

UNJUK KERJA SISTEM OFDM DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA VFFT PADA KANAL AWGN

N.K.W.Trisnawati¹, N.M.A.E.D. Wirastuti², I.G.A.K.D.D. Hartawan³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

^{2,3}Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus Unud Jimbaran, Kec. Kuta Sel, Kabupaten Badung, Bali 80361

Email : wahyuni.trisnawati@student.unud.ac.id¹, dewi.wirastuti@ee.unud.ac.id²,

igak.diafari@ee.unud.ac.id³

ABSTRAK

Kompleksitas sistem memiliki pengaruh terhadap beban komputasi dan biaya implementasi dari sistem. Penerapan *Fast Fourier Transform* (FFT) dalam sistem OFDM membutuhkan perhitungan intensif sehingga akan mempengaruhi beban komputasi dan kompleksitas sistem menjadi semakin meningkat. Terdapat algoritma *Very Fast Fourier Transform* (VFFT) yang memiliki kompleksitas lebih rendah dibandingkan algoritma *Fast Fourier Transform* yang dapat menggantikan FFT dengan akurasi *floating-point*. Penelitian bertujuan mengetahui bagaimana unjuk kerja sistem OFDM dengan menerapkan algoritma FFT dan VFFT melalui kanal AWGN, ditinjau berdasarkan parameter nilai *Bit Error Rate* (BER) berbanding dengan nilai E_b/N_0 . Hasil simulasi yang dilakukan menunjukkan bahwa sistem OFDM yang menerapkan algoritma FFT memiliki nilai BER yang lebih baik, hal ini ditunjukkan ketika nilai $E_b/N_0 = 6$ dB, nilai BER lebih rendah atau kurang dari 10^{-2} , dibandingkan dengan sistem OFDM yang menerapkan algoritma VFFT dengan nilai BER adalah 10^{-2} , dengan tren yang hampir sama. Hal ini karena terdapat *row gain* yang tidak seragam pada sistem OFDM(VFFT). Namun dengan kelemahan ini dapat meminimalkan kompleksitas sistem OFDM.

Kata kunci : OFDM, FFT, VFFT, BER, E_b/N_0

ABSTRACT

The computational load and implementation costs of a system are affected by its complexity. The Fast Fourier Transform(FFT) algorithm use in an OFDM system necessitates intensive calculations, which affects the computational load and system complexity. There is a Very Fast Fourier Transform(VFFT) algorithm which has lower complexity than the FFT, and can replace FFT with Floating-Point accuracy. The aim of this study is to determine the performance of the OFDM system by using the FFT and VFFT algorithms over the AWGN channel, based on parameter value of BER vs. E_b/N_0 . According to the simulation results, show that the OFDM (FFT) system has a better BER value, where when E_b/N_0 reaches 6 dB the BER value is less than 10^{-2} , while the OFDM(VFFT) system with a BER value is 10^{-2} , but still has almost the same trend. This is because there is non uniform row gain in the OFDM(VFFT) system. However, with this weakness, OFDM(VFFT) can minimize the complexity of the OFDM system.

Key Words : OFDM, FFT, VFFT, BER, E_b/N_0

1. PENDAHULUAN

Berkembangnya penerapan teknologi digital untuk akses informasi, edukasi, *entertainment*, konektivitas dan komunikasi, serta e-commerce saat ini tidak terlepas dari adanya kemajuan pada bidang

telekomunikasi. Pembangunan layanan generasi kelima (5G) di beberapa lokasi di Indonesia walau belum meratanya ketersediaan layanan jaringan 4G di Indonesia merupakan salah satu contoh pesatnya bidang telekomunikasi sebagai

infrastruktur layanan-layanan tersebut [1]. Berdasar hasil dari *Survei World Economic Forum* pada tahun 2020, penerapan teknologi IoT dan cloud computing telah dilakukan oleh 95% pelaku industri nasional, utamanya di tengah merebaknya wabah virus Corona. Teknologi IoT dan cloud computing mempunyai kebutuhan yang signifikan dari manfaat teknologi 5G [2].

Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM), salah satu teknologi dibalik layanan jaringan generasi keempat dan kelima untuk menyediakan akses data berkecepatan tinggi ke pengguna akhir. OFDM telah banyak digunakan oleh berbagai standar populer seperti LTE dan WLAN [3].

