

ANALISIS REDUKSI PAPR MENGGUNAKAN ALGORITMA *DISTORTION REDUCTION* PADA SISTEM SC-FDMA

PAPR REDUCTION ANALYSIS USING DISTORTION REDUCTION ALGORITHM ON SC-FDMA SYSTEM

Mohammad Salman Al Faris¹, Arfianto Fahmi², Saleh Dwi Mardiyanto³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

moh.salman.alfaris@gmail.com, arf@telkomuniversity.ac.id, sdm@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA) adalah suatu teknik yang memiliki kinerja serta kompleksitas yang sama secara sebagaimana pada *Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA)*. Kelebihan utama SC-FDMA bila dibandingkan dengan OFDMA adalah nilai *Peak to Average Power Ratio (PAPR)*-nya yang lebih rendah. Walaupun begitu, peningkatan SC-FDMA tetap dapat dilakukan dengan cara mengurangi PAPR. Salah satu metode yang paling efektif dan simpel yang dapat digunakan adalah *clipping*. Akan tetapi, metode ini menghasilkan *noise clipping* yang akan menurunkan performansi sistem berupa *in-band distortion* dan *out-of-band radiation*. Farouk A. K. Al-fuhaidy dan Hossam Eldin A. Hassan mengusulkan suatu algoritma yang menggunakan *clipping* dan *filtering* yang diulang dengan parameter *Clipping Ratio (CR)* optimal yang dipilih melalui simulasi sehingga tidak menimbulkan degradasi *Bit Error Rate (BER)* yang signifikan. Dalam penelitian ini, dilakukan penerapan algoritma tersebut untuk SC-FDMA dengan jumlah *subcarrier*, banyaknya iterasi *clipping* dan *filtering*, dan ukuran *Inverse Fast Fourier Transform (IFFT)* yang berbeda. Hasil simulasi menunjukkan bahwa algoritma *Distortion Reduction* yang memanfaatkan teknik *Repeated Clipping and Filtering (RCF)* menghasilkan perbaikan PAPR sebesar 1 dB pada probabilitas *Complementary Cumulative Distribution Function (CCDF)* terkecil (0.01%). Dan algoritma ini juga tidak berpengaruh terhadap BER secara signifikan.

kata kunci : SC-FDMA, PAPR, CR, RCF

Abstract

Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA) is a technique with overall same performance and complexity with *Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA)*. The main advantage of SC-FDMA with OFDMA is the lower *Peak to Average Power Ratio (PAPR)*. Despite of that, the improvement in SC-FDMA still can be applied by lowering the PAPR. Farouk A. K. Al-fuhaidy and Hossam Eldin A. Hassan propose an algorithm that work by findingan optimum *Clipping Ratio (CR)* which is selected through simulation and then processed by *Repeated Clipping and Filtering (RCF)* technique so that could reduce PAPR with out produce a significant *Bit Error Rate (BER)* degradation. In this final project, the algorithm is applied with different amount of subcarrier, RCF iterations, and also different *Inverse Fast Fourier Transform (IFFT)* sizein RCF technique. The result of the simulation shows that the *Distortion Reduction* algorithm that use RCF technique produce 1dB improvement in PAPR at the smallest probability of *Complementary Cumulative Distribution Function (0.01%)* and the algorithm also doesn't influence BER significantly.

Keywords: SC-FDMA, PAPR, CR, RCF

1. Pendahuluan

Tuntutan akan layanan data *wireless* yang kaya akan media telah membawa banyak perhatian terhadap teknik-teknik *high speed mobile broadband wireless* pada beberapa tahun ini. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM), yang mana adalah sebuah teknik komunikasi *multicarrier*, telah diterima secara luas. Hal itu disebabkan oleh ketahanannya melawan kanal *frequency selective fading* yang umum terjadi pada *broadband mobile wireless communications*. OFDMA adalah perpanjangan dari OFDM untuk mengakomodasi *multiple simultaneous users*. Belakangan ini, OFDMA tradisional telah diadopsi oleh *Third Generation Partnership Project* (3GPP) untuk transmisi *downlink* dalam teknologi yang distandarkan untuk sistem selular *Long Term Evolution*. Untuk transmisi *uplink* teknologi yang digunakan ialah SC-FDMA yang memiliki keunggulan PAPR yang lebih rendah^[1].

