

# ANALISIS REDUKSI PAPR PADA OFDM MENGGUNAKAN METODE KOMBINASI SELECTED MAPPING (SLM) DAN PARTIAL TRANSMIT SEQUENCES (PTS)

## *PAPR Reduction Analysis Using Combined Methodology of Selected Mapping (SLM) and Partial Transmit Sequences (PTS)*

Suryananda Padmadinata<sup>1</sup>, Dr. Arfianto Fahmi, S.T., M.T.<sup>2</sup>, Linda Meylani, S.T., M.T.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom Bandung

<sup>1</sup>Surya140194@gmail.com, <sup>2</sup>arfiantof@telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup>lindameylani79@gmail.com

### Abstrak

OFDM merupakan teknik modulasi *multicarrier* dimana mempunyai kemampuan dalam melakukan transmisi data berkecepatan tinggi terutama pada kanal *multipath*, serta efisien dalam penggunaan bandwidth. Akan tetapi OFDM ini mempunyai kelemahan. Salah satu kelemahan sistem OFDM adalah besarnya PAPR dimana nilai daya maksimum sinyal OFDM akan jauh lebih besar dibandingkan daya rata-ratanya. Ada beberapa teknik untuk mereduksi PAPR ini, seperti PTS, SLM, dan *clipping*.

Pada jurnal ini dianalisis teknik kombinasi serial SLM dan PTS dibandingkan dengan teknik SLM dan PTS pada performansi PAPR dan BER. Dimana pada teknik kombinasi serial PTS-SLM, teknik PTS diletakkan sebelum teknik SLM. Sedangkan pada teknik SLM-PTS, teknik SLM diletakkan sebelum teknik PTS.

Hasil dari penelitian ini, adalah teknik yang mempunyai nilai performansi yang paling optimum yaitu teknik kombinasi serial SLM-PTS dengan menghasilkan perbaikan PAPR sebesar 4,1 dB, sedangkan perbaikan BER sebesar 6,95 dB pada saat  $U=8$  dan  $V=8$ .

**Kata kunci :** PAPR, PTS, SLM

### Abstract

OFDM is a multicarrier modulation technique which has the ability to perform high speed data transmission, especially in multipath channels, as well as the efficient use of bandwidth. However, this OFDM has a weakness. One disadvantage is the high PAPR OFDM systems where the value of the maximum power OFDM signal will be much larger than the average power. There are several techniques to reduce PAPR, such as PTS, SLM, and clipping.

In this paper, analyzed serial combination techniques SLM and PTS compared with SLM and PTS techniques on PAPR and BER performance. Where the serial combination techniques PTS-SLM, PTS technique placed before the SLM technique. While on SLM-PTS technique, technique SLM placed before the PTS technique.

The result of this study, is a technique that has a value most optimum performance is technique SLM-PTS serial combination by generating improvement of 4,7212 dB PAPR, whereas BER improvement of 0,581 dB when  $U=16$  and  $V=16$ .

**Keyword :** PAPR, PTS, SLM

## 1. Pendahuluan

OFDM merupakan teknik modulasi *multicarrier*. Saat ini teknik OFDM telah menarik perhatian, dikarenakan kemampuan OFDM dalam melakukan transmisi data berkecepatan tinggi terutama pada kanal *multipath* serta efisiensi dalam penggunaan *bandwidth*. Akan tetapi OFDM ini mempunyai kelemahan salah satunya adalah besarnya PAPR. Tingginya PAPR akan mengakibatkan amplifier akan bekerja pada daerah nonlinear yang artinya amplifier tidak dapat beroperasi dengan efisien.

Pada penelitian sebelumnya [3] telah dilakukan teknik kombinasi SLM dan PTS secara paralel, dimana pada metode ini akan memilih antara PTS atau SLM yang mempunyai nilai PAPR terendah. Sedangkan pada jurnal ini dianalisis teknik kombinasi PTS dan SLM secara serial dan dibandingkan dengan teknik SLM dan teknik PTS. Teknik kombinasi serial PTS dan SLM ini dilakukan dengan meletakkan teknik SLM sebelum teknik PTS dan meletakkan teknik PTS sebelum teknik SLM. Nilai yang diperoleh dilihat dari performansi perbaikan PAPR dan BER pada sistem OFDM.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Prinsip dasar OFDM

OFDM adalah teknik transmisi multicarrier yang membagi spektrum yang tersedia menjadi banyak subcarrier, dan masing-masing dimodulasi dengan bit kecepatan rendah. OFDM menyerupai teknik multicarrier konvensional, tetapi OFDM menggunakan spektrum lebih efisien dengan memisahkan kanal lebih berdekatan/overlapping. Ini dilakukan dengan membuat semua carrier saling orthogonal satu sama lain.

