with a mesh cable network with a distance of 2.5-50 meters and has a maximum transmission loss of $\pm 38\text{dB}$.

Keywords — *Power Line Communication, Analog Modulation, Analog Transmission, Frequency Modulation, Narrowband PLC*

Abstrak— Perkembangan pada bidang telekomunikasi, khususnya tentang media transmisi membuat bertambahnya media yang bisa digunakan sebagai media transmisi informasi. Salah satu media transmisi yang umum digunakan adalah kabel seperti kabel tembaga, coaxial, dan fiber optic. Selain media-media tersebut, alternatif lain yang dikembangkan adalah Power Line Communication.

Power Line Communication adalah sistem komunikasi yang mengirimkan sinyal informasi melalui jalur transmisi tenaga listrik. Secara garis besar, Power Line Communication dibagi menjadi dua jenis yaitu Narrowband PLC dan Broadband PLC. Pengelompokan tersebut berdasarkan pada frekuensi kerja dari masing-masing jenis PLC tersebut.

Pada tugas akhir ini, telah dirancang sebuah perangkat komunikasi audio menggunakan Power Line Communication. Hasil yang didapatkan dari proses perancangan dan realisasi adalah perangkat yang dirancang dapat mentransmisikan sinyal audio berupa suara manusia yang memiliki rentang frekuensi sekitar 200-4000Hz dan akan ditransmisikan melalui jala-jala listrik dengan tegangan maksimal 24V dengan frekuensi 50-

60Hz. Selain itu, alat yang dirancang mampu mentransmisikan suara manusia dengan media kabel jala-jala dengan jarak 2.5-50 meter dan memiliki loss transmisi maksimal sebesar $\pm 38\text{dB}$.

Kata Kunci— *Power Line Communication, Modulasi Analog, Transmisi Analog, Modulasi Frekuensi, Narrowband PLC*

I. PENDAHULUAN

Teknologi komunikasi saat ini telah mengalami kemajuan yang cukup pesat, Salah satunya mengenai media komunikasi yang digunakan. Salah satu media komunikasi yang sering digunakan adalah komunikasi menggunakan kabel seperti sepasang kabel yang dibelitkan, koaksial, atau fiber optics yang digunakan sebagai media untuk pengiriman dan penerimaan informasi. Namun, dengan terus berkembangnya teknologi, muncul alternatif media komunikasi baru, salah satunya adalah Power Line Communication. Power Line Communication (PLC) adalah sistem komunikasi yang sinyal informasinya ditumpangkan pada kabel atau kawat yang juga digunakan sebagai media transmisi tenaga listrik. [1]

Secara garis besar, Power Line Communication (PLC) dibagi menjadi dua, yaitu: Narrowband PLC yang bekerja pada frekuensi rendah (3-500KHz), dan Broadband PLC yang bekerja pada frekuensi tinggi (1.8-250MHz). Broadband PLC biasa digunakan untuk transmisi jaringan internet. Sedangkan Narrowband PLC bisa digunakan untuk pemantauan penggunaan listrik rumahan, transmisi video, maupun sebagai media transmisi untuk perangkat komunikasi suara. [2]

Pada tugas akhir ini, telah dirancang sebuah perangkat komunikasi suara berupa transmitter dan receiver menggunakan Power Line Communication. Perangkat ini bisa digunakan untuk komunikasi antar ruangan atau sebagai alat komunikasi dari pos sekuriti ke gedung/rumah tertentu untuk memberi tahu jika ada tamu yang datang ataupun keperluan lain. Dengan menggunakan Power Line Communication, perangkat komunikasi ini akan menghemat penggunaan kabel lain seperti kabel telepon, optik, dsb. sebagai media transmisi karena menggunakan jalur listrik yang sudah ada sebelumnya.

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, didapatkan latar belakang sebagai berikut:

1. Bagaimana rancangan transmitter dan receiver perangkat komunikasi suara melalui Power Line Communication?
2. Bagaimana metode pengiriman sinyal informasi pada perangkat komunikasi suara melalui Power Line Communication?
3. Bagaimana cara untuk mereduksi noise yang terdapat pada saat pengiriman data pada perangkat komunikasi suara melalui Power Line Communication?