Algoritma *Inverse Fast Fourier Transform* (IFFT) dan *Fast Fourier transform* (FFT) diterapkan dalam sistem OFDM untuk pembentukan dan penguraian simbolnya. Sedangkan algoritma *Very Fast Fourier Transform* (VFFT) memiliki kompleksitas lebih rendah dibandingkan algoritma IFFT/FFT. Kompleksitas yang rendah pada suatu sistem nantinya akan berpengaruh terhadap beban komputasi serta biaya implementasinya [4]. Algoritma VFFT diterapkan untuk dapat mengurangi kompleksitas sistem OFDM pada tahun 2006 [4].

Berdasar penjabaran tersebut, maka dalam penelitian ini akan menyimulasikan unjuk kerja dari penerapan algoritma FFT dan VFFT pada sistem OFDM pada kanal AWGN berdasar parameter *Bit Error Rate* berbanding dengan *Eb/No*. Selanjutnya unjuk kerja kedua algoritma ini akan dibandingkan.

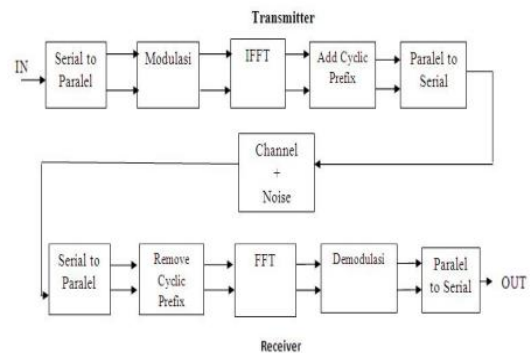
2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)

OFDM adalah suatu teknik dalam pentransmisi sinyal yang mana *subcarriernya* saling orthogonal, sehingga memiliki keunggulan dapat menghemat ketersediaan bandwidth yang ada.

Prinsip kerja sistem OFDM, yakni membagi aliran data yang berkecepatan tinggi menjadi sederetan aliran data yang

berkecepatan rendah dan setiap aliran membutuhkan bandwidth yang jauh lebih rendah dari bandwidth koheren *channel* sehingga dapat membuat informasi dalam OFDM tahan terhadap *frekuensi selective fading* [3]. Secara sederhana diagram blok sistem OFDM ditunjukkan Gambar 1 yang terdiri dari blok *transmitter*, *channel*, dan *receiver*.



Gambar 1. Diagram blok dari sistem OFDM [5]

2.2 Fast Fourier Transform Algorithms (FFT)

Algoritma FFT digunakan dalam merepresentasikan suatu sinyal baik dalam domain waktu diskrit maupun frekuensi. Sedangkan *Discrete Fourier Transform* (DFT) adalah metode matematis untuk mentransformasi sinyal pada domain waktu diskrit ke dalam frekuensi domain. Secara matematis suatu barisan data $x(n)$, panjang N , dalam DFT dapat didefinisikan sebagai berikut [7].

$$x(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)W_N^{nk}, 0 \leq k \leq N - 1 \dots (1)$$

dengan,

$x(n)$ = nilai dari pengambilan sampel sinyal saat n , berupa nilai diskrit

N = total dari banyaknya n ,

$x(k)$ = resultan penjumlahan vektor real dan imajiner saat indeks k , k merupakan bilangan positif yang memiliki nilai $0, 1, 2, 3, \dots, N-1$,

$$W_N^{nk} = \text{memiliki nilai } e^{-\frac{j2\pi nk}{N}}$$

2.3 Very Fast Fourier Transform Algorithms (VFFT)

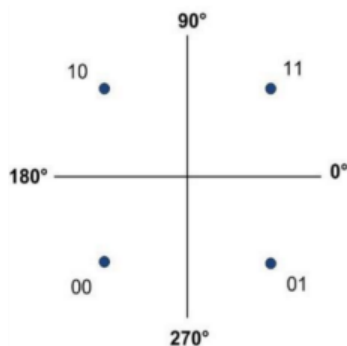
Very Fast Fourier Transform (VFFT) merupakan algoritma yang dapat digunakan dalam melakukan komputasi pada Discrete Fourier Transform (DFT). Algoritma VFFT dapat mengurangi kompleksitas pada Fast Fourier Transform (FFT), yaitu dengan cara menggantikan FFT menggunakan akurasi floating-point. Pada VFFT terdapat matriks G_N untuk menggantikan matriks Fourier dengan kompleksitas implementasi yang lebih rendah. Operasi DFT menunjukkan perkalian antara time domain data vector, x , dengan matriks Fourier, F_N , untuk menghasilkan frequency domain data vektor, s , [8]

