

## ANALISIS REDUKSI PAPR MENGGUNAKAN PULSE SHAPING FILTER RAISED COSINE DAN ROOT RAISED COSINE PADA SISTEM SC-FDMA DAN OFDMA

Chandra Sapharudin<sup>1</sup>, Arfianto Fahmi<sup>2</sup>, Nur Andini.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

### Abstrak

Kebutuhan akan data rate yang tinggi, bandwidth yang lebar serta mobilitas yang tinggi menjadi meningkat dalam sistem komunikasi selular saat ini. Long Term Evolution adalah salah satu teknologi yang mampu memberikan layanan tersebut. Salah satu teknik yang digunakan di dalam LTE adalah Orthogonal Frequency Division Multiple Access. OFDMA menjadi teknik multicarrier yang dipilih karena mempunyai resistansi yang tinggi terhadap kanal frequency selective fading. Hal ini dikarenakan oleh subcarrier pada sistem OFDMA yang dibuat saling orthogonal antara satu dengan yang lainnya. Namun sistem OFDMA memiliki kelemahan, yaitu nilai Peak to Average Power Ratio yang tinggi yang menyebabkan efisiensi power amplifier menjadi berkurang. Sehingga untuk arah uplink LTE menggunakan teknik SC-FDMA yang memiliki kompleksitas yang sama namun memiliki performansi PAPR yang lebih baik. Teknik yang diajukan pada tugas akhir ini adalah penggunaan subcarrier mapping IFDMA dan LFDMA serta pulse shaping filter Raised Cosine dan Root Raised Cosine yang digunakan pada sistem SC-FDMA. Subcarrier mapping merupakan proses pengalokasian simbol ke dalam subcarrier. Skema subcarrier mapping berbeda sesuai dengan teknik yang digunakan. Sedangkan pulse shaping filter merupakan proses pengkonvolusian dengan koefisien filter sesuai dengan roll of factor filter yang digunakan. Hasil simulasi pada tugas akhir ini menunjukkan pada target CCDF 10-3 dan BER 10-5, subcarrier mapping IFDMA dan pulse shaping filter RRC memiliki performansi yang lebih baik dibandingkan LFDMA dan filter RC. Menggunakan roll of factor=0,1;0,4; dan 0,6 didapatkan nilai PAPR 6,35 dB, 3,438dB, dan 3,4 dB. Serta nilai EbNo 15,613 dB, 14,638 dB, dan 15,078 dB.

**Kata Kunci :** LTE, SC-FDMA, OFDMA, pulse shaping filter, subcarrier mapping

### Abstract

The demand of high data rates, wide bandwidth, and high mobility is increasing in current mobile communication systems. Long Term Evolution is one of the technologies that can provide such services. One of the techniques used in LTE is Orthogonal Frequency Division Multiple Access. OFDMA is a multicarrier technique which is chosen because it has a high resistance to frequency selective fading channel. This is due to the subcarrier in OFDMA system which is made mutually orthogonal with each other. However OFDMA system has one drawback, high Peak to Average Power Ratio, causing the efficiency of power amplifier to be reduced. So for uplink scheme LTE uses SC-FDMA technique that has same complexity but has better PAPR performance. The technique proposed in this thesis is the use of subcarrier mapping IFDMA and LFDMA with pulse shaping filter Raised Cosine and Root Raised Cosine used in SC-FDMA system. Subcarrier mapping is the process of allocating the symbol into subcarrier. Subcarrier mapping scheme is different according to which technique is used. While pulse shaping filter is a process of convolution with the filter coefficient according to the roll of factor filter is used. The simulation results in this thesis suggest that on target of CCDF 10-3 and BER 10-5, subcarrier mapping IFDMA and pulse shaping filter RRC has better performance compared to LFDMA and RC filter. Using roll of factor=0,1;0,4 and 0,6 values of PAPR were obtained 6,35 dB, 3,438dB, dan 3,4 dB. And values of EbNo were 15,613 dB, 14,638 dB, and 15,078 dB.

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

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang<sup>[1][5][6]</sup>

Pada perkembangan sistem komunikasi selular saat ini, kebutuhan akan *data rate* dan efisiensi *bandwidth* yang tinggi menjadi meningkat. *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.

