

ANALISIS REDUKSI PAPR DENGAN TEKNIK CLIPPING DAN PULSE SHAPING MENGUNAKAN FILTER RRC PADA SC-FDMA

ANALYSIS PAPR REDUCTION WITH CLIPPING AND PULSE SHAPING TECHNIQUES USING RRC FILTER IN SC-FDMA

Jefry Armando Yunas¹, Arfianto Fahmi², Nur Andini³

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

Jl. Telekomunikasi, Dayeuh Kolot Bandung 40257 Indonesia

jefryui@gmail.com¹, arfiantof@telkomuniversity.ac.id², nurandini@telkomuniversity.ac.id³

ABSTRAK

Perkembangan komunikasi saat ini membutuhkan *datarate* serta efisiensi *bandwidth* yang tinggi. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access* (OFDMA) merupakan suatu teknik *multicarrier* yang memiliki efisiensi yang tinggi dalam pemakaian frekuensi, kuat dalam menghadapi *frequency selective fading*, dan tidak sensitif terhadap sinyal *delay* sehingga telah banyak diterapkan pada teknologi komunikasi *broadband*, seperti *Mobile Wimax*. Namun demikian, OFDMA juga mempunyai kelemahan yakni memiliki nilai *Peak to Average Power Ratio* (PAPR) yang tinggi. Tingginya nilai PAPR menyebabkan *power amplifier* membutuhkan daerah linier yang lebar sehingga akan mengurangi efisiensi penguat daya dalam sistem. *The low peak-to average power ratio* (PAPR) sistem telah memotivasi LTE untuk mengadopsi *single carrier frequency division multiple access* (SC-FDMA) sebagai uplink dalam skema *multiple access*nya untuk mendapatkan nilai PAPR yang rendah. Pada penelitian sebelumnya, Renu Rani dkk melakukan reduksi PAPR dengan kombinasi *clipping* dan *pulse shaping* dan reduksi PAPR yang didapatkan sebesar 4,9dB. Teknik yang diajukan pada tugas akhir ini adalah kombinasi dari *clipping* dan *pulse shapping* menggunakan filter *Root Raised Cosine* (RRC) dengan memperhatikan jumlah *subcarrier* dan *roll of factor* yang digunakan. Prinsip utama teknik *clipping* adalah pemotongan sinyal sebelum sinyal memasuki *amplifier* dengan cara membatasi amplitudo sinyal-sinyal masukan *clipping* dengan suatu nilai (*threshold*) yang telah ditentukan sebelumnya. Sedangkan *pulse shaping filter* merupakan proses pengkonvolusian dengan koefisien filter sesuai dengan *roll of factor filter* yang digunakan. Reduksi PAPR yang didapatkan menggunakan *subcarrier* 1024 dan *rolloff* 0,6 sebesar 3,4dB. Sistem SC-FDMA dengan teknik *clipping* dan *pulse shaping* memiliki performansi PAPR dengan perbaikan PAPR terbaik adalah dengan menggunakan jumlah *subcarrier* 256 dan *rolloff* 0,1, hal ini terlihat dari simulasi yang diujikan menggunakan *submapping* IFDMA dan RRC, dengan perbaikan sebesar 0,142dB. Namun EbNo untuk mencapai BER 10^{-4} meningkat sebesar 2,8 dB.

Kata kunci : LTE, SC-FDMA, OFDMA, RRC, *clipping*, *pulse shaping filter*, *subcarrier mapping*