$$s = F_N x \dots\dots\dots (2)$$

dengan F_N menunjukkan $N \times N$ matriks Fourier. Pada approximate form, F_N digantikan oleh G_N yang hanya berisikan $\{0, \pm 1, \pm j, \pm 1 \pm j\}$ [8].

2.4 QPSK

Sinyal informasi digital yang dikirimkan dalam modulasi Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) ditumpangkan pada sinyal carrier dengan merubah fasa dari sinyal carrier. Modulasi ini memiliki empat fasa keluaran untuk menyatakan empat simbol. Setiap simbol dari modulasi QPSK dinyatakan dalam dua bit, yakni 00, 01, 11, 10.



Gambar 2. Diagram Konstelasi Modulasi QPSK [9]

Dua bit yang dimiliki dapat dikirimkan dalam satu simbol sinyal termodulasi, sehingga modulasi ini dua kali

lebih tinggi dalam hal efisiensi penggunaan bandwidth daripada modulasi BPSK.

2.5 KANAL AWGN

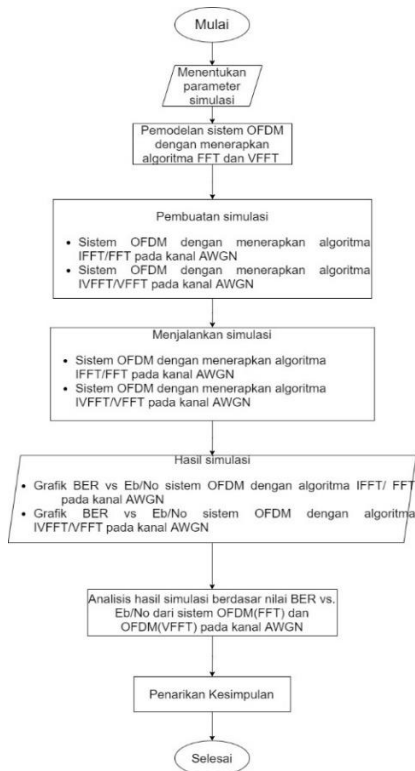
Kanal Additive White Gaussian Noise (AWGN) berisikan penambahan gangguan pada informasi berupa gangguan linier dari white noise yang memiliki uniform power pada seluruh pita frekuensi dan distribusi probabilitas dari noise sample adalah Gaussian dengan rata-rata nol. Thermal noise merupakan sumber gangguan dalam saluran yang disebabkan pergerakan elektron secara acak.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini memiliki tujuan mengetahui bagaimana unjuk kerja pada sistem OFDM dengan menerapkan algoritma FFT dan sistem OFDM dengan menerapkan algoritma VFFT melalui kanal AWGN menggunakan aplikasi Matlab. Simulasi pertama dengan menjalankan simulasi sistem OFDM (FFT) yang dilanjutkan dengan simulasi sistem OFDM (VFFT). Hasil simulasi akan dianalisis dan dibandingkan unjuk kerja kedua sistem tersebut berdasarkan parameter nilai Bit Error Rate berbanding dengan nilai Eb/No.

3.1 Alur Penelitian

Penelitian diawali penentuan parameter, dilanjutkan dengan pemodelan sistem dengan mempergunakan aplikasi Matlab R2016a. Hasil Simulasi performansi sistem pada Matlab R2016a menghasilkan grafik dan nilai Bit Error Rate berbanding dengan nilai Eb/No untuk kemudian dianalisis. Flowchart dari alur penelitian ditampilkan pada bagian Gambar 3.



Gambar 3. Bagan Penelitian

3.2 Parameter

Dalam penelitian ini, simulasi dari sistem OFDM menggunakan parameter sebagai berikut.