Farouk A. K. Al-fuhaidy dan Hossam Eldin A. Hassan mengusulkan algoritma *distortion reduction*^[1] yang mencari nilai *Clipping Ratio* (CR) yang optimal terlebih dahulu untuk kemudian diproses pada teknik *clipping and filtering* untuk mereduksi PAPR pada SC-FDMA. RCF sendiri adalah pengembangan dari teknik *clipping* yang dipadukan dengan proses *filtering* secara iteratif pada domain frekuensi. Dalam penelitian ini, akan diperluas pengujian dari algoritma tersebut pada kondisi jumlah *subcarrier*, banyaknya iterasi RCF, dan ukuran *Inverse Fast Fourier Transform* (IFFT) pada teknik RCF yang berbeda.

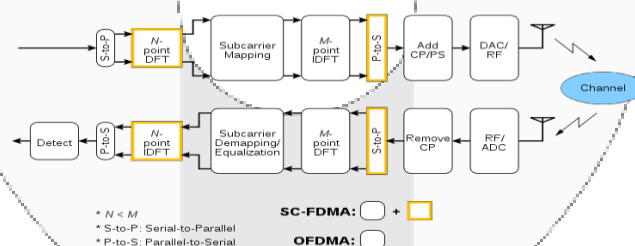
Selain nilai PAPR, parameter lain yang menyatakan kehandalan suatu sistem adalah nilai BER. Maka pada penelitian ini juga akan dibandingkan nilai BER sistem SC-FDMA konvensional dengan sistem SC-FDMA yang menggunakan algoritma *distortion reduction*.

2. Teknik Repeated Clipping dan Filtering dan Perancangan Sistem

Metode yang paling sederhana untuk mengurangi PAPR SC-FDMA adalah dengan cara melakukan *clipping* pada *peak-peak* amplitudo yang tinggi. Akan tetapi, proses *clipping* ini menyebabkan distorsi *in-band* dan radiasi *out-of-band*. *Out-of-band radiation* dapat direduksi dengan proses *filtering*. *Filtering* menghasilkan beberapa *peak regrowth* sebagaimana teknik-teknik *clip and filter* yang lain. Fungsi *clipping* dilakukan pada domain waktu.

2.1 SC-FDMA[3]

SC-FDMA merupakan sebuah teknik *multiple access* baru yang menggunakan modulasi *single-carrier* di sisi *transmitter* dan *frequency domain equalization* (FDE) di sisi *receiver*. Sistem SC-FDMA merupakan OFDMA yang ditambahkan operasi DFT, dimana simbol data dalam domain waktu ditransformasikan ke domain frekuensi dengan menggunakan operasi DFT.

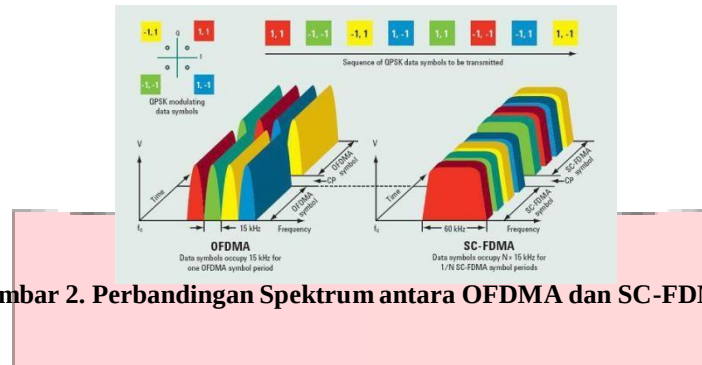


Gambar 1. Struktur transmitter dan receiver pada OFDM dan SC-FDMA^[3]

Transmitter SC-FDMA mengkonversi *input* sinyal biner menjadi serangkaian modulasi subcarrier. Pada *input transmitter*, *modulator baseband* mentransformasi input biner menjadi serangkaian *multilevel* dari bilangan kompleks (X_n) dalam beberapa format modulasi. Langkah pertama dalam modulasi subcarrier SC-FDMA adalah melakukan *N-point DFT* untuk mendapatkan sinyal *input* dalam domain frekuensi (X_k). Kemudian setiap *output N-point DFT* dipetakan menjadi satu M ($> N$) ortogonal subcarrier yang kemudian ditransmisikan. Jika $N = M/Q$ dan semua terminal mentransmisikan N simbol setiap bloknya, maka sistem bisa menangani Q secara simultan tanpa *co-channel interference*. Q adalah faktor perluasan *bandwidth* dari serangkaian simbol. Hasil dari *subcarrier mapping* adalah rangkaian X_l ($l = 0, 1, 2, \dots, M-1$) dari amplitudo subcarrier, dimana N dari amplitudo tidak sama dengan nol. Dalam domain waktu, durasi simbol data adalah T . Setelah melalui modulasi SC-FDMA durasi simbol data menjadi $(N/M) \cdot T$ detik. Dalam OFDMA, *M-point IDFT* mentransformasi amplitudo subcarrier menjadi sinyal dalam domain waktu kemudian ditransmisikan dalam satu rangkaian.

