

REDUKSI PEAK TO AVERAGE POWER RATIO (PAPR) PADA DFT-OFDM MENGGUNAKAN TEKNIK CLIPPING FILTERING

Dhyaksa, IBGD.¹, Wirastuti, NMAED.², Widyantara, IMO.³

^{1,2,3} Laboratorium Sistem Telekomunikasi,

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email: Dharma_dhyaksa@yahoo.com¹, dewi.wirastuti@unud.ac.id², oka.widyantara@unud.ac.id³

Abstrak – Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) memecah data serial berkecepatan tinggi menjadi data paralel dengan kecepatan yang lebih rendah, kemudian data-data tersebut dibawa oleh subcarrier yang saling orthogonal. Kelemahan OFDM yaitu tingginya perbandingan daya puncak terhadap daya rata-rata atau biasa disebut Peak to Average Power Ratio (PAPR). Tujuan penelitian ini adalah mereduksi nilai PAPR yang tinggi. Penelitian dilakukan pada DFT-OFDM tanpa maupun dengan menggunakan teknik clipping filtering. Clipping yang digunakan adalah classical clipping dan deep clipping. Clipping filtering bekerja dengan memotong keluaran dari IDFT yang dianggap melebihi threshold. Dari simulasi yang dilakukan, nilai PAPR saat CCDF = 10^{-3} adalah 10,6 dB. Saat dilakukan proses classical clipping PAPR bernilai 4,1 dB sedangkan saat mengalami proses deep clipping sebesar 4,7 dB.

Kata kunci: Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM), clipping filtering, Peak to Average Power Ratio (PAPR).

1. PENDAHULUAN

Teknologi yang sedang berkembang saat ini adalah Long Term Evolution (LTE). Teknik yang digunakan pada LTE adalah OFDM. Konsep OFDM adalah memecah data serial dengan kecepatan tinggi menjadi data paralel dengan kecepatan yang lebih rendah, kemudian data-data paralel tersebut dibawa oleh subcarrier yang saling orthogonal. Namun OFDM memiliki kelemahan, yaitu tingginya perbandingan daya puncak terhadap daya rata-rata (PAPR).

Peak to Average Power Ratio (PAPR) merupakan perbandingan nilai amplitudo maksimum sinyal dengan amplitudo rata-rata dari sinyal tersebut. Hal inilah yang menjadi salah satu kelemahan OFDM, karena PAPR yang tinggi dapat menyebabkan distorsi nonlinier yang berakibat intermodulasi dan kebocoran spektral.

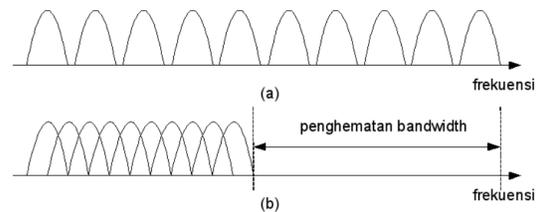
Jadi pada penelitian ini, akan dilakukan penelitian untuk mereduksi PAPR pada OFDM yaitu dengan menggunakan teknik clipping filtering.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)

OFDM merupakan teknik transmisi yang digunakan dalam sistem komunikasi digital yang menggunakan beberapa frekuensi sehingga sinyal yang dikirimkan akan saling orthogonal satu dengan yang lain. OFDM mentransmisikan data serial dengan bit rate tinggi, sehingga data terbagi-bagi dalam

beberapa subkanal. Dengan kata lain OFDM menggunakan prinsip multicarrier modulation (MCM). [1]



Gambar 2.1 Single carrier (a), multi carrier (b)

MCM adalah suatu prinsip mengirimkan data dengan membagi aliran data menjadi beberapa aliran bit paralel dan memodulasi setiap data tersebut menjadi carrier atau subcarrier tersendiri. [2]

Ide dasar dari teknologi OFDM adalah mentransmisikan data dengan menggunakan FDM (Frequency Division Multiplexing) sementara konsep dasar OFDM adalah membagi data serial berkecepatan tinggi menjadi data paralel berkecepatan rendah yang ditransmisikan oleh beberapa subcarrier. Dengan mentransmisikan data dengan data rate yang lebih rendah, maka durasi simbol OFDM akan bertambah besar dan relatif lebih besar dibandingkan dengan delay spread kanal, yang berarti bahwa bandwidth sinyal menjadi lebih kecil dari bandwidth koheren kanal. [3]

Hal ini dapat mereduksi efek kanal multipath karena kanal dengan sifat frequency selective fading terhadap sinyal OFDM akan

dirasakan bersifat *flat fading* pada masing-masing *subcarrier*. [4]