Besarnya nilai PAPR pada sistem OFDMA membuat 3GPP mengadopsi teknik lain untuk arah *uplink*. Maka digunakanlah skema SC-FDMA pada sistem komunikasi LTE untuk arah *uplink*. Konfigurasi *single carrier* pada sistem SC-FDMA membuat PAPR yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan sistem OFDMA. Dalam beberapa literatur, reduksi PAPR pada sistem SC-FDMA dilakukan dengan menggunakan *pulse shaping filter* dan memilih *subcarrier mapping* yang sesuai dengan PAPR yang diinginkan. Pada [1] Waafa Radi dkk membandingkan *subcarrier mapping* IFDMA dan LFDMA serta *pulse shaping filter* RC dan RRC dalam kemampuannya mengurangi PAPR yang dihasilkan pada sistem SC-FDMA.

Mengacu pada tinjauan paper tersebut, maka pada tugas akhir ini akan dievaluasi dan dianalisis mengenai penggunaan *submapping* IFDMA dan LFDMA serta *pulse shaping filter* RC dan RRC. Jika pada penelitian sebelumnya [1], penggunaan *submapping* dan *pulse shaping filter* hanya digunakan untuk menganalisis reduksi PAPR pada sistem SC-FDMA, maka pada tugas akhir ini akan menganalisis penggunaan *submapping* dan *pulse shaping filter* pada sistem SC-FDMA dan OFDMA terhadap PAPR yang dihasilkan dan menganalisis performansi BER yang dihasilkan setelah melalui kanal transmisi *rayleigh* dan AWGN. Diharapkan melalui penggunaan *submapping* dan *pulse shaping filter* bisa mendapatkan performansi PAPR dan BER sesuai yang diharapkan.

## 1.2 Tujuan

Maksud dan tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Mendapatkan besarnya nilai perbaikan PAPR dan BER pada SC-FDMA menggunakan *pulse shaping filter* RC dan RRC.
2. Mendapatkan besarnya nilai perbaikan PAPR dan BER pada OFDMA menggunakan *pulse shaping filter* RC dan RRC.
3. Membandingkan kinerja *pulse shaping filter* RC dan RRC dengan jenis modulasi QPSK menggunakan variasi *roll of factor* dalam kemampuannya untuk mendapatkan nilai perbaikan PAPR dan BER.
4. Membandingkan kinerja *pulse shaping filter* RC dan RRC dengan jumlah *subcarrier* yang berbeda dalam kemampuannya mendapatkan nilai perbaikan PAPR dan BER.

## 1.3 Rumusan Masalah

Permasalahan yang menjadi objek penelitian pada tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana mendapatkan nilai perbaikan PAPR dan BER menggunakan *pulse shaping filter* RC dan RRC pada sistem SC-FDMA.
2. Bagaimana mendapatkan nilai perbaikan PAPR dan BER menggunakan *pulse shaping filter* RC dan RRC pada sistem OFDMA.
3. Bagaimana pengaruh *roll of factor filter* dalam kemampuannya dalam mendapatkan nilai perbaikan PAPR dan BER menggunakan *pulse shaping filter* RC dan RRC.
4. Bagaimana menurunkan PAPR menggunakan *pulse shaping filter* RC dan RRC menggunakan jumlah *subcarrier* yang berbeda.

## 1.4 Batasan Masalah

Beberapa hal yang dibatasi di dalam tugas akhir ini adalah:

1. Sistem SC-FDMA dan OFDMA terdiri dari: transmitter, kanal, receiver.
2. Analisis dan simulasi pada single user.
3. Komunikasi yang diamati adalah arah uplink.
4. Modulasi yang digunakan QPSK.
5. Jumlah *subcarrier* yang digunakan: 512 dan 1024.
6. Hanya membahas teknik *Raised Cosine* dan *Root Raised Cosine Filter* sebagai reduktor PAPR.
7. *Mapping Subcarrier* yang digunakan adalah *Interleave Frequency Division Multiple Access* dan *Localized Frequency Division Multiple Access*

8. Model kanal transmisi adalah Rayleigh fading dengan noise AWGN.
9. Kecepatan pengguna 3 m/s (*pedestrian*)
10. Simulasi menggunakan program MATLAB R2009a.

### 1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan adalah:

1. Studi Literatur

Melakukan studi dari berbagai buku atau jurnal ilmiah yang berkaitan dengan sistem komunikasi SC-FDMA dan teknik-teknik mereduksi PAPR.