Di *receiver*, sinyal yang diterima ditransformasi ke domain frekuensi menggunakan DFT, dipetakan kembali, dan dilakukan persamaan domain frekuensi. Karena SC-FDMA menggunakan modulasi *single carrier*, maka terjadi *inter-symbol interference* (ISI) sehingga dibutuhkan *equalization* untuk mengatasi ISI. Selanjutnya sinyal ditransformasi ke domain waktu menggunakan IDFT. Deteksi dan *decoding* dilakukan dalam domain waktu.

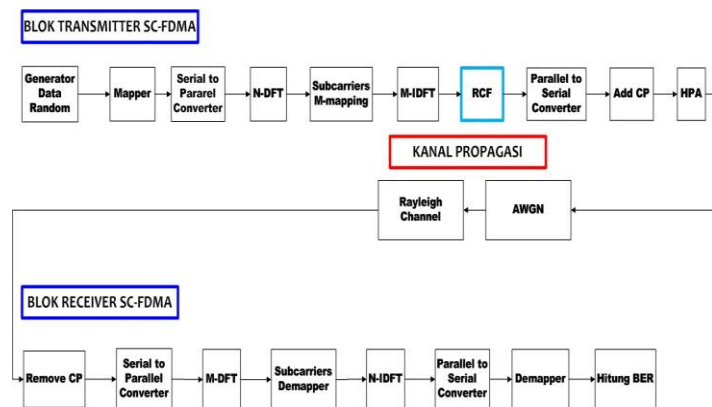
DFT pada *transmitter* SC-FDMA memiliki 2 fungsi yaitu mengubah sinyal dalam domain waktu menjadi domain frekuensi dan berfungsi untuk membuat frekuensi *multiplexing* atau *multiple access* walaupun menggunakan transmisi *single carrier*. Setiap user dimultiplexing dengan frekuensi yang berbeda-beda.



Gambar 2. Perbandingan Spektrum antara OFDMA dan SC-FDMA^[3]

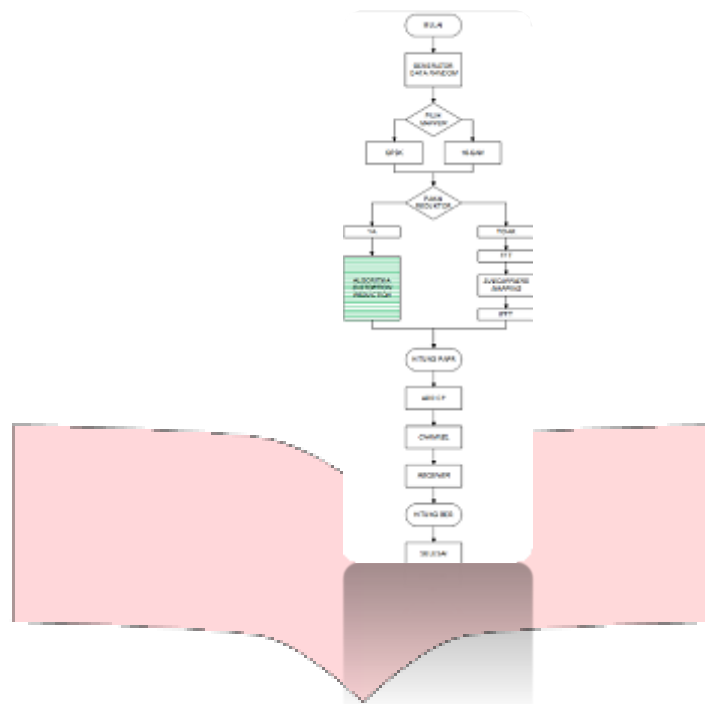
2.2 Model Sistem

Pada penelitian ini akan dijelaskan secara umum model transmitter SC-FDMA secara umum. Selanjutnya akan dibandingkan dengan model transmitter SC-FDMA dengan teknik RCF.