2.2 Kelebihan dan Kekurangan OFDM

Keuntungan OFDM bila dibandingkan dengan sistem *single carrier* dan *multicarrier* konvensional FDM, diantaranya adalah OFDM lebih efisien dalam pemakaian frekuensi dimana antar frekuensi yang bersebelahan diperbolehkan karena masing-masing sudah saling orthogonal sedangkan pada sistem *multicarrier* konvensional untuk mencegah interferensi antar frekuensi yang bersebelahan perlu diselipkan *guardband*, OFDM kuat dalam menghadapi *frequency selective fading*, dan OFDM tidak sensitif terhadap sinyal tunda karena rendahnya kecepatan transmisi di tiap *subcarrier* berarti periode simbolnya menjadi lebih panjang sehingga kesensitifan terhadap *delay spread* (penyebaran sinyal-sinyal yang datang terlambat) menjadi relatif berkurang.

Sedangkan beberapa kelemahan dari teknologi OFDM selain besarnya nilai PAPR, diantaranya adalah *frequency offset* yang disebabkan oleh *jitter* pada gelombang pembawa (*carrier wave*) dan juga terhadap Efek Doppler yang disebabkan oleh pergerakan baik oleh *transmitter* maupun *receiver*, OFDM mudah terkontaminasi oleh distorsi nonlinier yang terjadi pada *amplifier* dari daya transmisi, dan yang menjadi kekurangan juga ialah sinkronisasi daripada sinyal OFDM yang cukup sulit. [5]

2.3 Peak to Average Power Ratio (PAPR)

Dalam sistem OFDM, sinyal OFDM terdiri atas penjumlahan sejumlah *subcarrier* yang dimodulasi secara independen. Apabila fasa setiap *subcarrier* sama maka akan dihasilkan daya sinyal maksimum sebesar N kali daya rata-ratanya. Perbandingan antara daya sinyal maksimum dengan daya rata-ratanya biasa disebut sebagai *Peak to Average Power Ratio* (PAPR).

$$PAPR = \frac{\max |x(t)|^2}{E[|x(t)|^2]} \quad \dots(1)$$

Dimana:

PAPR = *Peak to Average Power Ratio*

$\max |x(t)|^2$ = Puncak sinyal OFDM

$E[|x(t)|^2]$ = Rata-rata sinyal OFDM

$|x(t)|$ = Nilai mutlak simbol OFDM

Umumnya nilai PAPR dideskripsikan secara statistik dengan menggunakan *Complementary Cumulative Distribution*

Function (CCDF). CCDF dinyatakan sebagai: [4]

$$\begin{aligned} \text{CCDF} &= 1 - \text{CDF} \\ \text{CCDF} &= 1 - (1 - e^{-PAPR})^N \end{aligned} \quad \dots(2)$$

Dimana:

CCDF = *Complementary Cumulative Distribution Function*

CDF = *Complementary Distribution Function*

PAPR = *Peak to Average Power Ratio*

N = Jumlah *subcarrier*

2.4 Transformasi Fourier

Dalam sistem OFDM, transformasi Fourier yang digunakan adalah Inverse Discrete Fourier Transform (IDFT) pada sisi transmitter sedangkan pada *receiver* menggunakan Discrete Fourier Transform (DFT).

IDFT mengubah sebuah spektrum (amplitudo dan fasa dari setiap komponen) ke bentuk sinyal dalam domain waktu. IDFT mengubah sejumlah titik data kompleks kedalam domain waktu dengan jumlah titik yang sama. Setiap titik data dalam spektrum frekuensi yang digunakan pada DFT atau IDFT disebut dengan bin. *Orthogonal carrier* yang digunakan untuk sinyal OFDM dapat dengan mudah disamakan dengan mengatur amplitudo dan fasa dari setiap bin IDFT, kemudian dilakukan proses IDFT. Ketika setiap bin IDFT diatur amplitudo dan fasanya pada gelombang sinusoidal *orthogonal*, proses yang berkebalikan menjamin bahwa carrier tetap *orthogonal*.

Sedangkan DFT melakukan proses berkebalikan, mengubah sinyal dalam domain waktu ke bentuk spektrum frekuensi yang ekuivalen. Proses ini dilakukan dengan menemukan bentuk sinyal yang ekuivalen, yaitu dengan menjumlahkan komponen-komponen sinyal sinus yang saling *orthogonal*. Amplitudo dan fasa dari komponen-komponen sinusoidal merepresentasikan spektrum frekuensi dari sinyal domain waktu. [1]

Transformasi Fourier hanya dapat menangkap informasi apakah suatu sinyal memiliki frekuensi tertentu ataukah tidak, tapi tidak dapat menangkap dimana frekuensi itu terjadi. Transformasi Fourier juga hanya memberikan informasi tentang frekuensi suatu sinyal saja. Selain itu, Transformasi Fourier berdasarkan pada basis sin-cos yang bersifat periodik dan kontinu, sehingga sulit jika ingin melakukan perubahan hanya pada posisi tertentu dan pasti akan mempengaruhi posisi-posisi lainnya.