ABSTRACT

Nowadays Development of communication requires high *datarate* and high *bandwidth* efficiency. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access* (OFDMA) is a *multicarrier* technique that has high efficiency, the advantages of OFDMA is good againts *frequency selective fading*, and not sensitive to *delay* the signal that has been widely applied in *broadband* communication technologies, such as *Mobile WiMAX*. However, OFDMA also has the disadvantage in term of *Peak to Average Power Ratio* (PAPR). The high value of PAPR will reduce the efficiency of the *power amplifier* in the system, so that requires a good *amplifier*. The low *peak-to average power ratio* (PAPR) systems have been motivated LTE to adopt *single carrier frequency division multiple access* (SC-FDMA) as the uplink *multiple access* scheme to obtain a low PAPR value. In previous studies by Renu Rani and the other, PAPR reduction with a combination of *clipping* and *pulse shaping* and reduction of PAPR obtained by 4,9dB. The technique proposed in this thesis is a combination of *clipping* and *pulse shaping* using filters *Root Raised Cosine* (RRC) with different number of *subcarriers* and the *roll of factor*. The main principle of the *clipping* technique is cutting the signal that entering the *amplifier* by limiting the amplitude of the input signals *clipping* with a value (*threshold*). While the *pulse shaping filter* is a process of convolution with the filter coefficients depend on a *roll of factor*. Reduction PAPR obtained by proposed technique with 1024 *subcarrier* and 0,6 *rolloff* factor is 3,4dB. The result of PAPR performance by SC-FDMA system with *Clipping* and *Pulse Shaping* Technique was imporoved PAPR by 0,142dB using 256 *subcarrier* and 0,1 *roll off* factor. But in exchange, the value EbNo to get BER 10^{-4} is increase by 2,8dB.

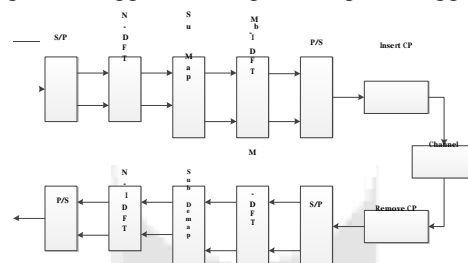
Keywords: LTE, SC-FDMA, OFDMA, PRC, *clipping*, *pulse shaping filter*, *subcarrier mapping*

1. Pendahuluan

Dengan meningkatnya kebutuhan akan akses komunikasi berkecepatan tinggi membuat perkembangan teknologi *wireless* semakin berkembang pesat. Kebutuhan akan datarate yang tinggi membuat perancangan sistem telekomunikasi harus lebih cepat dan efisien. *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA) adalah suatu teknik *multicarrier* yang digunakan karena memiliki efisiensi yang tinggi terhadap frekuensi, dan memiliki ketahanan terhadap efek *frequency selective fading*. Tingkat ketahanan yang baik terhadap *multipath fading* dikarenakan sinyal berdomain frekuensi dari OFDMA terdiri atas beberapa *subcarrier* yang orthogonal. Namun demikian, sistem OFDMA memiliki kekurangan, yaitu nilai PAPR (*Peak to Average Power Ratio*) yang tinggi. Tingginya nilai PAPR membuat *power amplifier* membutuhkan daerah linier yang lebar sehingga mengurangi efisiensi penguat daya dalam sistem. *The low peak-to average power ratio* (PAPR) sistem telah memotivasi LTE untuk mengadopsi *single carrier frequency division multiple access* (SC-FDMA) sebagai uplink dalam skema *multiple access*nya. Pada penelitian sebelumnya [6], Renu Rani dkk meningkatkan system SC-FDMA difokuskan dengan mengurangi/mereduksi nilai PAPR. Kombinasi dari *clipping* dan *pulse shaping* dengan filter *Root Raised Cousin* (RRC) digunakan dengan IFDMA sebagai *subcarrier mapping*nya. Dengan metode ini, nilai dari PAPR dapat direduksi sampai dengan 4,9dB. Selain itu pada penelitian [2], Sistem SC-FDMA dengan *submapping* IFDMA dan filter RRC memiliki performansi PAPR dan BER yang lebih baik dibanding dengan *submapping* LFDMA dan filter RC, hal ini dapat dilihat dari salah satu simulasi menggunakan *roll of factor* 0.6 dimana *submapping* IFDMA dan filter RRC memiliki PAPR terendah sebesar 3,4 dB dan saat menggunakan *roll of factor* 0.4 dimana *submapping* IFDMA dan filter RRC memiliki kebutuhan EbNo untuk mencapai BER terendah yaitu sebesar 14,638 dB. Mengacu pada referensi tersebut, maka pada Tugas Akhir ini akan mengevaluasi dan menganalisis penggunaan *clipping*, dan *pulse shaping filter* RRC pada sistem SC-FDMA terhadap PAPR yang dihasilkan dan menganalisis performansi BER yang dihasilkan setelah melalui kanal transmisi *rayleigh* dan AWGN. Diharapkan melalui penggunaan *clipping* dan *pulse shaping filter* bisa mendapatkan performansi PAPR dan BER sesuai yang diharapkan.