Gambar 3. Sistem SC-FDMA dengan Teknik *Clipping* dan *Filtering*

2.3 Diagram Alir Perancangan Sistem Secara Umum



Gambar 1. Flowchart

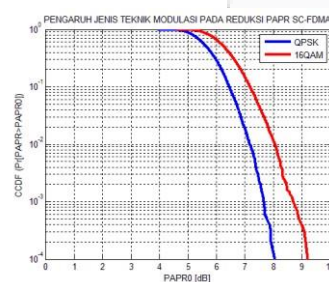
3. Pembahasan

Pada penelitian ini akan dijelaskan hasil simulasi menggunakan *Distortion Reduction* yang digunakan pada sistem SC-FDM analisanya.

MATLAB 7.8.0 dari penerapan algoritma dengan skema yang telah dibuat beserta

3.1 Pengaruh Teknik Modulasi dan Jumlah Subcarrier terhadap PAPR tanpa Blok Reduktor

3.1.1 Pengaruh Jenis Teknik Modulasi pada Nilai PAPR



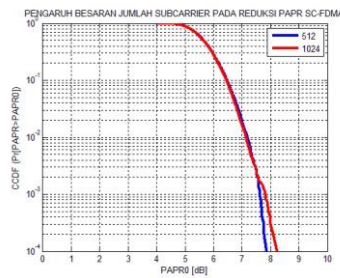
Gambar 5. Grafik pengaruh jenis teknik modulasi terhadap nilai PAPR

Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa modulasi QPSK menghasilkan nilai PAPR yang lebih tinggi daripada modulasi 16-QAM. Banyaknya jumlah bit simbol berpengaruh pada perubahan nilai PAPR. Hal ini dapat dilihat dalam grafik simulasi pada gambar 4.1.

Tabel 1 Data PAPR pengaruh jenis teknik modulasi

Jenis Teknik Modulasi	PAPR Probabilitas Tertinggi (100%)	PAPR Probabilitas Terendah (0,01%)
	Nilai (dB)	Nilai (dB)
QPSK	3,9366	8,0427
16 QAM	4,6131	9,2126

3.1.2 Pengaruh Jumlah Subcarrier pada Nilai PAPR



Gambar 8 Grafik pengaruh jumlah subcarrier terhadap nilai PAPR

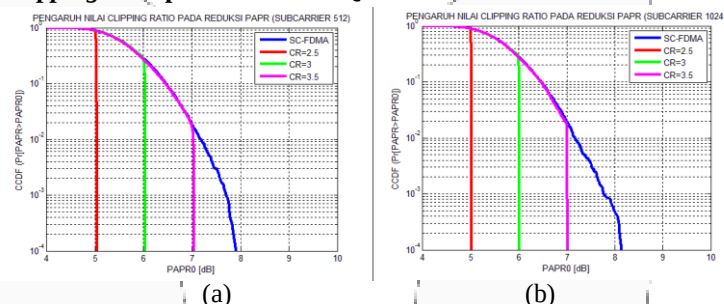
Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan dalam hal PAPR antara jumlah subcarrier 512 dengan 1024. Hal ini dikarenakan penambahan jumlah subcarrier sama dengan penambahan nilai nol pada input IFFT yang tidak berpengaruh pada fluktuasi amplitudo simbol SC-FDMA sehingga nilai PAPR juga tidak terpengaruh.

Tabel 2 Data PAPR pengaruh jumlah subcarrier

Jumlah Subcarrier	PAPR Probabilitas Tertinggi (100%)	PAPR Probabilitas Terendah (0,01%)
	Nilai (dB)	Nilai (dB)
512	4,0061	7,8602
1024	4,0415	8,2324

3.2 Pengaruh Nilai Clipping Ratio pada Reduksi PAPR dengan Menggunakan Algoritma Distortion Reduction

3.2.1 Pengaruh Nilai Clipping ratio pada Modulasi QPSK



Gambar 9 PAPR sebelum dan sesudah proses Clipping and Filtering pada modulasi QPSK (a) subcarrier 512, (b) subcarrier 1024

Dari gambar di atas, terlihat proses RCF yang digunakan pada algoritma distortion reduction membuat bentuk grafik tampak curam pada probabilitas CCDF tertentu. Hal tersebut disebabkan oleh sifat reduksi dengan metode clipping pada algoritma distortion reduction yang memotong amplitudo sinyal dalam level daya yang telah ditetapkan berdasarkan CR. Semakin kecil nilai CR, semakin kecil PAPR yang didapat karena semakin besar amplitudo simbol SC-FDMA yang terpotong sehingga perbandingan amplitudo maksimum dengan amplitudo minimumnya semakin kecil.