2. Pemodelan Sistem

Berdasarkan studi literatur dan parameter-parameter yang didapatkan, sistem akan didesain dan dimodelkan sehingga sistem dapat disimulasikan.

3. Simulasi Sistem

Setelah sistem dimodelkan dengan parameter-parameter yang sesuai, simulasi dilakukan untuk mendapatkan kinerja sistem SC-FDMA dengan menggunakan *pulse shaping filter Raise Cosine dan Root Raise Cosine*.

4. Analisis Hasil Simulasi

Melakukan perubahan parameter yang telah ditentukan pada proses simulasi untuk mendapatkan berbagai macam kondisi untuk dianalisis pengaruhnya terhadap kinerja sistem SC-FDMA

5. Pengambilan Kesimpulan

Mengambil kesimpulan akhir terhadap hasil simulasi yang diperoleh dan memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini ditulis dengan sistematika sebagai berikut:

1. BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini dibahas mengenai latar belakang, tujuan, rumusan masalah, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan tugas akhir.

2. BAB II : DASAR TEORI

Pada bab ini dipaparkan berbagai dasar teori yang mendukung dan mendasari penulisan tugas akhir ini.

3. BAB III : PEMODELAN SISTEM

Pada bab ini dijelaskan mengenai proses perancangan model sistem yang akan disimulasikan.

4. BAB IV : ANALISIS HASIL SIMULASI

Pada bab ini akan dianalisis mengenai hasil simulasi berdasarkan parameter yang telah ditentukan.

5. BAB V : PENUTUP

Pada bab ini diberikan kesimpulan mengenai permasalahan yang dibahas berdasarkan serangkaian penelitian yang dilakukan dan diberikan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Sistem SC-FDMA dengan *submapping* IFDMA dan filter RRC memiliki performansi PAPR yang lebih baik yaitu sebesar 5,4 dB, hal ini dikarenakan penambahan blok DFT pada sistem SC-FDMA yang membuat sistem tersebut lebih terlihat sebagai sistem *single carrier*, serta *submapping* IFDMA yang membuat simbol keluaran proses IFFT memiliki besaran simbol yang relatif sama satu sama lain dan ketika dilakukan proses *pulse shaping* dengan filter RRC memiliki performansi PAPR yang paling baik.
2. Sistem OFDMA dengan *submapping* IFDMA dan filter RRC memiliki performansi BER yang lebih baik dengan kebutuhan EbNo sebesar 9,64 dB, hal ini dikarenakan prinsip OFDMA membagi aliran data menjadi deretan bit paralel yang ditempatkan pada *subcarrier* orthogonal yang menyebabkan frekuensi selektif fading yang terjadi pada kanal terasa seperti flat fading yang menyebabkan proses rekonstruksi di sisi penerima menjadi lebih mudah, selain itu pada *submapping* IFDMA simbol dialokasikan pada *subcarrier* menggunakan *bandwidth spreading factor* dan menyebabkan simbol mempunyai jarak satu dan lainnya sehingga menjadi tahan terhadap noise pada kanal transmisi setelah melalui proses *pulse shaping* dengan filter RRC.
3. Penggunaan jumlah *subcarrier* sedikit tidak berpengaruh pada performansi PAPR sistem SC-FDMA. Pada *submapping* IFDMA dan filter RC untuk jumlah *subcarrier* 512 dengan jumlah bit 256 dihasilkan PAPR sebesar 5,261 dB dan untuk jumlah bit 512 dihasilkan PAPR sebesar 5,358 dB. Sedangkan untuk *subcarrier* 1024 dengan jumlah bit 256 dihasilkan PAPR sebesar 5,2 dB. Dan untuk jumlah bit 512 dihasilkan PAPR sebesar 5,353. Dapat terlihat bahwa penambahan bit yang dikirimkan dan penambahan jumlah *subcarrier* membuat PAPR yang dihasilkan relatif tetap. Hal ini disebabkan karena penambahan bit tidak terlalu berpengaruh kepada daya rata-rata dan daya puncak simbol, sedangkan penambahan jumlah *subcarrier* hanya berakibat pada penambahan nilai

nol untuk *subcarrier* yang tidak terpakai sehingga PAPR yang dihasilkan relatif tetap.