2. Sistem SC-FDMA

Kebutuhan akan nilai *Peak To Average Power Ratio* (PAPR) yang rendah telah memotivasi LTE untuk mengadopsi *Single Carrier Frequency Division Multiple Access* (SC-FDMA) sebagai *uplink* dalam skema *multiple access*nya. SC-FDMA memiliki keunggulan berupa nilai PAPR yang rendah. Dengan PAPR yang rendah, *power amplifier* di sisi *mobile terminal* yang menggunakan sistem SC-FDMA menjadi lebih sederhana dan mempunyai efisiensi power yang lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan sistem OFDM[2].



Gambar 1 Struktur Transmitter dan Receiver pada sistem SC-FDMA[3]

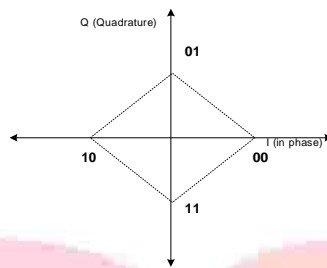
SC-FDMA juga sering disebut sebagai *DFT-spread OFDMA* yang merubah sinyal dari domain waktu ke frekuensi. Pada transmitter N buah simbol pada domain waktu kemudian ditransformasikan pada N -point DFT ke domain frekuensi yang kemudian dipetakan ke sejumlah M *subcarrier*. Dengan nilai $M > N$. Selanjutnya pada M -point IDFT, sinyal dikembalikan ke domain waktu sebelum ditransmisikan. Penambahan *Cyclic Prefix* (CP) bertujuan untuk mengurangi *Inter Symbol Interference* (ISI).

A. Mapper Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)

Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) adalah suatu *mapper* yang memetakan dua bit sinyal informasi menjadi satu buah simbol. *Mapper* QPSK digunakan di *transmitter* untuk memetakan bit menjadi simbol, sedangkan *De-Mapper* QPSK digunakan di *receiver* untuk mengubah simbol menjadi bit-bit informasi[2]. Pada QPSK terdapat 4 (empat) level sinyal, yang merepresentasikan 4 kode biner yaitu „00“, „01“, „11“, „10“. Masing-masing level sinyal disimbolkan dengan beda fasa sebesar 90° Persamaan nilai QPSK dapat dilihat sebagai berikut[5]:

$$s(t) = \sqrt{\frac{E_b}{2}} \left[\cos(\omega_c t) \cos(\theta) - \sin(\omega_c t) \sin(\theta) \right] \quad (1)$$

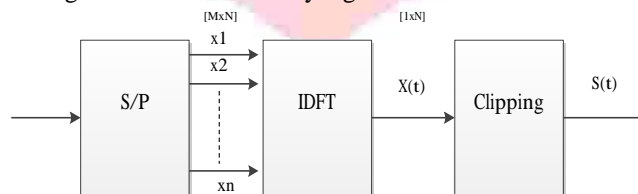
dimana : E_s = energi persymbol modulasi
 T_s = durasi simbol modulasi



Gambar 2 QPSK[5]

B. Clipping

Clipping merupakan teknik reduksi PAPR yang paling sederhana. Dengan teknik clipping amplitudo sinyal masukan akan dibatasi dengan threshold tertentu yang telah ditentukan.