### 2.2 Modulasi-Demodulasi sistem OFDM

Modulasi adalah proses perubahan suatu gelombang periodik sehingga menjadikan suatu sinyal mampu membawa suatu informasi. Dengan proses modulasi suatu informasi dapat masuk ke dalam suatu gelombang pembawa. Sedangkan proses demodulasi adalah kebalikan dari proses modulasi, dimana demodulasi merupakan proses suatu sinyal modulasi yang dibentuk kembali seperti aslinya dari suatu gelombang pembawa (*carrier*) yang termodulasi. Jenis modulasi yang digunakan dalam OFDM ini dapat berupa QPSK, 16QAM, maupun 64QAM.

### 2.3 Guard Interval dan Cyclic Prefix

OFDM guard interval dapat dilakukan dengan dua cara yang berbeda. Salah satunya adalah zero padding (ZP), dimana guard interval diisi dengan zero. Metode yang lainnya adalah dengan cyclic prefix (CP) atau cyclic suffix (CS) [6]. Penambahan CP akan memperlebar simbol OFDM dengan mengkopikan bagian terakhir dari simbol OFDM untuk kemudian diletakkan pada bagian depan simbol yang ditransmisikan, disimbolkan dengan  $T_g$  (time guard) [6].

Terdapat dua keuntungan dengan menambahkan CP pada suatu simbol OFDM. Keuntungan pertama adalah CP akan menghindari terjadinya ISI karena CP berperan sebagai ruang penjaga (guard space) antara dua simbol berturut-turut. Keuntungan kedua yakni CP mengubah konvolusi linear dengan respon impulse kanal menjadi konvolusi cyclic. Oleh karena konvolusi cyclic pada domain waktu menjadi perkalian skalar pada domain frekuensi maka subcarrier akan tetap orthogonal dan tidak ada ICI [5][6].

### 2.4 Peak to Average Power Ratio (PAPR)

Sinyal transmisi pada OFDM mempunyai nilai peak yang tinggi dibandingkan dengan single carrier system, karena banyak komponen subcarrier yang ditambahkan melalui operasi inverse fast Fourier transformation (IFFT). Oleh karena itu, PAPR yang tinggi merupakan salah satu kendala pada sistem OFDM. PAPR adalah perbandingan antara daya puncak sinyal dengan daya rata-ratanya. PAPR dari sinyal OFDM  $X(t)$  dirumuskan sebagai berikut [14]:

$$PAPR = \frac{\max_{t \in [0, T]} |x(t)|^2}{E[|x(t)|^2]} = \frac{\max_{n \in [0, N-1]} |x_n|^2}{E[|x_n|^2]} \quad (1)$$

Dimana  $x_n$  adalah sinyal OFDM setelah blok IFFT.  $E[\cdot]$  adalah operator ekspektasi yang merupakan daya rata-rata. Sinyal kompleks baseband OFDM untuk  $N$  subcarrier direpresentasikan sebagai [14]:

$$x(t) = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{j2\pi n \Delta f t}, \quad 0 \leq t \leq NT \quad (2)$$

Dimana  $j = \sqrt{-1}$ ,  $\Delta f$  adalah *sub-carrier spacing*, dan  $NT$  adalah periode dari simbol OFDM [16].

### 2.5 Partial Transmit Sequence (PTS)

Partial transmit sequence (PTS) merupakan teknik yang populer untuk mereduksi PAPR pada sistem OFDM. Tujuan utama teknik reduksi PTS adalah membagi blok data menjadi non overlapping sub-block dengan faktor rotasi yang independen. Faktor rotasi ini menghasilkan data domain waktu dengan amplitudo terendah. Pendekatan Partial Transmit Sequence (PTS) merupakan suatu teknik reduksi PAPR yang bekerja dengan menggabungkan beberapa sub-blok sinyal yang telah mengalami pergeseran fasa (phase-shifted) oleh suatu faktor fasa yang konstan. Dalam PTS, setiap subcarrier dipartisi menjadi beberapa sub-blok, dan setiap sub-blok dikalikan dengan suatu kombinasi fasa yang dipilih untuk meminimalkan PAPR.

### 2.6 Selected Mapping (SLM)

Selective mapping merupakan salah satu skema untuk mereduksi PAPR. Pada SLM ini memanfaatkan fakta bahwa PAPR dari sinyal OFDM yang sangat sensitif terhadap pergeseran fase pada data domain frekuensi. Penurunan PAPR dicapai dengan mengalihkan urutan fase independen ke data asli dan menentukan PAPR setiap urutan fase/kombinasi dengan PAPR terendah untuk ditransmisikan [11].

