

## ANALISIS TEKNIK PEAK TO AVERAGE POWER REDUCTION PADA OFDM MENGGUNAKAN ACTIVE CONSTELLATION EXTENSION UNTUK SISTEM WIMAX

Agus Suhendar<sup>1</sup>, Heroe Wijanto<sup>2</sup>, Budi Prasetya<sup>3</sup>

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

### Abstrak

Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) adalah teknologi tanpa kabel yang melayani koneksi broadband dengan throughput tinggi melalui jarak jauh berdasarkan standar IEEE 802.16. Sistem ini menggunakan teknologi orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) yang mempunyai efisiensi spektrum tinggi dan ketahanan terhadap propagasi multipath. Sinyal keluaran OFDM mempunyai perbandingan daya puncak terhadap daya rata-rata (PAPR) yang tinggi, sehingga menyebabkan efisiensi penguat daya besar (HPA) berkurang, kerusakan in-band, dan radiasi out-band ketika sinyal melewati HPA.

Metoda penurunan PAPR dapat merubah atau memperkenalkan konstelasi baru untuk mengurangi puncak sinyal yang tinggi. Simbol dapat dipetakan pada himpunan titik-titik konstelasi yang tepat, sehingga mengurangi PAPR. Perkembangan dari metode tersebut adalah active constellation extension (ACE) yang memotong sinyal domain waktu di atas atau dekat dengan tingkat saturasi HPA dan memetakan simbol domain frekuensi dengan memperluas titik-titik konstelasi terluar pada kanal-kanal aktif dengan menitikberatkan penjagaan batas. Akibat dari ACE adalah bertambahnya nilai rata-rata daya sinyal dan berkurangnya puncak daya sinyal, sehingga mampu menurunkan PAPR. ACE diterapkan pada pengirim dan tidak membutuhkan adaptasi pada sisi penerima serta tidak mengirimkan side information yang tidak memenuhi standar.

Pada tugas akhir ini dianalisa unjuk kerja metode ACE pada standar fixed WiMAX 802.16d dalam penurunan PAPR untuk kasus jenis modulasi dan jumlah subcarrier yang berbeda. Hasil simulasi menurunkan PAPR antara 2.9450 - 6.3590 dB, meningkatkan amplituda rata-rata antara 0.9752 - 1.0802 dB, menurunkan amplituda puncak antara 1.5579 - 2.7625 dB, menurunkan input back off antara 1.6922 - 1.8472 dB, menurunkan output back off antara 1.6956 - 1.8481 dB, serta menaikkan SNR antara 0.05 - 2.2 pada target BER 10<sup>-4</sup>.

Kata Kunci : OFDM, PAPR, ACE, WiMAX

Telkom  
University

### Abstract

Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) is wireless broadband technology thorough far distance with high throughput base on IEEE 802.16 standard. This system using orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) technology with high spectrum efficiency and multipath propagation resistance.

OFDM signal have high peak to average power ratio PAPR that causing HPA efficiency decrease, in-band distortion, and out-band radiation when the signal through HPA.

PAPR reduction technique tries to alter or introduce new constellations to combat large signal peaks. The symbols can be mapped to a set of constellation points, for reducing PAPR.

Development of the method is Active Constellation Extension (ACE) that cutting peak of time domain signal which is up or close to HPA saturation level, and extend outer constellation points in active channel with emphasize on border surveillance. Impacts of ACE are signal average power increase and signal peak power decrease, so PAPR can be reduced. ACE applied on transmitter side, does not need any adaptation on receiver side and does not sending side information which is not comply with standard.

This final task analyzes ACE technique performance on OFDM for different modulation and subcarrier and performance on 256 fixed WiMAX 802.16.d for different modulation on PAPR reduction. The simulation reducing PAPR between 2.9450 - 6.3590 dB, increasing mean amplitude between 0.9752 - 1.0802 dB, reducing peak amplitude between 1.5579 - 2.7625 dB, reducing Input Back Off between 1.6922 - 1.8472 dB, Output Back Off between 1.6956 - 1.8481 dB, and increasing SNR between 0.05 - 2.2 to achieve BER target  $10^{-4}$ .

Keywords : OFDM, PAPR, ACE, WiMAX

---

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Worldwide Interoperability for Microwave Access* (WiMAX) adalah teknologi tanpa kabel terbaru yang melayani koneksi broadband dengan throughput tinggi melalui jarak jauh berdasarkan standar IEEE 802.16. Berdasarkan efisiensi spektrum yang tinggi dan ketahanan propagasi multipath, *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) digunakan pada sistem WiMAX. Saat ini, skema kode *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) digunakan untuk DVB-T (*Digital Video Broadcasting-Terrestrial*), jaringan daerah lokal tanpa kabel (WLAN), siaran HDTV, dan jaringan daerah metropolitan tanpa kabel (WMAN).