Gambar 3 Skema Kinerja Clipping[1]

Pada skema kinerja clipping di atas, sinyal $x(t)$ setelah blok IDFT masuk ke blok clipping. Di dalam blok clipping, sinyal $x(t)$ akan dipotong jika melebihi nilai threshold (A_{max}), A_{max} sendiri dalam bentuk daya sinyal. Jika sinyal $x(t)$ masih di bawah A_{max} , maka sinyal tersebut akan diteruskan. Nilai A_{max} tergantung pada parameter clipping ratio (CR) yang digunakan untuk proses clipping. Parameter CR pada simulasi dinyatakan dalam satuan logaritmik (decibel). Nilai A_{max} menggunakan parameter CR dengan persamaan sebagai berikut [1]:

$$A_{max} = 10^{CR/10} \cdot P_{avg} \tag{2}$$

Dimana P_{avg} merupakan nilai daya rata-rata sinyal $x(t)$, nilai parameter CR yang digunakan adalah -6db atau sebesar 0,5 kali lipat dari daya rata-rata sinyal $x(t)$. Kemudian sinyal yang di clipping direpresentasikan dengan persamaan sebagai berikut[1] :

$$s(t) = x(t), \text{ jika } |x(t)| \leq A_{max} \tag{3}$$

$$s(t) = \frac{x(t)}{|x(t)|} \cdot A_{max}, \text{ jika } |x(t)| > A_{max} \tag{4}$$

Dimana $s(t)$ merupakan clipped sinyal yang kemudian dihitung PAPRnya.

C. Pulse Shaping Filter

Dalam proses pulse shaping, filter yang digunakan harus memenuhi kriteria Nyquist yang dapat menghilangkan Inter Symbol Interference (ISI). Kriteria Nyquist menyatakan bahwa filter yang dapat menghilangkan ISI mempunyai respons impulse[5] :

$$h(t) = \text{sinc}(\pi B t) \tag{5}$$

Filter yang dapat memenuhi kriteria Nyquist disebut dengan filter Nyquist. Diasumsikan bahwa distorsi di kanal transmisi dapat dihilangkan dengan equalizer yang mempunyai fungsi transfer yang sama dengan inverse dari respon kanal, maka fungsi transfer dapat dipilih sebagai hasil perkalian fungsi transfer filter di sisi transmitter dan receiver. Fungsi transfer dapat diperoleh dengan menempatkan nilai fungsi transfer $\sqrt{H(f)}$ pada masing-masing filter di transmitter dan receiver. Sehingga akan menyebabkan respon matched filter untuk sistem yang dapat meminimalkan bandwidth (bandlimit) dan ISI.

Sebelum ditransmisikan sinyal mengalami proses *pulse shaping filter root raised cosine* dengan cara menkonvolusikan simbol dengan respons impulse filter. Dibawah ini adalah respons impulse dari filter *root raised cosine*[4].

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{B}} \frac{(\cos(\pi B t)) - (\cos(\pi B t))}{(\pi B t)} \tag{6}$$

Roll Of Factor (α) mempunyai rentang nilai 0 sampai 1 dan mengendalikan jumlah sinyal yang *out of band*. Dengan nilai $\alpha=0$, filter merupakan *bandpass* filter ideal yang menekan semua sinyal yang *out of band*. Dalam domain waktu, *side lobes* dari respons impulse filter meningkat ketika nilai *roll of factor* diturunkan, hal ini menyebabkan peningkatan dari *power* puncak dari sinyal yang ditransmisikan setelah melakukan *pulse shaping*. Sehingga pemilihan *roll of factor* memerlukan kompromi antara banyaknya sinyal yang *out of band* dengan nilai *Peak to Average Power Ratio* yang diinginkan[2].

D. Peak Average to Power Ratio (PAPR)

Setelah melewati proses *pulse shaping filter* kemudian dihitung nilai PAPRnya. PAPR merupakan perbandingan antara daya puncak dengan daya rata-rata sinyal, PAPR mempunyai rumus sebagai berikut[4]:

$$PAPR = \frac{\max(|s(t)|^2)}{E[|s(t)|^2]} \tag{7}$$

merupakan simbol SC-FDMA yang telah di konvolusikan dengan koefisien filter, sedangkan $E[\]$ adalah operator ekspektasi yang merupakan daya rata-rata[2].

Dalam perhitungan PAPR, ditunjukkan menggunakan CCDF dari PAPR. Kemudian dilakukan iterasi beberapa kali untuk mendapatkan ketelitian PAPR sampai 10^{-3} . *Complementary Cumulative Distribution Function* (CCDF) dinyatakan sebagai[4]:

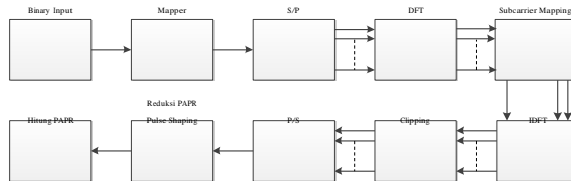
$$CCDF(\gamma) = P(PAPR > \gamma) \tag{8}$$

Dimana γ merupakan nilai *threshold* yang diberikan.