4. Penggunaan jumlah *subcarrier* berpengaruh pada performansi BER sistem SC-FDMA. Pada *submapping* IFDMA dan filter RC untuk mencapai BER  $10^{-5}$ , dengan jumlah *subcarrier* 512 dan jumlah bit 256 dihasilkan EbNo sebesar 9,705 dB dan untuk jumlah bit 512 dihasilkan PAPR sebesar 15,133 dB. Sedangkan untuk *subcarrier* 1024 dengan jumlah bit 256 dihasilkan PAPR sebesar 6 dB. Dan untuk jumlah bit 512 dihasilkan 10 dB PAPR sebesar. Dapat dilihat bahwa penambahan jumlah bit membuat kebutuhan EbNo menjadi lebih besar karena meningkatnya volume bit yang dikirimkan sedangkan penambahan *subcarrier* membuat kebutuhan EbNo menurun. Hal ini disebabkan karena penambahan jumlah *subcarrier* membuat jarak antara satu *simbol* dengan *simbol* lainnya akan menjadi lebih besar, akibat nilai nol pada *subcarrier* yang tidak terpakai, sehingga menyebabkan simbol yang akan dikirimkan menjadi tahan terhadap *noise*.
5. Penggunaan *roll of factor* filter harus memperhatikan performansi PAPR dan BER yang diharapkan, hal ini terlihat dari hasil simulasi bahwa pada penggunaan *roll of factor* 0,1;0,4;dan 0,6 terlihat bahwa pada performansi PAPR sistem dengan penggunaan *roll of factor* 0,6 memiliki performansi yang paling baik yaitu sebesar 3,dB sedangkan pada performansi BER sistem dengan penggunaan *roll of factor* 0,4 memiliki performansi yang paling baik dengan kebutuhan EbNo sebesar 14,638 dB.

## 5. 2. SARAN

Adapun saran dari penulis untuk penelitian lebih lanjut adalah :

1. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan jenis *pulse shaping filter* lainnya seperti *Gaussian pulse shaping filter*.
2. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan menggunakan variasi kecepatan yang lain pada saat memasuki kanal transmisi, pada simulasi ini kecepatan yang dipakai adalah 3 m/s.
3. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan menggunakan *signal mapper /* modulasi yang lain seperti BPSK, dan 16 QAM.
4. Penggunaan *pulse shaping filter* dapat dikombinasikan pada teknik reduktor PAPR lain seperti pada OFDM, SLM (*Selective Mapping*) dan *Clipping*.

5. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan jumlah *subcarrier* yang bervariasi.



## DAFTAR PUSTAKA

- [ 1 ] W. Radi, H. ElBadawy, and S. ElRamly. "*Peak to Average Power Ratio Reduction Techniques for Long Term Evolution- Single Carrier Frequency Division Multiple Access System*". International Journal of Advanced Engineering Sciences and Technologies, vol.6, no.2, pp.230 – 236, 2011.
- [ 2 ] Md. Masud Rana, J. Kim, and W. Cho. "*PAPR Reduction Technique for LTE SC-FDMA Systems Using Root-Raised Cosine Filter*". International Journal of Computer Science and Information Security, vol.8, no.6, September. 2010 .
- [ 3 ] Rumney, Mora. "*3GPP LTE: Introducing Single Carrier FDMA*". Agilent Technologies. <<http://www.agilent.com/go/journal>>, 2008.
- [ 4 ] Haykin, Simon. "*An Introduction to Analog & Digital Communication*". John Wiley & Sons, 1989.
- [ 5 ] Rappaport, Theodore S. "*Wireless Communication : Principles and Practice*". Prentice Hall, 2001.
- [ 6 ] H. G. Myung, 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, 2008.
- [ 7 ] ITU-R M.1225. "*Guidelines for Evaluation of Radio Transmission Technologies for IMT-2000*". International Telecommunication Union, 1997.
- [ 8 ] Hyung G. Myung, Junsung Lim, and David J. Goodman," *Single Carrier FDMA for Uplink Wireless Transmission*". IEEE Vehicular Technology Magazine, 2006.
- [ 9 ] Taha, Abd-Elhamid M., Ali, Najah Abu, dan Hassanein, Hossam S. "*LTE,LTE-Advanced and WiMAX*". John Wiley & Sons, 2012.
- [ 10 ] Sklar, Bernard. "*Digital Communications: Fundamentals and Applications*". Prentice Hall, 2001.