II. METODE PENELITIAN

A. Metode

Metode yang digunakan dalam menyelesaikan masalah dalam tugas akhir ini terdiri dari :

1. Studi Literatur
 Metode studi literatur dilakukan dengan cara pengumpulan berbagai macam teori yang diperlukan untuk membantu pengerjaan tugas akhir
2. Perancangan dan Pembuatan Alat
 Pada tahap ini telah dibuat sebuah rancangan dan realisasi perangkat komunikasi berupa *transmitter* dan *receiver* dengan prinsip PLC untuk mentransmisikan dan menerima sinyal audio.
3. Pengujian
 Melakukan pengujian pada alat untuk memastikan alat bekerja dengan baik dan untuk mencari kekurangan sistem agar bisa disempurnakan.
4. Analisis Kerja Sistem
 Melakukan analisa terhadap parameter-parameter yang diujikan pada alat yang telah dibuat

B. Perancangan Sistem

1. Perancangan Modul Pengirim

Pada tugas akhir ini, modul pengirim yang dirancang berupa catu daya, modulator FM, rangkaian penguat microphone, dan rangkaian coupling.

Berdasarkan standarnya, komunikasi dibagi menjadi 2 jenis, yaitu Broadband PLC yang beroperasi pada frekuensi 1.8-250MHz dan Narrowband PLC yang beroperasi pada frekuensi 3-500KHz. Selain dari frekuensi kerjanya, yang membedakan kedua jenis tersebut adalah bit ratenya. Broadband memiliki bit rate yang lebih tinggi dari narrowband. Karena pada tugas akhir ini sinyal yang dikirimkan adalah sinyal suara, maka dalam proses pengirimannya tidak membutuhkan bit rate yang besar. Maka dari itu, jenis komunikasi jala-jala yang digunakan pada tugas akhir ini adalah narrowband PLC yang memiliki rentang frekuensi kerja 3-500KHz.

Untuk mengikuti standar tersebut, nilai frekuensi *carrier* yang digunakan pada tugas akhir ini adalah 200KHz. Pada tugas akhir ini, komponen yang digunakan sebagai modulator adalah IC LM565. Agar bisa membangkitkan sinyal *carrier* dengan frekuensi tersebut,

IC LM565 membutuhkan komponen resistor dan kapasitor *timing*. Dan karena IC LM565 adalah sebuah *Voltage Controlled Oscillator* maka nilai tegangan kontrol dari IC LM565 juga harus diperhatikan.

Adapun perhitungan untuk nilai-nilai tersebut adalah sebagai berikut:

$$f_c = \frac{2.4 (V_{cc} - V_c)}{R_t \cdot C_t \cdot V_{cc}} \quad (1)$$

dimana :

- fc = Frekuensi Pembawa
- Vcc = Nilai tegangan catu daya
- Vc = Tegangan kontrol pada pin 7
- Rt = Resistor timing (Pin 8)
- Ct = Kapasitor timing (Pin 9)

Nilai kapasitor *timing* yang digunakan adalah sebesar 1nF sedangkan nilai resistor *timing* yang digunakan adalah 2,2kΩ. Maka nilai tegangan kontrol yang digunakan adalah:

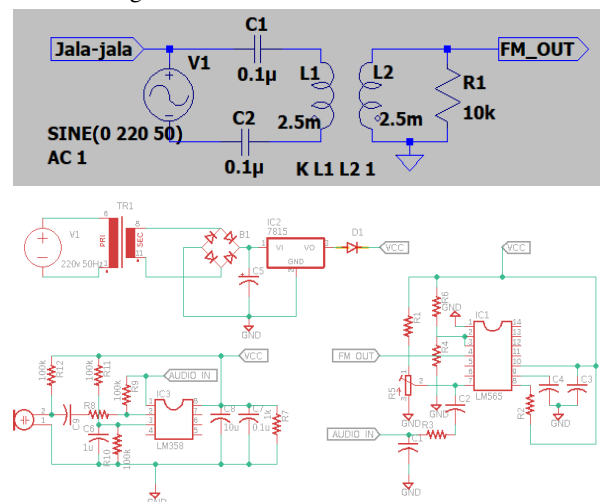
$$200 \cdot 10^3 = \frac{2.4 (15 - V_c)}{2.2 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-9} \cdot 15} \quad (2)$$