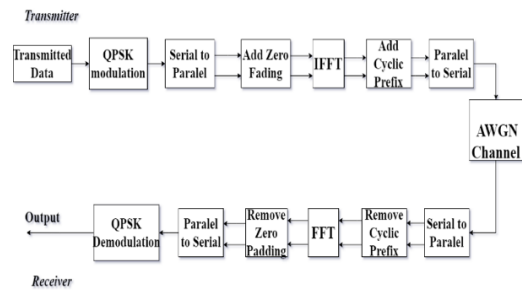
Tabel 1. Parameter dari Simulasi

Parameter	Nilai
Panjang simbol OFDM	64
Jumlah subcarrier	52
Jumlah simbol FFT	64
Jumlah simbol VFFT	64
Tipe modulasi	QPSK
Symbol Rate	6000000 (250 ksymbol/s)
Guard periode type	Cyclic prefix (CP)
Panjang CP	16
Nilai Eb/No	0 : 10 dB
Jenis kanal	AWGN

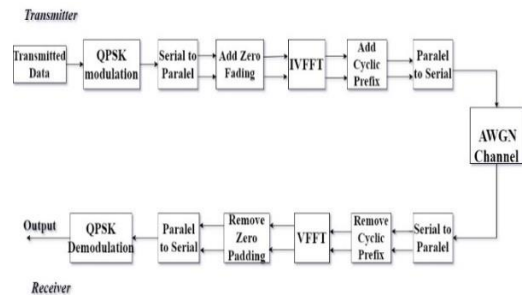
3.3 Pemodelan Simulasi Sistem OFDM

Pemodelan simulasi sistem OFDM pada kanal AWGN ditampilkan pada bagian sub ini. Kedua blok diagram memiliki perbedaan yakni ketika proses pembentukan dan pemisahan simbol

OFDM. Algoritma IFFT/FFT diterapkan pada Gambar 4, sedangkan algoritma IVFFT/VFFT diterapkan pada Gambar 5 sebagai metode untuk pembentukan-pemisahan simbol OFDM. Kedua simulasi dilakukan untuk mengetahui performansi sistem dengan penerapan algoritma berbeda yang ditampilkan dalam grafik dengan parameter unjuk kerja nilai *Bit Error Rate* berbanding dengan nilai *Eb/No*



Gambar 4. Diagram blok sistem OFDM dengan menerapkan algoritma IFFT/FFT



Gambar 5. Diagram blok sistem OFDM dengan menerapkan algoritma IVFFT/VFFT

Pemodelan sistem dapat dijelaskan sebagai berikut. Data masukan berupa bit inputan pada transmitter akan dibangkitkan oleh *Bernoulli Binary Generator* secara acak. Selanjutnya bit data dimodulasi menggunakan teknik QPSK untuk dibentuk menjadi simbol-simbol berdasar konstelasi modulasi QPSK. Hasil modulasinya selanjutnya diubah, dari deretan data serial ke dalam bentuk paralel. Untuk mencegah *Intercarrier Interference*, bit nol akan disisipkan di antara sub-sub carrier pada *zero padding*. Selanjutnya, memasuki blok IFFT untuk pembentukan simbol OFDM, sedangkan untuk Gambar 5 akan memasuki blok IVFFT untuk pembentukan simbol OFDM, yang akan memiliki nilai $\{0, \pm 1, \pm$

$j, \pm 1 \pm j$. Untuk membantu mencegah terjadinya *Intersymbol Interference* (ISI) terdapat penambahan *Cyclic Prefix* (CP) sebagai *guard band*. Deretan data yang paralel diubah kembali menjadi deretan data serial sebelum ditransmisikan melalui kanal transmisi berupa kanal yang hanya terpengaruh noise AWGN.