2.5 Teknik Clipping Filtering

Cara yang paling mudah untuk mengatasi PAPR yang tinggi adalah dengan memotong (*clipping*) sinyal masukan sebelum ke *amplifier*. Karena probabilitas terjadinya sinyal dengan *peak* yang tinggi sangat kecil, maka *clipping* merupakan suatu teknik yang efektif untuk menurunkan PAPR.

Peak power pada sinyal OFDM akan dibatasi dengan *threshold* melalui persamaan berikut: [4]

$$\begin{aligned} x(t) &= s(t), \text{ untuk } |s(t)| \leq A \\ x(t) &= A e^{j\phi t}, \text{ untuk } |s(t)| > A \\ \phi t &= \arg(s(t)) \end{aligned} \quad \dots(3)$$

Dimana:

$x(t)$ = Sinyal OFDM hasil *clipping*

$s(t)$ = Simbol OFDM

A = Nilai *threshold clipping*

Proses selanjutnya adalah menentukan berapa nilai maksimum untuk proses *clipping* tersebut. Pertama, nilai *clipping ratio* (CR) ditentukan terlebih dahulu dengan persamaan sebagai berikut: [4]

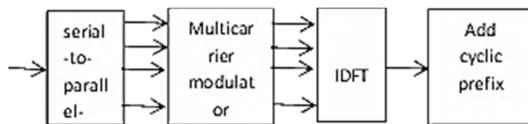
$$CR = \frac{A_{max}}{\sigma} \quad \dots(4)$$

Setelah itu gunakan persamaan diatas untuk menentukan nilai maksimum atau *threshold* dengan persamaan: [4]

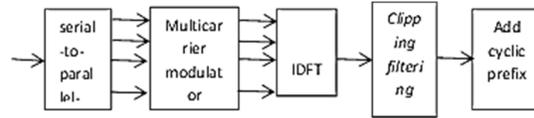
$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{N_c} \\ A_{max} &= CR \cdot \sqrt{N_c} \\ N_c &= \text{Jumlah subcarrier} \end{aligned} \quad \dots(5)$$

3. METODE PENELITIAN

Simulasi dilakukan pada OFDM konvensional seperti ditampilkan pada Gambar 3.1. Sedangkan dalam DFT-OFDM dengan proses *clipping filtering* hanya perlu menambahkan blok *clipping filtering* setelah IDFT seperti yang terlihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1 DFT-OFDM tanpa *clipping*



Gambar 3.2 DFT-OFDM *clipping filtering*

Berikut adalah penjelasan dari masing-masing blok yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2

1. Pembangkitan Data Informasi

Pembangkitan data dilakukan secara random atau acak. Data yang dibangkitkan nilainya sesuai dengan level modulasi yang digunakan, yaitu 16-QAM. Data acak tersebut berupa *frame* baris tunggal.

2. Konversi Serial ke Paralel

Data serial tadi kemudian diubah ke dalam ukuran simbol yang dibutuhkan dalam transmisi, sebelum akhirnya masuk ke dalam blok serial ke paralel. Blok serial ke paralel berfungsi untuk mengubah aliran data yang terdiri dari satu baris menjadi beberapa baris dan beberapa kolom. Hasil dari konversi serial ke paralel berupa matriks bit-bit dengan jumlah baris menyatakan jumlah *subcarrier* yang akan digunakan dan jumlah kolom menyatakan jumlah simbol data yang dikirimkan pada tiap *subcarrier*.

3. Modulasi Sinyal

Setelah melalui serial to paralel, maka sinyal akan memasuki blok modulasi. Pada blok ini sinyal yang akan ditransmisikan diberi fasa referensi, disandi-difrensialkan terhadap symbol awalnya kemudian dipetakan sesuai dengan jenis modulasi yang digunakan. Pada simulasi ini jenis modulasi yang digunakan adalah 16-QAM.

4. IDFT

Blok IDFT pada sistem OFDM bertujuan untuk membangkitkan frekuensi *subcarrier* yang saling *orthogonal* dan mengubah dari domain frekuensi ke domain waktu. Jumlah titik IDFT yang digunakan dalam simulasi harus dua kali lebih besar jumlah *subcarrier* yang digunakan.