### 2.7 Amplifier

Amplifier berfungsi untuk menguatkan sinyal sebelum ditransmisikan, sehingga *receiver* bisa menangkap sinyal dengan baik. Hal ini disebabkan setiap receiver mempunyai batas sensitivitas sinyal yang diterima, serta pengaruh temperatur noise dari perangkat yang akan mempengaruhi nilai SNR yang merupakan salah satu parameter yang menyatakan kualitas sinyal [3][7]. Practical dan power-efficient amplifier akan memiliki respon nonlinear kecuali power amplifier beroperasi jauh dari titik saturasinya [19]. Pemilihan nonlinear model dari amplifier dipilih untuk memberikan akurasi dari simulasi yang dilakukan. Pada simulasi yang dilakukan dipilih model nonlinear amplifier *Solid State Power Amplifier* (SSPA). Karakteristik konversi power amplifier dimodelkan dengan model SSPA Rapp dengan fungsi karakteristik [19]:

$$v_{out} = \frac{L_{M2}}{|L_{M2}|} \frac{v_{in}}{1 + p \left( \frac{|v_{in}|}{v_{sat}} \right)^{2p}} \quad (3)$$

Dimana  $v_{in}$  dan  $v_{out}$  merupakan input dan output kompleks,  $v_{sat}$  merupakan output pada saturasi point dan  $p$  adalah *knee factor* yang mengontrol *smoothness* transisi dari linear region ke saturasi region dari kurva karakteristik (biasanya  $p$  bernilai 1). Model SSPA sangat akurat dalam mendefinisikan karakteristik transfer amplifier *solid state* yang sekarang banyak digunakan pada transmitter [19].

### 2.8 Kanal Transmisi

Kanal adalah media antara pengirim dan penerima. Kanal transmisi, dalam hal ini wireless, merupakan salah satu komponen dalam sistem komunikasi yang paling sulit dikendalikan sebab berhubungan dengan udara sehingga

karakteristiknya berubah-ubah berdasarkan fungsi waktu. Selain itu, propagasi sinyal melalui medium udara memiliki beberapa permasalahan dan hambatan[7].

**2.8.1 Kanal Rayleigh**

Pada kanal komunikasi bergerak, distribusi Rayleigh digunakan untuk menjelaskan perubahan waktu dari selubung sinyal fading yang diterima, atau selubung dari satu komponen multipath. Telah diketahui bahwa selubung dari jumlah antara dua sinyal derau Gaussian membentuk distribusi Rayleigh.

**2.8.2 Kanal AWGN**

Pada kanal transmisi selalu terdapat penambahan noise atau derau yang timbul karena akumulasi noise termal (noise karena pengaruh suhu) dari transmitter, kanal transmisi, dan receiver. Noise yang menyertai sinyal pada sisi penerima dapat didekati dengan model matematis statistik AWGN. AWGN mempunyai distribusi derau dengan probability density function(pdf) sebagai berikut[5][13]:

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]$$

Dimana :

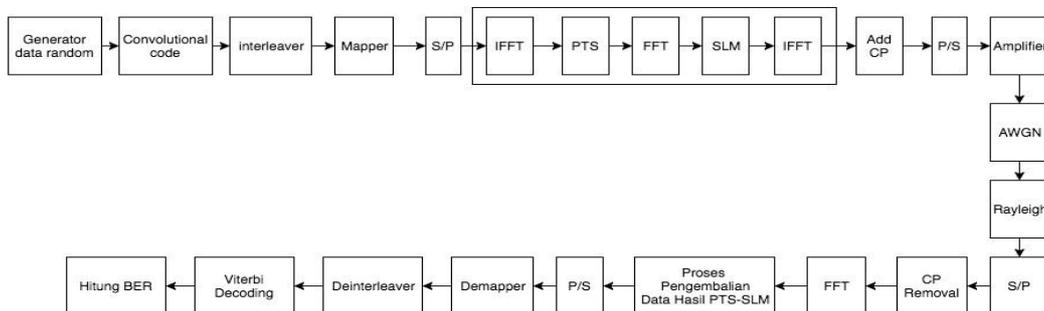
- p(x) = probabilitas kemunculan noise
- σ = standar deviasi
- μ = harga rata-rata (mean)
- x = variabel (tegangan atau daya sinyal yang muncul)

**3. PEMBAHASAN**

**3.1 Pemodelan Sistem**

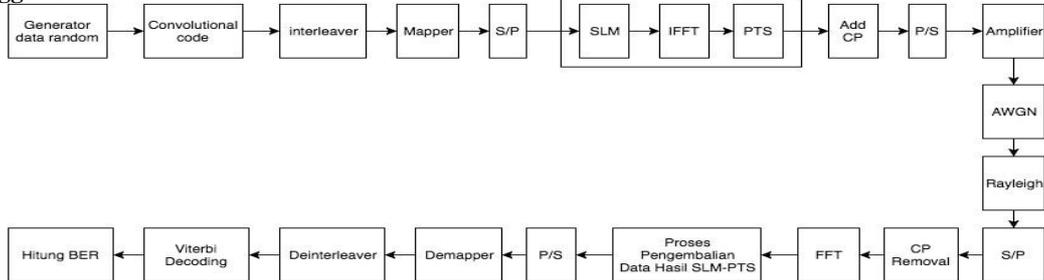
Berikut ini adalah pemodelan sistem yang disimulasikan