3. SC-FDMA dengan Teknik Clipping dan Pulse Shaping

A. Blok Perhitungan PAPR Sistem SC-FDMA

Perhitungan nilai PAPR sesuai dengan sistem yang digunakan, PAPR pada SC-FDMA dihitung setelah melewati proses *clipping-pulse shaping*. Perhitungan PAPR sendiri akan dilakukan pada *transmitter*.

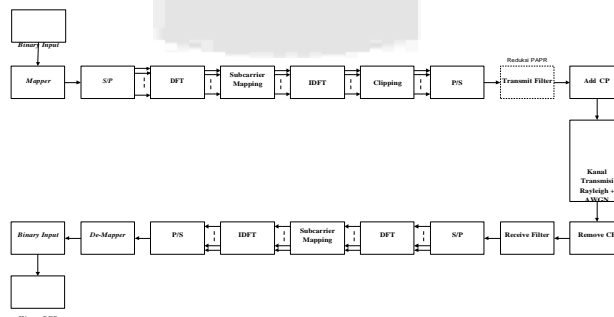


Gambar 4 Blok perhitungan PAPR pada sistem SC-FDMA [2][7]

Blok perhitungan PAPR sistem SC-FDMA dapat dilihat pada gambar 3.1. Bagian blok sistem yang dijadikan pembanding PAPR yang diukur adalah blok *clipping*, *subcarrier mapping* dan blok *pulse shaping*. Setelah didapatkan nilai PAPR sesuai dengan parameter yang digunakan kemudian dilakukan perbandingan nilai perbaikan PAPR yang dihasilkan.

B. Blok Perhitungan BER Sistem SC-FDMA

Pada blok ini akan diukur nilai BER (*Bit Error Ratio*). Performansi BER dipengaruhi oleh kondisi kanal transmisi dan pemodelan sistem yang digunakan. Semakin kecil BER yang dihasilkan, maka semakin baik kinerja sistem yang digunakan.



Gambar 5 Blok perhitungan BER pada system SC-FDMA [2][7]

C. Parameter sistem

Parameter simulasi menggunakan parameter *uplink* LTE untuk *Bandwidth* transmisi 10 Mhz.

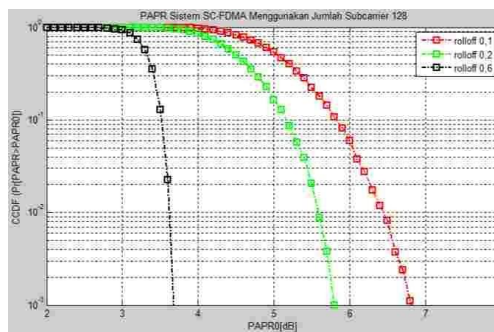
Tabel 1 Spesifikasi Parameter Sistem

Bandwidth Kanal	5 Mhz
Jumlah Subcarrier	128, 256, 512, 1024
Data Block Size	16
Tipe <i>pulse shaping filter</i>	<i>Root Raised Cosine</i>
<i>Signal Mapper</i>	QPSK
Skema <i>Subcarrier Mapping</i>	IFDMA
<i>Roll Of Factor</i>	0.1, 0.2, 0.6