5. Penyisipan Guard Interval (GI)

Guard Interval yang digunakan bertipe *cyclic prefix*. Panjang *cyclic prefix* yang digunakan adalah hasil penjumlahan dari banyaknya titik DFT dan *guardtime* pada simulasi yang kemudian ditempatkan di depan simbol. Tujuan penyisipan *Guard Interval* ini adalah mencegah ISI dan ICI sehingga simulasi dapat berjalan dengan baik.

6. Konversi Paralel ke Serial
 Sebelum memasuki kanal transmisi, symbol OFDM dalam bentuk stream paralel dikonversi ke bentuk stream serial sinyal baseband OFDM.

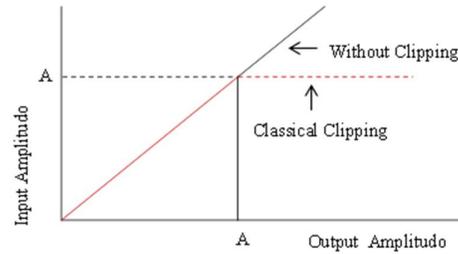
7. - *Clipping*
 Pada proses ini terjadi pemotongan (*clipping*) sinyal masukan sebelum masuk ke *amplifier*. Teknik ini adalah teknik paling efisien, namun mengakibatkan distorsi in-band yang cukup signifikan yang akibatnya akan menaikkan BER.

- *Filtering*
 Proses *clipping* biasanya selalu diikuti dengan *filtering*, dimana fungsinya adalah untuk menurunkan *out-of-band* setelah melakukan proses *clipping* tadi.

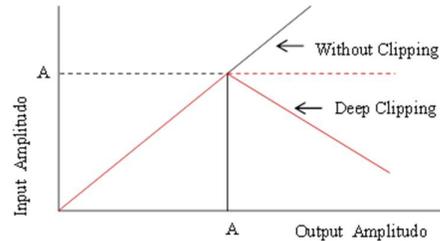
Dalam penelitian ini, proses *clipping* yang digunakan diantaranya adalah *classical clipping* dan *deep clipping*. Kedua jenis *clipping* tersebut memiliki cara kerja yang berbeda dalam memotong amplitudo dari suatu sinyal OFDM. Dan berikut adalah penjelasan dari masing-masing proses *clipping*.

- *Classical clipping* dalam prosesnya tergantung dari 2 syarat, yaitu: amplitudo dari suatu sinyal OFDM akan diloloskan langsung ketika amplitudo dari sinyal lebih kecil atau sama dengan nilai *threshold*. Dan ketika sinyal r pada kondisi lebih besar dari nilai ambang batas *threshold* maka sinyal akan mengalami proses *clipping* (pemotongan) amplitudo sesuai dengan level *clipping ratio* (CR).
- Sedangkan *deep clipping* dalam prosesnya tergantung dari 3 syarat, yaitu: amplitudo dari suatu sinyal OFDM akan diloloskan langsung ketika amplitudo dari sinyal lebih kecil atau sama dengan nilai *threshold*. Ketika sinyal r pada kondisi $A_{max} < r \leq \frac{(1+p)}{p} A_{max}$, maka sinyal mengalami proses *clipping* dengan persamaan $A - p(r - A)$. Ketika $r > \frac{(1+p)}{p} A_{max}$, maka amplitudo sinyal akan mengalami proses *clipping* dengan nilai amplitudo "0". Dimana p adalah tingkat kedalaman *clipping* (*deep factor*) yang telah ditentukan sebelumnya.

Karakteristik teknik *clipping* antara *classical clipping* dengan *deep clipping* untuk fungsi alih clippingnya ditunjukkan pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4.



Gambar 3.3 Classical clipping



Gambar 3.4 deep clipping

Nilai PAPR umumnya ditampilkan dalam grafik CCDF. Dimana CCDF = 1 - CDF, dan CDF itu sendiri adalah nilai kumulatif dari nilai PAPR seperti yang telah dijelaskan pada penjelasan sebelumnya.