Kekurangan dari OFDM adanya perbandingan daya puncak terhadap daya rata-rata (PAPR) yang tinggi yang berasal dari superposisi banyak subcarrier dengan karakteristik fasa tertentu pada OFDM. Pada pengiriman, sinyal OFDM dengan PAPR yang tinggi akan mengalami proses *clipping* dan/atau *soft thresholding* di penguat daya besar (HPA) sehingga output HPA tidak linear. HPA akan merusak semua bagian sinyal yang dekat atau melebihi daya saturasi dari HPA tersebut. Perusakan ini dapat menyebabkan *inter carrier interference* (ICI), dan radiasi *out-of-band* (OoB). Ketika ICI mengganggu sinyal yang ditransmisikan dan menurunkan BER, radiasi OoB mengganggu sinyal pada pita frekuensi terdekat. Selain itu, Pemakaian daya oleh HPA sangat tergantung pada daya besar atau puncak daripada daya rata-rata, sehingga penanganan PAPR ini membuat efisiensi daya rendah. Dengan kata lain sinyal yang masuk ke HPA haruslah tidak ada PAPR yang tinggi, berada dalam kawasan linear HPA, dan berada di bawah daya jenuh HPA.

Metoda pengurangan PAPR dapat merubah atau memperkenalkan konstelasi baru untuk mengurangi puncak sinyal yang tinggi. Daripada menempatkan tiap simbol pada titik konstelasi tertentu, simbol tersebut dapat dipetakan pada himpunan titik-titik konstelasi yang tepat untuk semua simbol, sehingga mengurangi puncak sinyal. Perkembangan dari metode tersebut adalah *active constellation extension* (ACE) yang memperluas titik-titik konstelasi terluar pada kanal-kanal aktif, dalam menitikberatkan penjagaan batas, untuk memperkecil besarnya puncak.

Pada tugas akhir ini dianalisa unjuk kerja metode ACE pada sistem IEEE 802.16d untuk kasus jenis modulasi dan jumlah *subcarrier* yang berbeda.

## 1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang menjadi objek penelitian penulis pada tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana menurunkan *peak-to-average power ratio* menggunakan algoritma *active constellation extension* (ACE) untuk jenis modulasi yang berbeda.
2. Bagaimana menurunkan *peak-to-average power ratio* menggunakan algoritma *active constellation extension* (ACE) untuk jumlah subcarrier yang berbeda.
3. Bagaimana menghitung *bit error rate* (BER) sebagai ukuran unjuk kerja.

## 1.3 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Mampu menurunkan *peak-to-average power ratio* menggunakan algoritma *active constellation extension* (ACE) untuk jenis modulasi yang berbeda .
2. Mampu menurunkan *peak-to-average power ratio* menggunakan algoritma *active constellation extension* (ACE) untuk jumlah *subcarrier* yang berbeda .
3. Mampu menghitung *bit error rate* (BER) sebagai ukuran unjuk kerja.

## 1.4 Batasan Masalah

Beberapa hal yang dibatasi pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Tidak membahas konfigurasi jaringan WiMAX.
2. Simulasi menggunakan sinyal OFDM modulasi QPSK, 16QAM, dan 64QAM.
3. Menggunakan sistem *fixed* WiMAX 802.16.d dengan  $N=256$  terdiri dari 192 data *carriers*, 8 *pilot*, and 56 *guard carriers* (28 *lower* and 27 *upper frequency guard subcarriers*).
4. Simulasi pengujian ACE menggunakan jumlah subcarrier 64, 128, 512, 1024, dan 2048 pada OFDM.
5. Penguat daya menggunakan model HPA Rapp's *solid state power amplifier* dengan *knee factor* = 2.
6. Sistem yang diajukan terbatas pada simulasi menggunakan MATLAB R2007a.