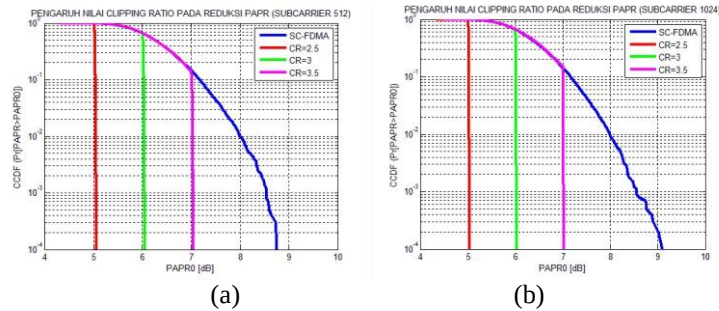
Tabel 3 Data PAPR modulasi QPSK

Repeated Clipping & Filtering (QPSK)	Jumlah Subcarrier	Clipping Ratio	PAPR probabilitas tertinggi (100%)	PAPR probabilitas terendah (0,01%)
			Nilai (dB)	Nilai (dB)
Sebelum	512	-	3,8504	7,9157
	1024	-	3,9873	8,1348
Sesudah	512	CR = 2.5	3,6509	5,0438
		CR = 3	3,9472	6,0408
		CR = 3.5	3,8510	7,0407
		CR = 2.5	3,9504	5,0206
	1024	CR = 3	3,7846	6,0181
		CR = 3.5	3,9521	7,0152

Tabel 4 Nilai perbaikan untuk modulasi QPSK

No	Jumlah Subcarrier	Clipping Ratio	PAPR probabilitas tertinggi (100%)	PAPR probabilitas terendah (0,01%)
			Nilai (dB)	Nilai (dB)
1	512	CR = 2.5	0,1995	2,8719
		CR = 3	-0,0968	1,8749
		CR = 3.5	-0,0006	0,875
		CR = 2.5	0,0369	3,1142
2	1024	CR = 3	0,2027	2,1167
		CR = 3.5	0,0352	1,1196

3.2.2 Pengaruh Nilai Clipping Ratio pada Modulasi 16-QAM



Gambar 10 PAPR sebelum dan sesudah proses *Clipping and Filtering* pada modulasi 16-QAM (a) subcarrier 512, (b) subcarrier 1024

Gambar di atas menunjukkan Semakin kecil nilai CR, semakin kecil PAPR yang didapat karena semakin besar amplitudo simbol SC-FDMA yang terpotong sehingga perbandingan amplitudo maksimum dengan amplitudo minimumnya semakin kecil. Dalam hal ini, algoritma distortion reduction berhasil menurunkan nilai PAPR pada modulasi 16-QAM untuk kedua nilai subcarrier. Berikut tabel mengenai analisis numerik dari nilai PAPR untuk modulasi 16-QAM.

Tabel 5 data PAPR modulasi 16-QAM

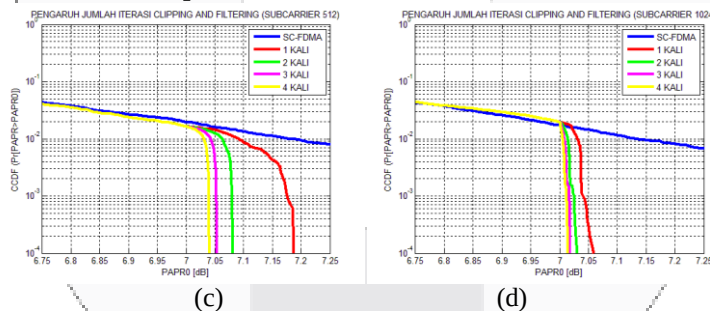
Repeated Clipping & Filtering (16-QAM)	Jumlah Subcarrier	Clipping Ratio	PAPR probabilitas tertinggi (100%)	PAPR probabilitas terendah (0,01%)
			Nilai (dB)	Nilai (dB)
Sebelum	512	-	4,3976	8,7487
	1024	-	4,3697	9,0883
Sesudah	512	CR = 2	4,5453	5,0557
		CR = 3	4,5457	6,0454
		CR = 3,5	4,3252	7,0386
		CR = 2	4,3372	5,0289
	1024	CR = 3	4,4841	6,0253
		CR = 3,5	4,4910	7,0170

Tabel 6 Nilai perbaikan PAPR untuk 16-QAM

No	Jumlah Subcarrier	Clipping Ratio	PAPR probabilitas tertinggi (100%)	PAPR probabilitas terendah (0,01%)
			Nilai (dB)	Nilai (dB)
1	512	CR = 2	-0,1477	3,693
		CR = 3	-0,1481	2,7033
		CR = 3,5	0,0724	1,7101
		CR = 2	0,0325	4,0594
2	1024	CR = 3	-0,1144	3,063
		CR = 3,5	-0,1213	2,0713