4. Hasil Simulasi

Dilakukan analisis performansi *clipping* dan *pulse shaping filter* dengan filter *Root Raised Cosine* dalam kemampuannya menurunkan PAPR yang diterapkan di sistem komunikasi SC-FDMA pada *LTE-uplink*. Sebelum dilakukan perbandingan terlebih dahulu dicari parameter optimum yang dapat mereduksi PAPR terendah dari hasil simulasi yang dilakukan. Simulasi ini menggunakan *subcarrier mapping Interleaved Frequency Division Multiple Access*. Penjelasan mengenai *subcarrier mapping* telah dijelaskan penulis sebelumnya. Selain menganalisis PAPR juga akan diukur performansi *clipping pulse shaping filter* dalam kinerjanya terhadap *Bit Error Rate* (BER) yang dihasilkan. BER dihitung dengan membandingkan data kirim di sisi *transmitter* dan data terima di sisi *receiver* setelah melalui kanal transmisi. Analisis dalam tugas akhir ini dilakukan dengan mengamati grafik yang dihasilkan pada *Complementary Cumulative Distribution Function* (CCDF) terhadap PAPR *threshold* untuk simulasi PAPR. Sedangkan untuk simulasi BER dilakukan dengan mengamati nilai EbNO dengan BER yang dihasilkan. EbNO berarti Energi per bit yang dibandingkan dengan *noise power spectral density*. *Software* yang digunakan untuk mensimulasikan tugas akhir ini adalah MATLAB R2009a

A. Analisis Jumlah Subcarrier dan Rolloff Factor Terhadap Performansi PAPR tanpa menggunakan clipping



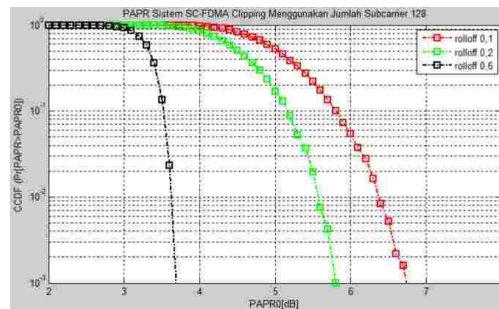
Gambar 6 PAPR tanpa *clipping* 128

Tabel 2 Nilai PAPR pada CCDF 10^{-3} Sistem SC-FDMA tanpa menggunakan *Clipping*

N.Subcarrier	Rolloff = 0,1	Rolloff = 0,2	Rolloff = 0,6
128	6,8121	5,8	3,6817
256	6,6142	5,627	3,5
512	6,523	5,548	3,4
1024	6,502	5,496	3,4

Penambahan jumlah *subcarrier* menyebabkan sedikit penurunan pada PAPR. Sebab, penambahan *subcarrier* berpengaruh pada proses *subcarrier mapping*. Penambahan *rolloff* sangat berpengaruh terhadap nilai PAPR. Sebagai contoh pada pada *rolloff* 0,1 dan *rolloff* 0,2 dengan *subcarrier* yang sama didapatkan PAPR 6,8121 dB dan 5,8dB. Selisih nilai keduanya berkisar 1,0121dB. Dan pada *rolloff* 0,6 pada *subcarrier* yang sama PAPR didapatkan 3,6817dB, yang kemudian didapatkan selisih sebesar 2,1183 dB dengan *rolloff* 0,2. *Rolloff factor filter* mempunyai sifat semakin besar nilai yang digunakan, maka nilai dari *side lobe* respons impuls filter akan semakin kecil. Perbedaan respon impuls dari filter ini yang menyebabkan perbedaan nilai PAPR pada proses *filtering*.

B. Analisis Jumlah Subcarrier dan Rolloff Factor Terhadap Performansi PAPR menggunakan clipping pulse shaping



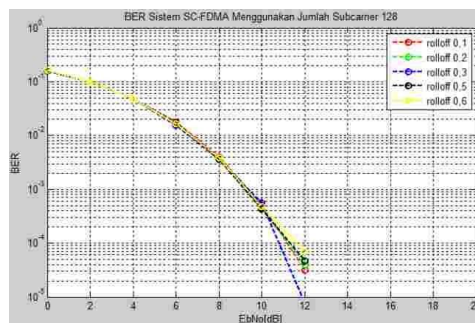
Gambar 7 PAPR clipping 128

Tabel 3 Nilai PAPR pada CCDF 10⁻³ Sistem SC-FDMA Clipping Pulse Shaping

N.Subcarrier	Rolloff = 0,1	Rolloff = 0,2	Rolloff = 0,6
128	6,7338	5,8	3,6
256	6,6	5,6	3,5
512	6,5	5,5	3,4
1024	6,502	5,5	3,4