### 1.5 Metodologi Penyelesaian Masalah

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini penulis akan melakukan metode :

1. *Study Literatur*, yaitu dengan mempelajari konsep dasar dan teori-teori berkaitan dengan WiMAX, OFDM, QPSK, ACE, dan model HPA Rapp.
2. Pengamatan dan pendefinisian masalah serta penyesuaian dan studi kelayakannya pada perancangan sistem.
3. Perancangan dan pemodelan sistem yaitu rencana blok-blok diagram yang akan disimulasikan pada WiMAX dan sistem algoritma ACE.
4. Pensimulasian rancangan sistem yang telah terdefinisi menggunakan *software* MATLAB.
5. Pengujian sistem dengan memasukan data-data yang diperlukan.
6. Analisa keluaran sistem, pengambilan kesimpulan dan penyusunan laporan tugas akhir.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Tugas Akhir yang diajukan ditulis dengan sistematika :

#### **BAB 1 : Pendahuluan**

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

#### **BAB 2 : Dasar Teori**

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

#### **BAB 3 : Perancangan Sistem dan Implementasi**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai proses perancangan dan implementasi sistem penurunan PAPR pada sistem WiMAX.

#### **BAB 4 : Pengujian Sistem dan Analisis**

Pada bab ini akan dilakukan pengujian sistem dan analisis hasil yang diperoleh dari tahap perancangan dan implementasi.

#### **BAB 5 : Kesimpulan dan Saran**

Pada bab ini akan diberikan kesimpulan mengenai permasalahan yang dibahas berdasarkan serangkaian penelitian yang dilakukan.

Selain itu, pada bab ini juga akan diberikan saran untuk pengembangan selanjutnya.



## BAB V PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan simulasi dan hasil analisa, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. ACE sangat efektif bekerja pada ukuran konstelasi sinyal yang kecil seperti pada QPSK jika dibandingkan dengan 16QAM atau 64QAM.
2. ACE memberikan perbaikan yang lebih besar pada jumlah *subcarrier* yang lebih besar.
3. ACE meningkatkan daya rata-rata sinyal sebagai akibat perluasan konstelasi sinyal terluar.
4. ACE menurunkan puncak melalui pemotongan puncak sinyal yang melewati *clipping level* tertentu.
5. ACE mengurangi pengaruh jumlah *subcarrier* terhadap peningkatan PAPR.
6. ACE dapat menurunkan IBO dan OBO yang diperlukan HPA sehingga dapat meningkatkan efisiensi daya dan *coverage* sinyal.
7. ACE mengurangi jumlah sinyal yang bekerja pada daerah tidak linier.
8. ACE sangat baik diterapkan pada sistem WiMAX karena memiliki perbaikan PAPR antara 1.983 dB - 5.691 dB tanpa pengiriman *side information* atau perubahan pada sisi penerima.
9. ACE meningkatkan BER, akan tetapi target BER masih tercapai yaitu  $10^{-4}$ .

### 5.2. Saran

1. Untuk hasil optimal perlu dikaji penggunaan *predistorsi* pada HPA.
2. Untuk meningkatkan unjuk kerja perlu dikaji proses *filtering* setelah pemotongan sinyal.
3. Optimasi pada perluasan titik konstelasi sinyal.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. B. S. Krongold and D. L. Jones. 2003. *PAR Reduction in OFDM via Active Constellation Extension*. *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 3, pp. 258-268.
- [2]. C. Ciochina, F. Buda, and H. Sari *An Analysis of OFDM Peak Power Reduction Techniques for WiMAX Systems*. France: Sequans Communication.
- [3]. IEEE. 2004. *Draft IEEE Standart For Local And Metropolitan Area Network Part 16 : Air Interface For Fixed Broadband Wireless Access Systems*. New York.
- [4]. Langton, Charan. 2004. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)*. [http:// www.complextoreal.com](http://www.complextoreal.com).
- [5]. Pietikäinen, Kari. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*. Finland: Helsinki University Of Technology.
- [6]. Prasad, Ramjee. 2004. *OFDM for Wireless Communications Systems*. Norwood: Artech House.
- [7]. Purnama Sari, Rini. 2006. **Reduksi PAPR Dengan Menggunakan *Partial Transmit Sequences (PTS)* Dan *Selected Mapping (SLM)* Pada Sistem OFDM**. Bandung: STT Telkom.
- [8]. Roca, Amalia. 2007. *Implementation of a WiMAX simulator in Simulink*. Vienna: Universität Wien.
- [9]. Rohde & Schwarz. *WiMAX General Information About the Standard 802.16*. <http://www.rohde-schwarz.com>.
- [10]. Sutejo, Anjar. 2006. *Perancangan dan Analisis Kinerja Sistem Mimo 2x2 Dengan Adaptif Beamforming Pada Standar WiMAX IEEE 802.16e*. Bandung: STT Telkom.