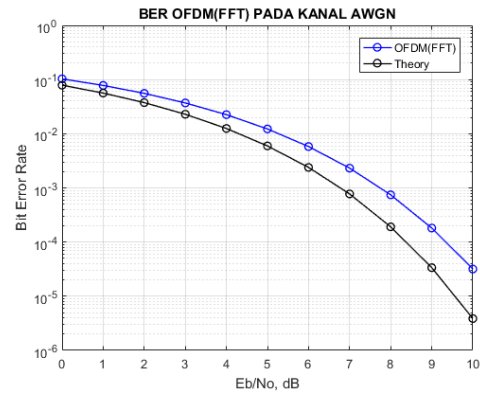
Proses pada *receiver* merupakan proses kebalikan dari sisi *transmitter*. Dimulai dari data dalam bentuk serial, kemudian diubah kembali menjadi bentuk paralel. Selanjutnya *cyclic prefix* yang telah disisipkan pada data sebelumnya di bagian pengirim akan dipisahkan dengan cara menghilangkan *interval guard* sehingga hanya diperoleh data masukan yang sebenarnya dan siap untuk dikirim ke proses berikutnya. Pada blok FFT dan VFFT, simbol-simbol OFDM yang dihasilkan sebelumnya kemudian dipisahkan dari frekuensi *carrier* nya. Selanjutnya melalui proses *remove zero padding*, deretan data yang berbentuk paralel dikonversikan menjadi bentuk serial agar informasi dapat diterima dengan baik pada *receiver* dan dilakukan proses demodulasi untuk mendapatkan bit keluaran.

Jika sudah mendapat hasil data keluaran dari sistem OFDM, untuk memperoleh nilai BER vs. Eb/No terdapat proses perbandingan antara bit-bit yang sudah terkirim dengan bit-bit diterima.

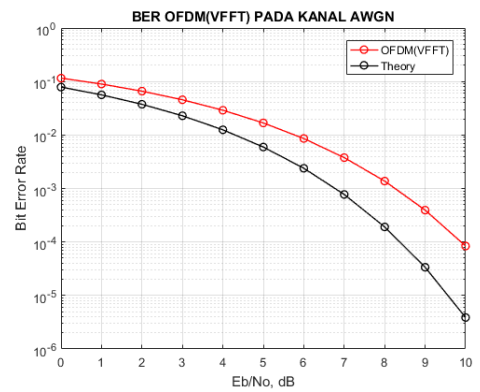
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi sistem OFDM dengan algoritma FFT dan simulasi sistem OFDM dengan algoritma VFFT dilakukan mengikuti pemodelan sistem OFDM pada Gambar 4 dan 5. Simulasi dilakukan bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja sistem OFDM dengan menerapkan algoritma FFT dan VFFT berdasar parameter unjuk kerja nilai *Bit Error Rate* berbanding nilai Eb/No.

Hasil simulasi sistem OFDM dengan algoritma FFT dan VFFT ditunjukkan oleh gambar 6 dan 7 secara berturut-turut.

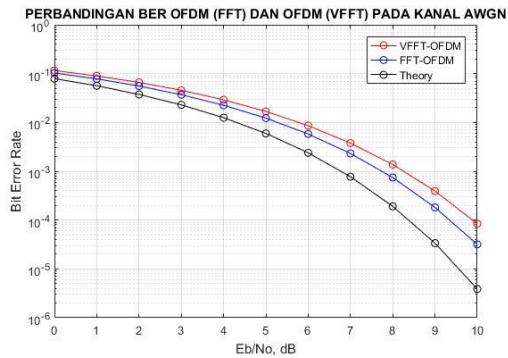


Gambar 6. Hasil Simulasi Unjuk Kerja Sistem OFDM dengan Algoritma FFT



Gambar 7. Hasil Simulasi Unjuk Kerja Sistem OFDM dengan Algoritma VFFT

Grafik pada gambar 6 dan 7 yang merupakan simulasi sistem OFDM dengan algoritma FFT dan VFFT memiliki tren yang hampir sama dan mendekati teori BER modulasi QPSK. Namun, setelah dilakukannya perbandingan dari kedua simulasi yang ditampilkan oleh gambar 8. menunjukkan bahwa sistem OFDM menggunakan algoritma FFT memiliki unjuk kerja lebih baik dibandingkan simulasi sistem OFDM dengan algoritma VFFT.