Sebagai pembatasan masalah dan analisa, setelah mendapatkan hasil simulasi dari sistem-sistem yang disimulasikan, dimana hasil simulasi yang akan dianalisa selanjutnya adalah nilai PAPR dan hasil reduksi PAPR. Maka setelah itu akan dilakukan perbandingan nilai PAPR yang dipengaruhi oleh teknik *clipping filtering* yang telah ditambahkan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Parameter Simulasi

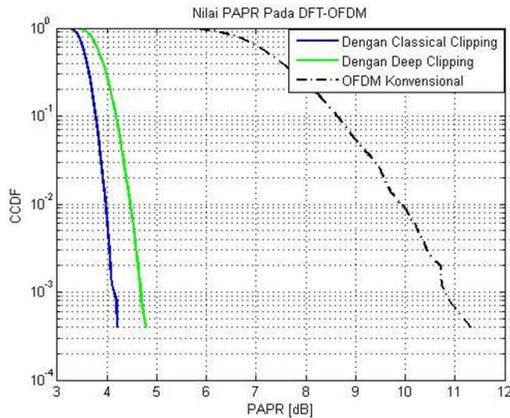
Parameter-parameter yang digunakan pada simulasi yang dilakukan ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Parameter simulasi

Parameter	Nilai yang digunakan
N frame	5000
CR	Classical Clipping = 1,4 Deep Clipping = 0,6
FFT Size	64
N of data subcarriers	64
Guard Interval	Cyclic prefix
N bits / symbol	64
N symbol	1
N Cyclic prefix	¼ (N of data subcarriers)
Total symbol	N of data subcarriers + N cyclic prefix
M	4

4.2 Simulasi pada DFT-OFDM

Simulasi ini dilakukan dengan mengikuti blok diagram DFT-OFDM. Simulasi ini menampilkan grafik probabilitas CCDF untuk mendeskripsikan nilai PAPR tanpa *clipping filtering*, dan juga dengan *clipping filtering* dimana yang digunakan adalah *classical clipping* dan *deep clipping*. Simulasi dilakukan dengan menggunakan parameter yang sama diantara ketiganya. Grafik CCDF dari simulasi DFT-OFDM dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Nilai PAPR DFT-OFDM

Dari simulasi yang telah dilakukan, dapat dilihat sesuai dengan Gambar 4.1 bahwa OFDM dengan proses *clipping* baik itu *classical clipping* maupun *deep clipping* memiliki nilai PAPR yang lebih rendah daripada OFDM tanpa *clipping*. Itu disebabkan karena pada proses *clipping*, nilai amplitudo sinyal tersebut dibatasi oleh *threshold* dan dengan sendirinya perbandingan dari puncak amplitudo terhadap rata-rata amplitudo akan bernilai lebih kecil.

Nilai PAPR yang telah dilakukan dalam simulasi ini dapat dilihat lebih lanjut pada rekapan nilai PAPR yang ditampilkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai PAPR DFT-OFDM

Proses Simulasi	Nilai PAPR (dB)			
	CCDF = 10^0	CCDF = 10^{-1}	CCDF = 10^{-2}	CCDF = 10^{-3}
Tanpa <i>Clipping</i>	5,8	8,5	9,7	10,6
<i>Classical Clipping</i>	3,3	3,8	4	4,1
<i>Deep Clipping</i>	3,5	4,1	4,4	4,7

5. SIMPULAN

OFDM memiliki nilai perbandingan antara puncak amplitudo terhadap rata-rata amplitudo (PAPR) yang besar, yang dapat mengganggu keorthogonalan dari *subcarrier*. Oleh karena itu dilakukanlah cara untuk mereduksi nilai PAPR yang tinggi tersebut, salah satunya dengan teknik *clipping filtering*. Teknik ini bekerja dengan memotong amplitudo yang melewati nilai maksimum (*threshold*). Dari penelitian yang telah dilakukan, saat CCDF = 10^{-3} proses *classical clipping* mampu mereduksi sebesar 6,5 dB sedangkan proses *deep clipping* mampu mereduksi sebesar 5,9 dB.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Juwono, FH., Gunawan, D. 2010. Prinsip-Prinsip OFDM. Yogyakarta. Penerbit Andi Publisher.
- [2] Juwono, FH. 2009. Reduksi PAPR Menggunakan Huffman Coding yang Dikombinasikan dengan Clipping dan Filtering untuk Transmitter OFDM. Tugas Akhir. Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [3] Putra, RS. 2012. Reduksi PAPR pada OFDM Menggunakan Transformasi Wavelet dan Teknik Clipping. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [4] Rohmadi, A., Santoso, I., Ajulian ZM, A. 2012. Simulasi Metode Clipping filtering, Selective Mapping, dan Partial Transmit Sequence untuk Mereduksi PAPR pada Sistem OFDM. Transient, Vol 1, No 3. Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang.
- [5] Maddanaca, A. 2012. Reduksi Peak-To-Average Power Ratio Pada Sistem STBC MIMO-OFDM dengan Metode Selected Mapping dan Partial Transmit Sequence. Jurnal Telekomunikasi dan Komputer Vol. 3, No.1. Universitas Mercu Buana Jakarta.