**3.1.1 Penggunaan Teknik Kombinasi Serial PTS-SLM**



Gambar 1. Model Sistem OFDM dengan teknik kombinasi serial PTS-SLM[3]

**3.1.2 Penggunaan Teknik Kombinasi Serial SLM-PTS**



Gambar 2. Model Sistem OFDM dengan teknik kombinasi serial SLM-PTS[3]

**3.1.3 Selected Mapping (SLM)**

Teknik selected mapping merupakan teknik reduksi yang bekerja dengan cara merubah nilai fasa deret data sehingga diharapkan dengan nilai fasa yang baru dapat mereduksi nilai PAPR dibandingkan sebelumnya. Berikut merupakan langkah-langkah reduksi PAPR dengan pendekatan SLM[17][18]:

1. Urutan data bit dipetakan ke titik konstelasi M-QAM atau QPSK untuk menghasilkan urutan simbol  $X_0, X_1, X_2, \dots$
2. Urutan simbol ini dibagi menjadi blok-blok dengan panjang N. N adalah jumlah subcarrier
3. Setiap blok  $X = [X_0, X_1, X_2, \dots, X_{N-1}]$  dikalikan oleh U yang mempunyai urutan fasa vektor yang berbeda  $B^{(u)} = [B_0^{(u)}, B_1^{(u)}, B_2^{(u)}, \dots, B_{N-1}^{(u)}]$

4. Satu set U blok data OFDM yang berbeda  $X^{(u)} = [X_0^{(u)}, X_1^{(u)}, \dots, X_{N-1}^{(u)}]^T$  terbentuk, dimana  $X_n^{(u)} = X_n \cdot B_n^{(u)}$ ,  $n = 0, 1, \dots, N-1$ ,  $u = 1, 2, \dots, U$ .
5. Mengubah  $X^{(u)}$  ke domain waktu untuk mendapatkan  $x^{(u)} = \sum_{L; <}^{-7} (X^{(u)})$ ,  $u = 1, 2, \dots, U$
6. Pilih diantara  $x^{(u)}$ ,  $u=1, 2, \dots, U$  yang mempunyai PAPR minimum untuk ditransmisikan.

**3.1.4 Partial Transmit Sequence (PTS)**

Pada pendekatan PTS, subcarrier OFDM di bagi menjadi beberapa sub-block, dan fasa dari setiap sub-block dirotasikan dengan suatu faktor pembobot untuk meminimalkan PAPR. Berikut merupakan langkah-langkah reduksi PAPR dengan pendekatan PTS:

1. Membagi sinyal *subcarrier* dalam domain frekuensi  $X = X_k$  ( $k = 0, 1, \dots, N-1$ ) menjadi V sub-blok dimana masing-masing sub-blok  $X^v$  terdiri dari  $M = \frac{N}{V}$  *subcarrier*, sehingga :

$$X^v = \sum_{L; <}^{-7} X^L, (0 \leq v \leq V - 1)$$

2. Bangkitkan deretan fasa  $\phi^{(L)} = e^{j\phi^{(L)}}$  dimana  $\phi^{(L)} \in [0, 2\pi)$ , untuk dikombinasikan dengan masing-masing sub-blok sehingga :

$$\tilde{X} = \sum_{L; <}^{-7} \phi^{(L)} X^L$$

3. Sinyal sub-blok yang telah mengalami pergeseran fasa diatas kemudian diproses dengan IDFT, yang menghasilkan :

$$\begin{aligned} x &= \text{IDFT } \tilde{X} \\ &= \sum_{L; <}^{-7} \phi^{(L)} \cdot \text{IDFT } X^L \\ &= \sum_{L; <}^{-7} \phi^{(L)} \cdot X^L \end{aligned}$$