Gambar 8. Perbandingan Hasil Simulasi Unjuk Kerja Sistem OFDM dengan Algoritma FFT dan VFFT

Berdasarkan grafik yang ditampilkan pada gambar 8, terlihat bahwa sistem OFDM dengan algoritma VFFT agar dapat mencapai nilai *Bit Error Rate* dengan nilai 10^{-2} dibutuhkan nilai E_b/N_0 6 dB sedangkan sistem OFDM dengan menerapkan algoritma FFT saat nilai E_b/N_0 adalah 6 dB memiliki nilai *Bit Error Rate* yang lebih rendah atau kurang dari 10^{-2} . Hal ini dikarenakan pada sistem OFDM dengan algoritma FFT memiliki *row gain* yang *uniform*, sedangkan sistem OFDM dengan algoritma VFFT memiliki *row gain* yang *non uniform*. Namun, dengan kelemahan ini sistem OFDM yang menerapkan algoritma VFFT dapat meminimalkan adanya kompleksitas dari sistem [4].

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, sistem OFDM dengan algoritma FFT menampilkan hasil simulasi unjuk kerja yang lebih baik dibandingkan dengan sistem OFDM dengan algoritma VFFT, namun keduanya memiliki tren grafik yang hampir sama. Pada saat nilai E_b/N_0 bernilai 6 dB nilai *Bit Error Rate* yang dimiliki sistem OFDM dengan algoritma VFFT bernilai 10^{-2} , sedangkan sistem OFDM yang menerapkan algoritma FFT memiliki nilai *Bit Error Rate* lebih rendah dari 10^{-2} . Hal ini dikarenakan dalam sistem OFDM dengan algoritma FFT memiliki *row gain* yang *uniform*, sedangkan sistem OFDM dengan algoritma VFFT memiliki *row gain* yang *non uniform*. Namun, sistem OFDM yang menerapkan algoritma

VFFT dapat meminimalkan kompleksitas sistem.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kominfo. (2022). *Menkominfo: Jangan Sampai Ada Gangguan Layanan 4G di Wilayah 3T*. Diakses pada 22 Februari 2022, dari https://www.kominfo.go.id/content/detail/39600/siaran-pers-no-25hmkominfo012022-tentang-menkominfo-jangan-sampai-ada-gangguan-layanan-4g-di-wilayah-3t/0/siaran_pers
- [2] Kominfo. (2021). *Maksimalkan Manfaat 5G, Menkominfo: Pemerintah Galang Sinergitas 3 Bidang*. Diakses pada 22 Februari 2022, dari https://kominfo.go.id/content/detail/36980/siaran-pers-no-332hmkominfo092021-tentang-maksimalkan-manfaat-5g-menkominfo-pemerintah-galang-sinergitas-3-bidang/0/siaran_pers
- [3] Kansal, L.; Berra, S.; Mounir, M.; Miglani, R.; Dinis, R.; Rabie, K. Performance Analysis of Massive MIMO-OFDM System Incorporated with Various Transforms for Image Communication in 5G Systems. *Electronics* 2022, 11, 621. <https://doi.org/10.3390/electronics11040621>
- [4] N.M.A.E.D. Wirastuti, K.O. Saputra, "KARAKTERISTIK DAN PERFORMANSI SISTEM VFFT/OFDM", Seminar Nasional Sains dan Teknologi (Senastek), 2014
- [5] Abdillah, Kusuma, and Yoedy Moegiharto. "Analisa Kinerja Orthogonal Frequency Division Multiplexing Berbasis Perangkat Lunak." *EEPIS Final Project* (2010).
- [6] Alfina, R., Arifianto, I., Astharini, D., & Wulandari, P. (2019). Mendisain GUI Untuk Menampilkan Nilai FFT dan IFFT Menggunakan LabVIEW. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 21(1), 50-56.
- [7] Azim, A. Computational performances of OFDM using different FFT algorithms. *Int. J. Communications, Network and System Sciences*, 2013, 6, 346-350

- [8] Wirastuti, N. M. A. E. D., Noras, J. M., & Jones, S. M. R. (2005). Evaluation of the very fast fourier transform applied to OFDM.
- [9] Mayzar, D.K., Dwiyantri, D., & Ananda, F.E. (2020). Rancang Bangun Simulasi Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) Berbasis Graphical User Interface (GUI).
- [10] Dhyaksa, IBGD, Wirastuti, NMAED, & Widyantara, IMO (2014). Reduction of Peak to Average Power Ratio (PAPR) on DFT-OFDM Using Clipping Filtering Technique. *SPECTRUM Journal*, 1 (1), 1-5.