Pengaruh dari penambahan jumlah *subcarrier* hanya menyebabkan perubahan yang sedikit dari PAPR yang dihasilkan. Sebagai contoh pada jumlah *subcarrier* 128 dengan *rolloff* 0,1 memiliki nilai PAPR sebesar 6,7338 dB, sedangkan untuk jumlah *subcarrier* 256 dengan *rolloff* yang sama memiliki nilai PAPR sebesar 6,6 dB. Selisih nilai PAPR keduanya hanya berkisar 0,1338 dB. Sebagai perbandingan, jika dilihat nilai PAPR pada *subcarrier* 128 dan *rolloff* 0,1 tanpa menggunakan *clipping pulse shaping* pada Tabel 2 adalah sebesar 6,8121dB. Sehingga didapat perbaikan hanya sebesar 0,0783dB. Proses *clipping pulse shaping* dengan *clipping ratio* sebesar -6dB dapat memperbaiki nilai PAPR. Namun perbaikan yang diberikan relative kecil.

C. Analisis Jumlah Subcarrier dan Rolloff Factor Terhadap Performansi BER tanpa menggunakan clipping



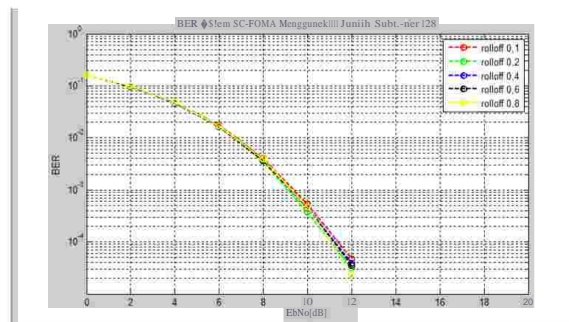
Gambar 8 BER tanpa clipping 128

Tabel 4 Nilai EbNo pada BER 10^{-4} sistem SC-FDMA tanpa menggunakan *Clipping*

N.Subcarrier	Rolloff = 0,1	Rolloff = 0,2	Rolloff = 0,6
128	11,1	11,4	11,4
256	5,1	4	4
512	5,2	4	4
1024	1,83	1,81	1,35

Penambahan jumlah *subcarrier* menyebabkan perubahan yang cukup besar terhadap kebutuhan EbNo. Sebagai contoh pada jumlah *subcarrier* 128 dengan *rolloff* 0,1 memiliki nilai EbNo sebesar 11,1dB, sedangkan untuk jumlah *subcarrier* 256 dengan *rolloff* yang sama memiliki nilai EbNo sebesar 5,1 dB. Selisih nilai EbNo keduanya berkisar 6 dB. Penambahan jumlah *subcarrier* berpengaruh kepada proses *subcarrier mapping*, dimana pada proses *subcarrier mapping* simbol dipetakan ke sejumlah *subcarrier*. Simbol dialokasikan ke seluruh *bandwidth* secara kontinyu dan non kontinyu sesuai dengan tipe *subcarrier* yang digunakan, dengan *subcarrier mapping* IFDMA penambahan jumlah *subcarrier* menyebabkan semakin banyak nilai nol sehingga jarak tiap simbol semakin jauh. Dengan semakin besarnya jarak antar simbol akan mengurangi ISI sehingga saat pengiriman simbol akan semakin aman. Hal inilah yang menyebabkan adanya perubahan terhadap kebutuhan EbNo. Sedangkan *rolloff* tidak berpengaruh signifikan terhadap kebutuhan EbNo. Karena sinyal yang dikirimkan mengalami *pulse shaping* yang tidak akan mengurangi informasi simbol.