$$200 \cdot 10^3 = \frac{36 - 2.4V_c}{3.3 \cdot 10^{-5}} \quad (3)$$

$$V_c = \frac{36 - 6.6}{2.4} \quad (4)$$

$$V_c = 12.25$$

Rancangan modul pengirim pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Rancangan Modul Pengirim

2. Perancangan Modul Penerima

Pada bagian penerima, sinyal informasi berupa audio akan diterjemahkan dengan proses demodulasi FM dan sinyal audio tersebut akan dikeluarkan melalui speaker.

Modul penerima ini terdiri dari rangkaian catu daya, demodulator FM, penguat, dan rangkaian coupling.

Rangkaian demodulator berfungsi untuk mendemodulasi sinyal pembawa termodulasi sehingga sinyal informasi yang sebelumnya dimodulasi pada bagian pengirim dapat dikembalikan ke bentuk sinyal aslinya. Jenis demodulasi yang digunakan pada rangkaian ini adalah demodulasi FM dengan menggunakan prinsip PLL. Proses demodulasi menggunakan IC LM565.

Agar bisa menerjemahkan sinyal informasi yang sudah dimodulasi oleh rangkaian modulator, rangkaian demodulator harus memiliki frekuensi *carrier* yang sama dengan bagian modulator yaitu 200KHz. Untuk membangkitkan frekuensi dengan nilai tersebut, nilai dari komponen-komponen yang harus diperhatikan dihitung dengan rumus:

$$F_o = \frac{0.33}{R_t \cdot C_t} \quad (5)$$

Dimana:

Fo = Frekuensi *Carrier*

Rt = Resistor *timing*

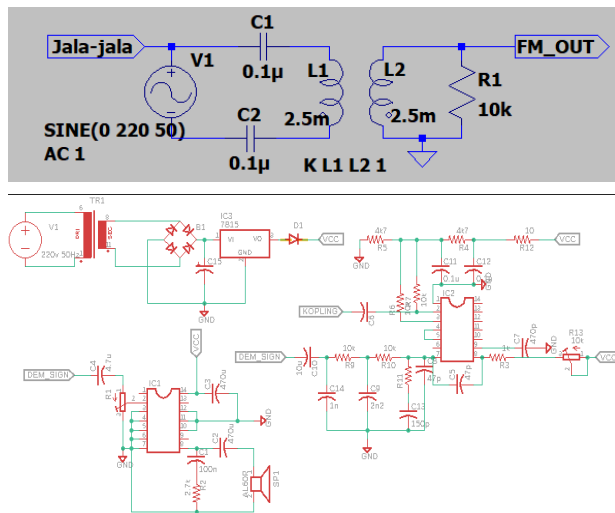
Ct = Kapasitor *timing*

Nilai kapasitor *timing* yang digunakan adalah 470pF. Maka nilai resistor *timing* yang harus digunakan adalah:

$$R_t = \frac{0.33}{200 \cdot 10^3 \cdot 470 \cdot 10^{-12}} \quad (6)$$

$$R_t = \pm 3.5K\Omega \quad (7)$$

Rancangan Modul Penerima pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

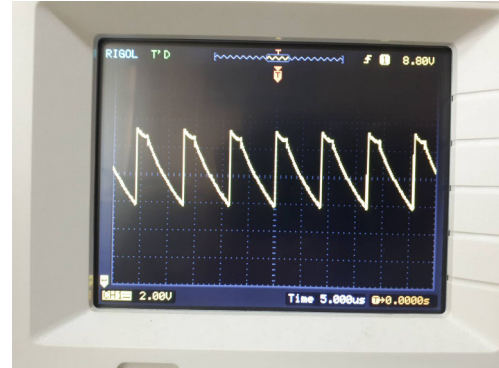


Gambar 2 Rancangan Modul Penerima

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian Carrier Pengirim

Pengujian dilakukan untuk melihat apakah rangkaian modulator pada bagian pengirim bisa membangkitkan frekuensi *carrier* dengan bentuk dan nilai yang telah didesain sebelumnya yaitu sinyal kotak dengan frekuensi 200KHz. Frekuensi *carrier* yang terukur adalah sebagai berikut:

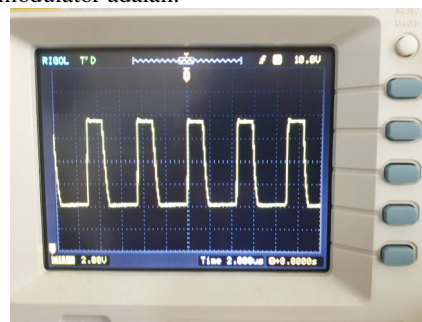


Gambar 4 Gelombang *Carrier* Modulator

Setelah melakukan pengujian, gelombang *carrier* yang didapatkan ternyata memiliki frekuensi 228KHz dan tidak berbentuk kotak sempurna seperti yang didesain sebelumnya. Hal ini dikarenakan pada proses perancangan tidak memperhatikan nilai toleransi dari komponen yang digunakan. Dan penyebab bentuk sinyal tidak kotak seperti yang dirancang adalah karena adanya komponen-komponen pada rangkaian modulator yang memiliki nilai kapasitansi yang bersifat parasit sehingga siklus pengisian dan pengosongan dari kapasitor tidak berjalan dengan sempurna.

2. Pengujian Carrier Penerima

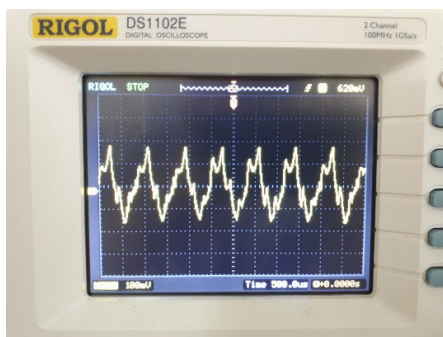
Untuk bisa melakukan proses demodulasi, rangkaian demodulator juga harus memiliki nilai frekuensi *carrier* yang sama dengan *carrier* pada bagian modulator. Pengujian ini bertujuan untuk menguji apakah rangkaian demodulator bisa membangkitkan frekuensi *carrier* dengan nilai yang sudah ditentukan sebelumnya. Hasil dari pengujian gelombang yang dihasilkan oleh rangkaian demodulator adalah:



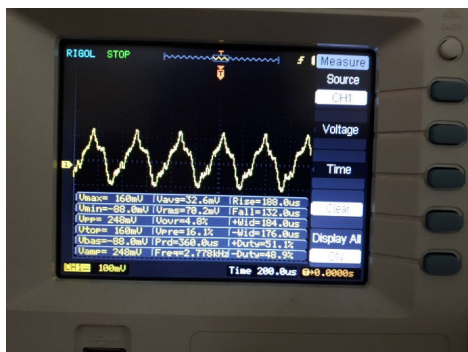
Gambar 5 Hasil Pengujian Carrier Demodulator

3. Pengujian Demodulasi PLL

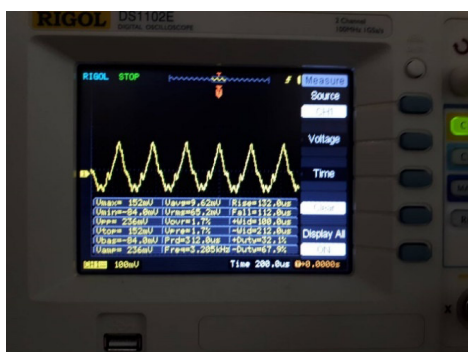
Pengujian ini dilakukan untuk menguji fungsi demodulasi dari rangkaian demodulator. Dan membandingkan sinyal hasil proses demodulasi dengan sinyal aslinya. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan masukan berupa sinyal sinus dengan amplitudo 5Vpp dan frekuensi bernilai acak dengan jangkauan frekuensi audio suara manusia (200-4500Hz) dari *function generator*. Pada bagian penerima dilihat sinyal hasil demodulasi menggunakan osiloskop. Hasil yang didapatkan dari beberapa percobaan adalah sebagai berikut:



Gambar 8 Gelombang Hasil Demodulasi (1)



Gambar 7 Gelombang Hasil Demodulasi (2)



Gambar 6 Gelombang Hasil demodulasi (3)

Dari beberapa hasil percobaan yang dilakukan, dapat dilihat bahwa gelombang hasil yang didapatkan dari proses demodulasi tidak berbentuk sama persis dengan sinyal masukannya yaitu sinyal sinus. Hal ini dikarenakan masih adanya nilai frekuensi tinggi dari frekuensi *carrier* yang tidak *terfilter* seutuhnya. Dan pada gelombang hasil demodulasi juga mengalami pelemahan yang cukup signifikan. Namun nilai frekuensi dari sinyal hasil demodulasi memiliki nilai yang mendekati nilai frekuensi dari sinyal aslinya.

4. Pengujian Transmisi Menggunakan Media Jala-jala

Dalam perancangan, transmitter dan receiver dirancang untuk bisa mengirim dan menerima sinyal suara melewati jala-jala listrik dengan tegangan 220VAC 50Hz. Namun untuk alasan keamanan, penulis melakukan pengujian dengan beberapa nilai tegangan AC yang diturunkan terlebih dahulu. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan masukan berupa sinyal sinus dengan frekuensi 3KHz dan amplitudo 5 Vpp pada pin 7 modulator, lalu menyambungkan keluaran kopling pengirim ke kabel listrik yang nilai tegangannya diturunkan terlebih dahulu menggunakan trafo step-down. Lalu ujung lainnya dari kabel tersebut disambungkan dengan masukan dari rangkaian coupling di bagian penerima yang kemudian diukur frekuensi dan amplitudonya menggunakan osiloskop. Panjang kabel listrik yang digunakan sebagai media transmisi pada percobaan ini adalah 10 meter. Hasil dari percobaan ini dapat dilihat di tabel

Tabel 1 Hasil Pengujian Dengan Media Transmisi Jala-jala

Tegangan Jala-jala	Pengirim		Penerima	
	Frekuensi	Vp	Frekuensi	Vpp
6	3k	5	2976	144m
9	3k	5	2941	158m
12	3k	5	3521	190m
15	3k	5	3145	160m
18	3k	5	2994	188m
24	3k	5	2941	60.8 m
110	3k	5	N/A	N/A
220	3k	5	N/A	N/A

Jika mengacu pada tabel 1. Pemberian nilai tegangan AC memiliki pengaruh terhadap pelemahan sinyal yang diterima. Pada saat nilai tegangan 6-18V, nilai pelemahan yang terjadi cenderung fluktuatif. Namun pada saat nilai tegangan dinaikkan menjadi 24V, pelemahan yang terjadi jauh lebih besar jika dibandingkan dengan nilai tegangan

yang lain. Dan setelah pengujian dengan menggunakan tegangan 24V, IC LM565 pada bagian penerima menjadi sangat panas dan mengalami kerusakan sehingga pengujian dengan nilai tegangan 110/220V tidak bisa dilanjutkan lagi.