Optimalisasi nilai peak dilakukan dengan memilih parameter  $\phi^{(L)}$  sehingga PAPR dapat terminimalisasi pada  $\phi^{(L)}$ . Deret optimum yang ditransmisi menjadi :

$$\sum_{L; <}^{-7} \phi^{(L)} \cdot X^L$$

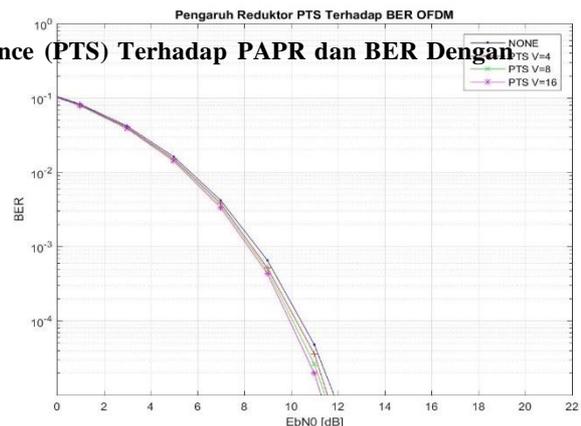
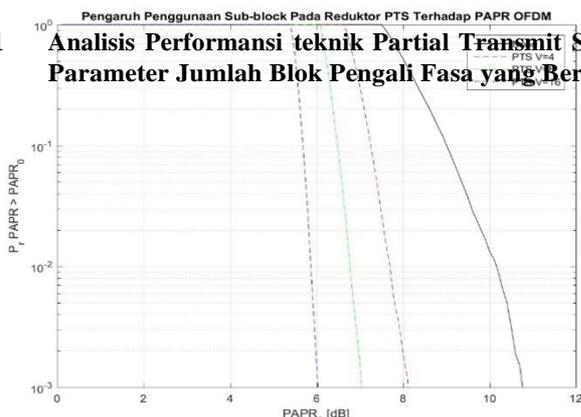
**3.2 Parameter Sistem**

Tabel 1. Parameter Sistem

Parameter	
Jumlah OFDM blok	10 <sup>4</sup>
Mapping	QPSK, 16-QAM, 64-QAM
Jumlah Subcarrier	128, 256, 512
U	4, 8, 16
V	4, 8, 16
Convolutional code	1/2

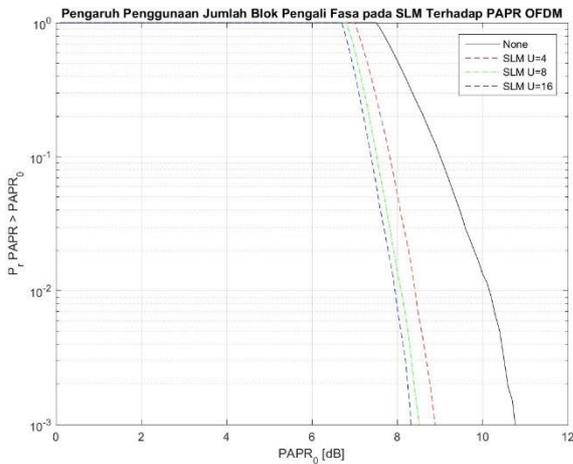
**4. Analisis Data Hasil Pengujian Sistem**

**4.1 Analisis Performansi teknik Partial Transmit Sequence (PTS) Terhadap PAPR dan BER Dengan Parameter Jumlah Blok Pengali Fasa yang Berbeda**

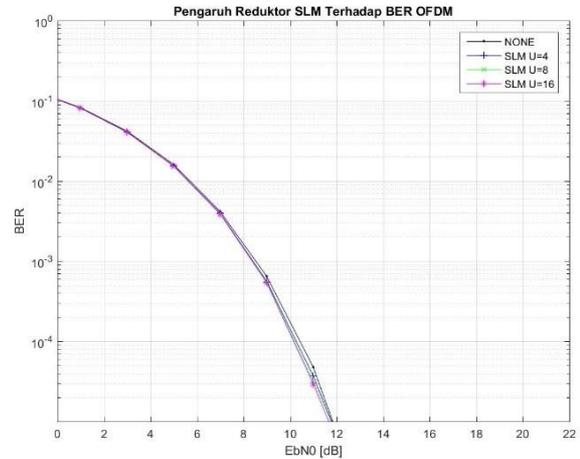


Dapat dilihat bahwa pada gambar 3 bahwa semakin besar nilai V, maka reduksi PAPR semakin meningkat. Untuk nilai CCDF sebesar  $10^{-3}$ , penurunan PAPR yang didapat sebesar 4,7306 dB pada V=16. Sedangkan pada BER, pada gambar 4 dapat kita lihat bahwa sistem reduktor PTS memberikan performansi yang lebih baik dibandingkan dengan sistem tanpa reduktor PAPR, yaitu sebesar  $2,74 \times 10^{-5}$  ketika V=16 pada EbNo 11 dB.