3.3 Pengaruh Jumlah Iterasi *Clipping and Filtering* pada Reduksi PAPR dengan Menggunakan Algoritma *Distortion Reduction*

3.3.1 Pengaruh Jumlah Iterasi pada modulasi QPSK



Gambar 11 Grafik pengaruh jumlah iterasi *Clipping and Filtering* pada reduksi PAPR pada modulasi QPSK dengan (a) 512 subcarrier, (b) 512 subcarrier (dibesarkan), (c) 1024 subcarrier, (d) 1024 subcarrier (dibesarkan)

Dari gambar di atas, terlihat bahwa untuk jumlah iterasi proses RCF yang semakin banyak maka nilai perbaikan PAPR-nya pun semakin besar pada probabilitas PAPR terendah (0,01%). Hal ini terjadi karena adanya *peak regrowth* setelah proses *filtering*. Meskipun terjadi *peak regrowth* oleh proses *filtering* yang menyebabkan kembali naiknya PAPR, akan tetapi pengulangan proses RCF menurunkan nilai PAPR di tiap iterasinya hingga nilai PAPR mendekati nilai *clipping threshold*.

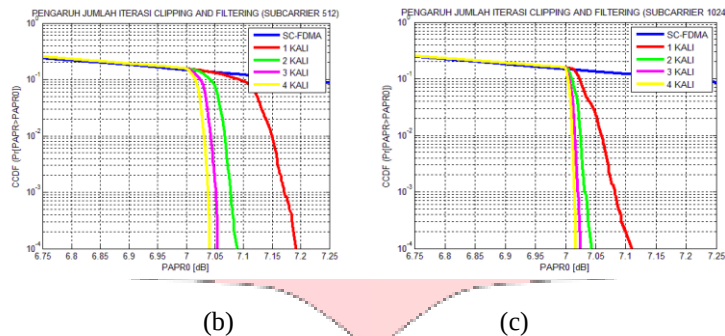
Tabel 7 Data PAPR modulasi QPSK

Repeated Clipping & Filtering (QPSK)	Jumlah Subcarrier	Jumlah Iterasi	PAPR probabilitas tertinggi (100%)	PAPR probabilitas terendah (0,01%)
			Nilai (dB)	Nilai (dB)
Sebelum	512	-	3,9780	7,8528
	1024	-	3,8419	8,1548
Setelah	512	1	3,9233	7,1874
		2	3,9233	7,0808
		3	3,9233	7,0537
		4	3,9233	7,0405
	1024	1	3,7762	7,0592
		2	3,7762	7,0307
		3	3,7762	7,0181
		4	3,7762	7,0142

Tabel 8 nilai Perbaikan PAPR QPSK

No	Jumlah Subcarrier	Jumlah Iterasi	PAPR probabilitas tertinggi (100%)	PAPR probabilitas terendah (0,01%)
			Nilai (dB)	Nilai (dB)
1	512	1	0,0547	0,6654
		2	0,0547	0,772
		3	0,0547	0,7991
		4	0,0547	0,8123
2	1024	1	0,0657	1,0956
		2	0,0657	1,1241

3.3.2 Pengaruh Jumlah Iterasi pada Modulasi 16-QAM

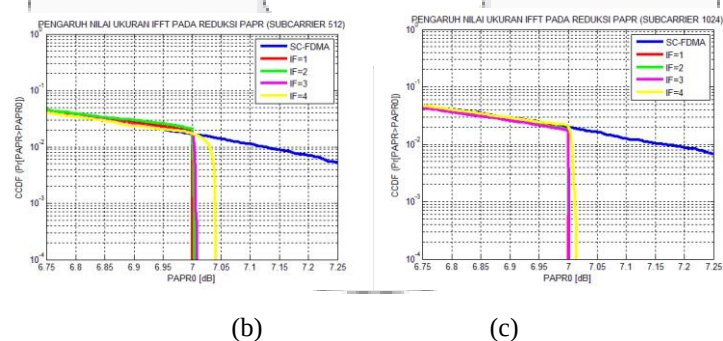


Gambar 12 Grafik pengaruh jumlah iterasi *clipping and filtering* pada reduksi PAPR pada modulasi 16-QAM dengan (a) 512 subcarrier, (b) 512 subcarrier (dibesarkan), (c) 1024 subcarrier, (d) 1024 subcarrier (dibesarkan)

Terlihat bahwa tidak ada perbedaan yang cukup signifikan dalam besaran perbaikan PAPR antara jumlah iterasi satu dengan jumlah iterasi 2, 3, dan 4 dalam hal PAPR, baik untuk jumlah subcarrier 512 maupun 1024. Akan tetapi, terlihat bahwa semakin banyak iterasi proses RCF, semakin nilai PAPR semakin kecil. Meskipun begitu, perbaikan PAPR yang didapat mengalami penurunan pada setiap kali iterasi berikutnya.