IV. KESIMPULAN

1. Alat transceiver audio menggunakan Power Line Communication yang dirancang untuk bisa mentransmisikan sinyal audio pada tegangan jala-jala 220V 50Hz hanya bisa bekerja pada tegangan maksimal 24V 50Hz.
2. Penggunaan IC LM565 sebagai modulator dan demodulator FM tepat digunakan karena berdasarkan pengujian yang dilakukan berhasil melakukan proses modulasi dan demodulasi FM.
3. Jarak media transmisi terbukti berpengaruh terhadap loss dan kejelasan audio yang ditransmisikan. Semakin jauh jarak transmisi, maka nilai dari loss akan semakin besar dan kualitas suara yang dihasilkan akan semakin buruk.
4. Pada jarak transmisi yang sama, penambahan nilai tegangan AC pada jalur transmisi berpengaruh terhadap loss dan bentuk gelombang yang diterima
5. Pada perancangan rangkaian elektronika analog, nilai toleransi dari komponen yang digunakan sangat berpengaruh terhadap keluaran dari rangkaian yang dirancang.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] [1] L. Lampe, A. M. Tonello dan T. G. Swart, *Power Line Communication Principles, Standards and Application From Multimedia to Smartgrids*, Sussex: John Wiley & Sons, Ltd, 2016.
- [2] [2] F. Trivianto, "UNIT SENTRAL DATA SEBAGAI MEDIA PENGONTROL PERALATAN LISTRIK BERBASIS ATMEGA8515DAN POWER LINE CARRIER," dalam Seminar Proyek Akhir ke-2 PENS-ITS Surabaya, Surabaya, 2011.
- [3] [3] S. Haykin, *Communication Systems 4th Edition*, John Wiley & Sons, Inc., 2001.
- [4] [4] A. Heit, "Introduction to Phase Locked Loop," Slide of Diversity Tech – FPGA and board design service..
- [5] [5] M. Readman, "Phase Locked Loops," paper of control-system-principles.co.uk.
- [6] [6] N/A, "https://seruniaudio.com/," [Online]. Available: https://seruniaudio.com/tipe-mikrofon/. [Diakses 15 Mei 2020].
- [7] [7] R. Sudaryanto dan H. S. Basuki, "Pengiriman Data Pengendali Beban Listrik Jaringan Memakai PLC (Power Line Carrier) Berbasis Mikrokontroler AT89C51".
- [8] [8] A. Narendra, *Penelitian Sistem Audio Stereo Dengan Media Transmisi Jala Jala Listrik*, Salatiga: Universitas Kristen Satya Wacana, 2015.
- [9] [9] B. Murtianta, "Sistem Modulator dan Demodulator BPSK dengan Costas Loop.," echné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika , vol. 14 No.1, pp. 17-26, 2015.
- [10] [10] B. P. Lathi, *Modern Digital And Analog Communication System Third Edition*, New York: Oxford University Press, 1998.
- [11] [11] H. S. Ronie, Anhar dan R. Amri, "Rancang Bangun Demodulator FM," Jom FTEKNIK, vol. Volume 1, no. 2, 2014.
- [12] [12] R. D. A. Putranto, "Pemanfaatan Jala-jala Sebagai Media Komunikasi Audio Dengan Menggunakan Modulasi Frekuensi," 2003.
- [13] [13] V. R. Purnomo, "Sistem Pengendali Peralatan Elektronik Serta Pemantauan Suhu Ruangan Berbasis Mikrokontroler Dengan Media Komunikasi Jala-jala," *Techne Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, vol. 13, no. 1, pp. 37-51, 2014.
- [14] [14] X. Carcelle, *Power Line Communication in Practice*, Paris: Groupe Eyrolles, 2006.
- [15] [15] B. Herdiana, "PEMODELAN COUPLING CAPACITOR dan WAVE TRAP PADA SISTEM KOMUNIKASI JALA-JALA TEGANGAN TINGGI," *Majalah Ilmiah Unikom*, vol. 14, no. 1, pp. 75-83, 2019.
- [16] [16] F. D. L. Rosa, *Harmonics and Power System*, Missouri: Taylor & Francis Group, 2006.
- [17] [17] Texas Instrument, *Datasheet for LM565/565C*, Dallas: Texas Instrument, 1999.
- [18] [18] D. Darlis, "PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PROSESOR OFDM BASEBAND UNTUK PROTOTIPE MODEM PLC PADA FPGA," *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Telekomunikasi*, vol. 15, no. 2, 2010.
- [19] [19] N/A, "elektronika-dasar.web.id," 2 March 2020. [Online]. Available: http://elektronika-dasar.web.id. [Diakses 20 May 2020].