**4.2 Analisis Performansi Teknik Selective Mapping (SLM) Terhadap PAPR dan BER Dengan Jumlah Blok Pengali Fasa yang Berbeda**



Gambar 5. Grafik CCDF dengan teknik SLM

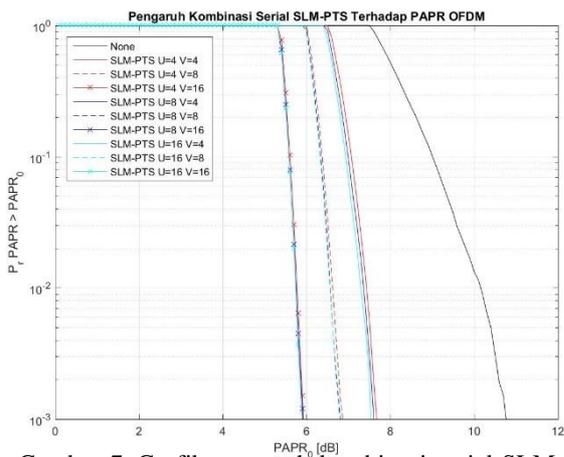


Gambar 6. Grafik BER dengan teknik SLM

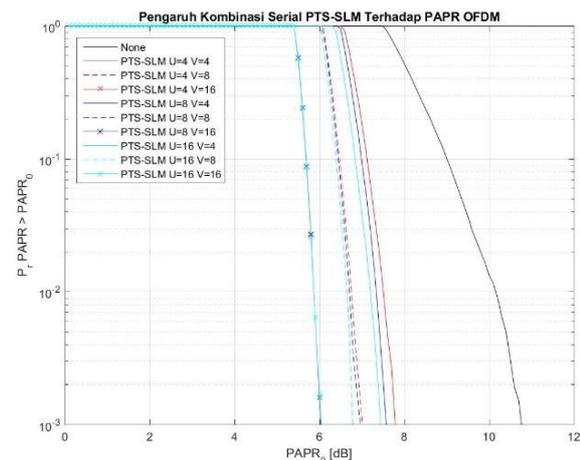
Berdasarkan gambar 5, dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah blok pengali fasa (U) maka reduksi PAPR semakin baik. Untuk nilai CCDF  $10^{-3}$ , terdapat penurunan PAPR sebesar 2,4423 dB pada U=16. Berdasarkan gambar 6, dapat kita lihat bahwa sistem dengan reduktor SLM memberikan performansi BER yang lebih baik, yaitu sebesar  $1,79 \times 10^{-5}$  ketika U=16 pada EbNo 11 dB.

**4.3 Analisis Performansi Teknik Kombinasi Selective Mapping (SLM) dan Partial Transmit Sequence (PTS) Sebagai Reduktor PAPR**

Dari gambar 7 dapat dilihat bahwa variasi dari jumlah blok pengali fasa (U) dan jumlah sub-blok (V) yang digunakan berpengaruh pada performansi skema kombinasi serial SLM-PTS dalam menurunkan nilai PAPR. Nilai perbaikan PAPR terbesar diperoleh pada saat U=16 dan V=16 yaitu sebesar 4,872 dB.



Gambar 7. Grafik pengaruh kombinasi serial SLM-PTS terhadap PAPR



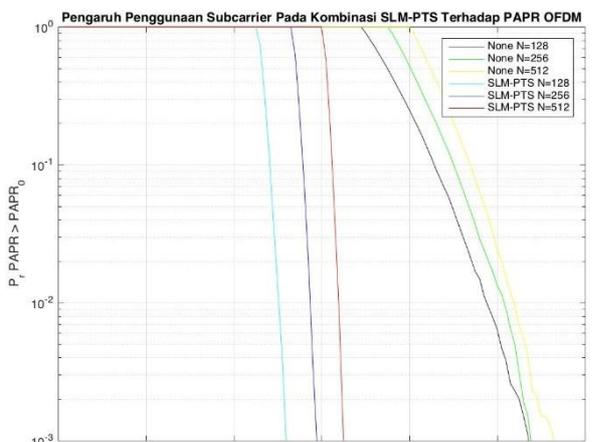
Gambar 8 Grafik pengaruh kombinasi serial PTS-SLM terhadap nilai PAPR

Sedangkan pada teknik PTS-SLM dari gambar 8 dapat dilihat bahwa variasi kombinasi parameter U dan V berpengaruh pada nilai perbaikan PAPR yang diperoleh. Perbaikan nilai PAPR terbesar pada CCDF  $10^{-3}$  diperoleh sebesar 4,7212 dB pada saat nilai U=16 dan V=16. Pada teknik kombinasi serial SLM-PTS dan PTS-SLM yang memberikan kontribusi lebih besar adalah nilai pada jumlah sub-blok (V) yang digunakan.