3.4 Pengaruh Ukuran IFFT pada Reduksi PAPR dengan Menggunakan Algoritma *Distortion Reduction*

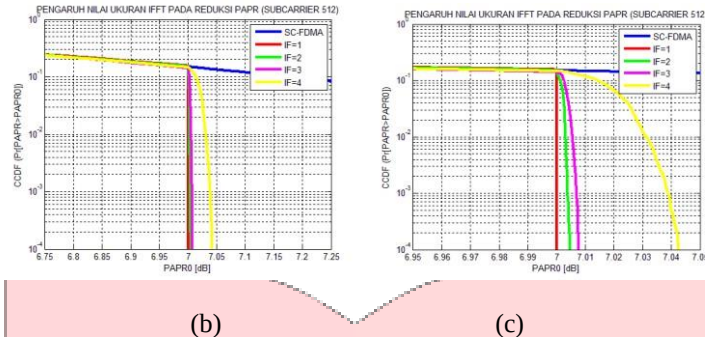
3.4.1 Pengaruh Ukuran IFFT pada Modulasi QPSK



Gambar 13 Grafik pengaruh ukuran IFFT *clipping and filtering* pada reduksi PAPR pada modulasi QPSK dengan (a) 512 subcarrier, (b) 512 subcarrier (dibesarkan), (c) 512 subcarrier (dibesarkan lagi), (d) 1024 subcarrier, (e) 1024 subcarrier (dibesarkan), (f) 1024 subcarrier (dibesarkan lagi)

Gambar di atas menunjukkan bahwa perbedaan ukuran IFFT tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai PAPR dari masing-masing nilai IF, baik untuk jumlah subcarrier 512 maupun 1024. Akan tetapi, terlihat bahwa semakin besar ukuran IFFT pada proses RCF yang digunakan, semakin besar pula nilai PAPR.

3.4.2 Pengaruh Ukuran IFFT pada Modulasi 16-QAM



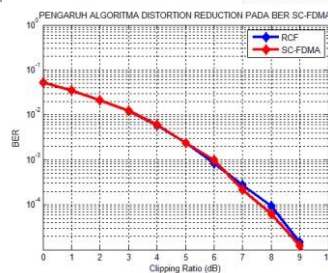
Gambar 14 Grafik Pengaruh Ukuran IFFT Clipping and Filtering pada reduksi PAPR pada modulasi 16-QAM dengan (a) 512 subcarrier, (b) 512 subcarrier (dibesarkan), (c) 512 subcarrier (dibesarkan lagi), (e) 1024 subcarrier, (f) 1024 subcarrier (dibesarkan), (f) 1024 subcarrier (dibesarkan lagi)

Dari gambar di atas, terlihat bahwa semakin besar ukuran IFFT pada proses RCF yang digunakan, semakin besar pula nilai PAPR. Dari tabel 4.14 di bawah terlihat bahwa untuk ukuran IFFT yang semakin besar pada proses RCF maka nilai perbaikan PAPR-nya pun semakin besar. Hal ini dikarenakan penambahan ukuran IFFT akan menambah peluang terjadinya superposisi amplitudo puncak menjadi lebih besar yang akan menambah peluang nilai PAPR. Sehingga nilai PAPR yang semakin tinggi akan terjadi pada ukuran IFFT yang paling besar pada proses RCF.

3.5 BER Sistem

Analisis BER pada simulasi dilakukan pada sistem SC-FDMA dan pada sistem SC-FDMA dengan reduktor PAPR.

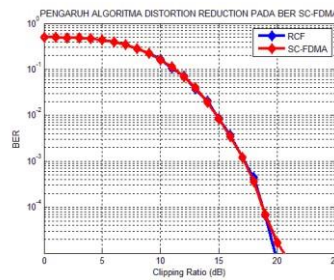
3.5.1 Pengaruh Algoritma Distortion Reduction terhadap Performansi BER pada Sistem SC-FDMA dengan modulasi QPSK



Gambar 15 Grafik pengaruh kombinasi reduktor terhadap nilai BER

Gambar di atas menunjukkan bahwa algoritma *distortion reduction* yang digunakan pada sistem SC-FDMA ini tidak menyebabkan degradasi BER yang signifikan. Hal ini disebabkan karena pemilihan nilai CR yang relatif tidak merusak sinyal SC-FDMA.