D. Analisis Jumlah Subcarrier dan Rolloff Factor Terhadap Performansi BER Menggunakan *clipping pulse shaping*

**Gambar 9** BER *clipping* 128**Tabel 5** Nilai EbNo pada BER 10^{-4} Sistem SC-FDMA *Clipping Pulse Shaping*

N.Subcarrier	Rolloff = 0,1	Rolloff = 0,2	Rolloff = 0,6
128	11,5	11,1	11,2
256	7,9	7,66	7,92
512	5,2	4	4
1024	2	1,45	1,63

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat bahwa pengaruh dari penambahan jumlah *subcarrier* menyebabkan perubahan yang cukup besar terhadap kebutuhan EbNo. Sebagai contoh pada jumlah *subcarrier* 128 dengan *rolloff* 0,1 memiliki nilai EbNo sebesar 11,5dB, sedangkan untuk jumlah *subcarrier* 256 dengan *rolloff* yang sama memiliki nilai EbNo sebesar 7,9 dB. Selisih nilai EbNo keduanya hanya berkisar 3.6 dB. Dengan *subcarrier mapping* IFDMA penambahan jumlah *subcarrier* menyebabkan semakin banyak nilai nol sehingga jarak tiap simbol semakin jauh. Dengan semakin besarnya jarak antar simbol akan mengurangi ISI sehingga saat pengiriman simbol akan semakin aman. Hal inilah yang menyebabkan adanya perubahan terhadap kebutuhan EbNo.

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian tugas akhir ini adalah : Sistem SC-FDMA dengan teknik *clipping* dan *pulse shaping* memiliki performansi PAPR dengan perbaikan PAPR terbaik adalah dengan menggunakan jumlah *subcarrier* 256 dan *rolloff* 0,1, hal ini terlihat dari simulasi

yang diujikan menggunakan *submapping* IFDMA dan RRC, dengan sistem memiliki yaitu perbaikan sebesar 0,142dB. Namun EbNo untuk mencapai BER 10^{-4} meningkat sebesar 2,8 dB. Semakin besar nilai *rolloff factor* dapat meningkatkan kinerja sistem, hal ini terlihat dari simulasi yang diujikan menggunakan *submapping* IFDMA dan RRC, dengan sistem tersebut PAPR terendah yaitu sebesar 3,4dB. Sistem SC-FDMA dengan teknik *clipping* dan *pulse shaping* memiliki performansi PAPR terbaik adalah dengan menggunakan jumlah *subcarrier* 1024 dan *rolloff* 0,6. Semakin besar jumlah *subcarrier* dapat meningkatkan kinerja sistem, hal ini terlihat dari simulasi yang diujikan menggunakan *submapping* IFDMA dan RRC, dengan sistem memiliki kebutuhan EbNo terendah untuk mencapai BER 10^{-4} yaitu sebesar 1,63dB. Sistem SC-FDMA dengan teknik *clipping* dan *pulse shaping* memiliki performansi BER terbaik adalah dengan menggunakan jumlah *subcarrier* 1024 dan *rolloff* 0,6.

Daftar Pustaka

- [1] Anggi Pratama Putra, Tugas Akhir “*Analisis Reduksi PAPR menggunakan Kombinasi Selective Mapping dan Clipping pada system OFDM*”, Institut Teknologi Telkom, Bandung. 2013
- [2] Chandra Sapharudin, Tugas Akhir “*Analysis and Simulation PAPR Reduction using Pulse Shaping Filter Raised Cosine and Root Raised Cosine in SC-FDMA System*”, Institut Teknologi Telkom, Bandung. 2013
- [3] Myung H. G., “*Introduction to Single Carrier FDMA*”, 15th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2007), Poznan, Poland, September 3-7, 2007
- [4] Myung H. G., and D. J. Goodman, “*Single Carrier FDMA , A New Air Interface for Long Term Evolution,*” Wiley Series On Wireless Communication and Mobile Computing, A John Wiley and Sons, Ltd, Publication.
- [5] Rappaport, Theodore S. “*Wireless Communication : Principles and Practice*”. Prentice Hall.2001
- [6] Renu Rani, Garima Saini, Anuj Kumar, “*Peak-to Average Power Ratio Analysis of SC-FDMA Signal by Hybrid Technique*”, *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 69– No.15, May 2013*
- [7] Wafaa Radi , Hesham ElBadawy ,and Salwa ElRamly, ”*Peak to Average Power Ratio Reduction Techniques for Long Term Evolution- Single Carrier Frequency Division Multiple Access System,*” (IJAES) INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED ENGINEERING SCIENCES AND TECHNOLOGIES, Vol No. 6, Issue No. 2, 230 – 236