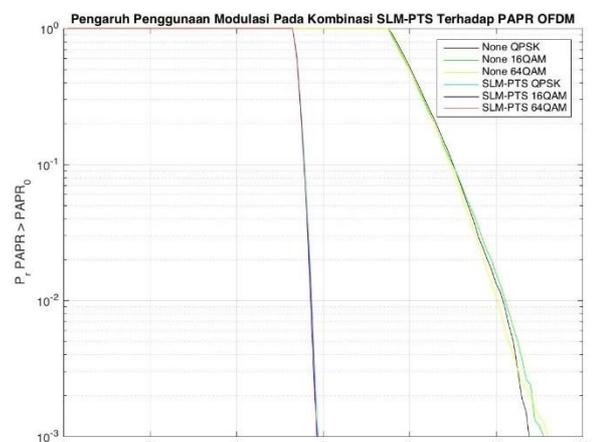
**4.4 Analisis Perbandingan Performansi Teknik Kombinasi SLM dan PTS dengan Teknik SLM dan Teknik PTS terhadap PAPR dan BER Pada Sistem OFDM**

Dari gambar 3-8 yang telah kita dapatkan, dapat terlihat bahwa teknik SLM dengan U=16 mampu menghasilkan perbaikan nilai PAPR sebesar 2,4423 dB dan teknik PTS dengan V=16 mampu menghasilkan perbaikan nilai PAPR sebesar 4,7306 dB. Untuk skema kombinasi serial PTS-SLM dengan U=16 V=16 mampu menghasilkan perbaikan PAPR sebesar 4,7212 dB dan skema serial SLM-PTS dengan U=16 V=16 mampu menghasilkan perbaikan PAPR sebesar 4,872 dB. Masing-masing skema reduktor PAPR ini mempunyai performansi yang baik dalam hal menurunkan nilai PAPR. Akan tetapi, teknik kombinasi SLM-PTS dengan U=16 V=16 mampu menghasilkan perbaikan PAPR paling besar yaitu 4,872 dB. Perbaikan yang diperoleh lebih besar 0,1414 dB dibandingkan dengan teknik PTS, lebih besar 0,1508 dB dibandingkan teknik PTS-SLM dan lebih besar 2,427 dB dibandingkan dengan teknik SLM.

**4.5 Analisis Performansi Kombinasi SLM Dan PTS Sebagai Reduktor PAPR Dengan Jumlah Variasi Jumlah Subcarrier dan Jenis Modulasi**



Gambar 9. Grafik performansi kombinasi SLM-PTS dengan variasi subcarrier



Gambar 10. Grafik performansi kombinasi SLM-PTS dengan variasi modulasi

Dapat dilihat pada gambar 9 bahwa jumlah subcarrier dapat mempengaruhi nilai PAPR yang diperoleh. Semakin besar jumlah subcarrier yang digunakan, maka semakin besar nilai PAPR yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan hasil superposisi dari dua atau lebih subcarrier dapat menghasilkan variasi daya dengan nilai peak yang besar, sehingga dengan semakin banyaknya jumlah subcarrier yang digunakan, maka peluang nilai PAPR yang besar lebih tinggi. Kebutuhan PAPR paling tinggi terdapat pada jumlah subcarrier 512 yaitu 6,5 dB dimana perbaikan PAPR yang dihasilkan adalah sebesar 4,8 dB. Tampak pada gambar 10 bahwa variasi jenis modulasi yang digunakan berpengaruh pada nilai PAPR yang diperoleh, akan tetapi nilainya tidak signifikan.

**4.7 Trade Off BER dan PAPR Teknik Kombinasi SLM dan PTS Pada Sistem OFDM**

Dapat dilihat dari tabel 2 dari urutan performansi PAPR dan BER, yang mempunyai nilai performansi terbaik pada PAPR dan BER adalah teknik SLM-PTS dengan U=16 dan V=16 sebesar 4,872 dB dan 0,549 dB. Hal ini dikarenakan dengan adanya penurunan nilai PAPR pada sinyal OFDM berpengaruh terhadap nilai dari amplifier yang secara tidak langsung amplifier ini berpengaruh juga terhadap nilai dari BER, sehingga ketika PAPR yang didapat semakin kecil maka perbaikan yang terjadi pada BER secara tidak langsung semakin besar. Berdasarkan pembahasan diatas maka trade off antara PAPR dan BER pada teknik yang telah diujikan, teknik kombinasi serial SLM-PTS dengan U=16 dan V=16 mempunyai nilai perbaikan paling optimum, karena mampu menghasilkan perbaikan PAPR maupun BER secara signifikan jika di bandingkan dengan teknik PTS-SLM dengan U=16 dan V=16 , teknik SLM dengan U=16, dan teknik PTS dengan V=16.