3.5.2 Pengaruh Algoritma *Distortion Reduction* terhadap Performansi BER pada Sistem SC-FDMA dengan modulasi 16-QAM



Gambar 16 Grafik Pengaruh Kombinasi Reduktor terhadap Nilai BER

Terlihat pada gambar di atas, bahwa nilai BER untuk SC-FDMA pada modulasi 16-QAM dengan menggunakan reduktor PAPR tidak terlalu mempengaruhi kinerja sistem SC-FDMA tanpa reduktor PAPR. Terlihat pada BER 10^{-4} terlihat terjadi penurunan performansi yang kurang signifikan. Hal ini disebabkan karena pemilihan nilai CR yang paling tidak merusak sinyal SC-FDMA.

4. Penutup

Dari hasil pengujian dan analisis simulasi dalam Penelitian ini, dihasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Mapper QPSK memiliki nilai PAPR lebih rendah daripada 16QAM. Nilainya berkisar 8,0 dB sedangkan 16-QAM berkisar 9,2 dB untuk nilai CCDF 10^{-4} .
2. Pada jumlah subcarrier 512 dan 1024 tidak terjadi perbedaan yang signifikan dalam hal PAPR. Pada simulasi, sistem dengan 512 subcarrier memiliki perbedaan sebesar 0.4 dB dengan sistem yang memiliki 1024 subcarrier untuk nilai CCDF 10^{-4} .
3. Semakin kecil *clipping ratio* (CR), semakin kecil juga nilai PAPR. Pada nilai CR 2.5dB nilai PAPRnya berkisar 5dB, pada CR 3 dB memberikan nilai PAPRnya 6 dB, sedangkan pada CR 3.5dB yang merupakan nilai *clipping ratio* optimum hasil pemilihan melalui algoritma *Distortion Reduction*, nilai PAPRnya berkisar 7 dB, seluruhnya diukur pada CCDF 10^{-4} .
4. Semakin banyak jumlah iterasi proses *clipping and filtering* pada algoritma *Distortion Reduction*, maka semakin banyak juga penurunan nilai PAPR yang dihasilkan. Untuk iterasi sebanyak 1 kali nilai PAPRnya berkisar 7.1874, untuk iterasi sebanyak 1 kali nilai PAPRnya berkisar 7.0808, untuk iterasi sebanyak 1 kali nilai PAPRnya berkisar 7.0537, untuk iterasi sebanyak 1 kali nilai PAPRnya berkisar 7.0405, seluruhnya diukur pada CCDF 10^{-4} .
5. Semakin besar ukuran IFFT di dalam proses *clipping and filtering* pada algoritma *Distortion Reduction*, maka semakin kecil penurunan nilai PAPR yang dihasilkan. Untuk ukuran IFFT sebesar 1 kali ukuran subcarrier nilai PAPRnya berkisar 7.0000, untuk ukuran IFFT sebesar 1 kali ukuran subcarrier nilai PAPRnya berkisar 7.0043, untuk ukuran IFFT sebesar 1 kali ukuran subcarrier nilai PAPRnya berkisar 7.0091, untuk ukuran IFFT sebesar 1 kali ukuran subcarrier nilai PAPRnya berkisar 7.0406, seluruhnya diukur pada CCDF 10^{-4} .
6. Penerapan algoritma *Distortion Reduction* tidak menimbulkan distorsi yang signifikan terhadap nilai BER SC-FDMA.

Daftar Pustaka

- [1] Farouk A. K. Al-fuhaidy, Hossam Eldin A. Hassan, and Khairy El-barbary, " Peak-to-Average Power Ratio Reduction for SCFDMA using Distortion Reduction Algorithm," *International Journal of Research and Reviews in Computer Science (IJRRCS)*, Vol. 2, No. 3, June 2011
- [2] Hana Pamora, *Analisa Reduksi PAPR menggunakan Teknik Selective Mapping Termodifikasi dengan Kode Blok Linier pada Sistem OFDM*. Bandung: IT Telkom, 2012.
- [3] Hyung G. Myung dan David J. Goodman, SC-FDMA: A New Air Interface for Long Term Evolution(I). Wiley and Sons : 2008.
- [4] Armstrong, J.: 'New OFDM peak-to-average power reduction scheme'. Proc. IEEE, VTC2001 Spring, Rhodes, Greece, 2001