Tabel 2. Trade off antara PAPR dan BER

Teknik Reduktor	PAPR pada CCDF 10 <sup>-3</sup>	EbNo pada BER 10 <sup>-3</sup>	Perbaikan PAPR	Perbaikan BER
Tanpa Reduktor	10,7645 dB	11,834 dB	-	-
PTS V=16	6,0339 dB	11,285 dB	4,7306 dB	0,549 dB
SLM U=16	8,3222 dB	11,661 dB	2,4423 dB	0,173 dB
Kombinasi serial SLM-PTS U=16 V=16	5,8925 dB	11,253 dB	4,872 dB	0,581 dB
Kombinasi serial PTS-SLM U=16 V=16	6,0433 dB	11,3088 dB	4,7212 dB	0,5252 dB

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan trade off antara PAPR dan BER pada teknik yang telah diujikan, teknik kombinasi serial SLM-PTS dengan U=16 dan V=16 menghasilkan perbaikan PAPR dan BER lebih baik jika dibandingkan dengan teknik serial PTS-SLM dengan U=16 V=16, teknik PTS dengan V=16, dan teknik SLM dengan U=16.

### 5.2 Saran

1. Pada peneletian selanjutnya dapat dilakukan dengan mengkombinasikan teknik reduksi PAPR berbeda yang memiliki kemampuan lebih baik dalam menurunkan PAPR.
2. Perlu dipertimbangkan untuk menentukan parameter simulasi yang sesuai agar simulasi dapat berjalan dengan lebih efektif.
3. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan analisis dari kompleksitas dari keempat teknik reduktor.

### DAFTAR REFERENSI

- [1] Mohammad, A.S. Zekry, Abdel Halim. Newagy, Fatama. 2013. "A Combined PTS-SLM Scheme for PAPR Reduction in Multicarrier Systems". IEEE GHTCE. 146-150.
- [2] Erdian, Rezki. 2012. Analisis Pengaruh Penggunaan Orthogonal Binary User Code dalam Mereduksi PAPR Pada Sistem MC CDMA-MIMO. Bandung : Universitas Telkom.
- [3] Sari, Rini Purnama. 2006. Reduksi PAPR dengan menggunakan Partial Transmit Sequences (PTS) dan Selected Mapping (SLM) pada sistem OFDM.
- [4] Dahlman, Erik., dkk. 2007. "3G Evolution: HSPA And LTE for Mobile Broadband". Elsevier. Oxford.
- [5] Pratama, Anggi Putra. 2013. Analisis Reduksi PAPR menggunakan kombinasi Selective Mapping (SLM) dan Clipping pada sistem OFDM. Bandung : Universitas Telkom.
- [6] Cho, Yong Soo., dkk. 2010. "MIMO-OFDM Wireless Communications with MATLAB". John Wiley & Sons (Asia). Singapore.
- [7] Manurung, Erickson. 2008. Reduksi PAPR menggunakan Partial Transmit Sequences dengan Cyclic Coding pada sistem OFDM. Bandung : Universitas Telkom.
- [8] Syihabudin, Budi. 2012. Analisis Pengaruh Teknik Pengkode LDPC untuk mereduksi PAPR pada sistem OFDM. Bandung : Universitas Telkom.
- [9] Ramadhan, Anggara. 2010. Partial Transmit Sequences (PTS) dan Clipping untuk mereduksi PAPR pada OFDM. Bandung : Universitas Telkom.
- [10] Antares, Rezky. 2012. Reduksi PAPR pada sinyal OFDM dengan menggunakan kombinasi teknik SLM dengan transformasi DCT. Bandung : Universitas Telkom.
- [11] Baxley, Robert J. 2005. *Analyzing Selected Mapping for Peak-to-Average Power Reduction in OFDM*. School of Electrical and Computer Engineering. Georgia Institute of Technology.
- [12] Rappaport, Theodore S. 2001. "Wireless Communication : Principles and Practice". Prentice Hall.
- [13] Sklar, Bernard. "Digital Communications: Fundamentals and Applications". Prentice Hall, 2001, ISBN: 0-13-084788-7.
- [14] Malode, Vandana dan Patil. 2010. "PAPR Reduction Using Modified Selective Mapping Technique". Int. J. of Advanced Networking and Applications.
- [15] Sharma, Pawan dan Seema Verma. 2011. "PAPR Reduction of OFDM Signals using Selective Mapping with Turbo codes" International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN), Vol. 3, No. 4, 217-223.
- [16] Sharma, Pankaj Kumar., dkk. 2011. "Mitigation of Non-linear Distortion Using PTS with Minimal Control Synthesis Method in OFDM System". MIT International Journal of Electronics and Communication Engineering.
- [17] N.V. Irukulapati., dkk. 2009. "SLM based PAPRReduction of OFDM Signal Using New Phase Sequence". India : DA-IICT.
- [18] Singh, Kamal., Manoranjan Rai Bharti., Sudhanshu Jamwal. 2012. "modified PAPR reduction scheme based on SLM and PTS Techniques". IEEE : 978-1-4673-1318-6/12
- [19] Singh, Amanjot dan Hardeep Kaur. 2012. "Non Linearity Analysis of High Power Amplifier in OFDM system". International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 37– No.2.