

## ANALISIS KINERJA PENERAPAN OFDM PADA LINK / TRANSPONDER SATELIT MENGGUNAKAN FREKUENSI KU - BAND

Arham Brahmawan<sup>1</sup>, Miftadi Sudjai<sup>2</sup>, Linda Meylani<sup>3</sup>

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

### Abstrak

Pada sistem komunikasi satelit digital terdapat banyak keunggulan salah satunya adalah jangkauanya yang cukup luas dan memiliki kualitas yang lebih baik di banding analog. Namun dalam prosesnya keterbatasan daya dalam sistem satelit membuat transponder bekerja pada titik saturasi untuk menjamin daya teradiasi maksimum. Pada saat saturasi, transponder bekerja pada titik kerja tak linier yang menimbulkan konversi AM - AM dan AM - PM, dimana efek tak linier tersebut dapat menimbulkan distorsi sinyal secara signifikan dan dapat mempengaruhi unjuk kerja sistem.

Pemilihan teknik transmisi yang tepat, merupakan salah satu cara dalam meminimalisir permasalahan yang ada pada transponder satelit. OFDM merupakan teknik transmisi yang menggunakan beberapa buah frekuensi (multicarrier) yang saling tegak lurus (orthogonal). Dimana pada OFDM, overlap antar frekuensi yang bersebelahan di perbolehkan, karena masing - masing sudah saling orthogonal. Namun dalam penerapannya timbul permasalahan lain seperti tingginya nilai PAPR sebagai akibat daerah kerja PA yang terbatas, adanya pengaruh delay terhadap orthogonalitas, dan kapasitas transponder yang terbatas. Pada tugas akhir ini akan di analisis kinerja penerapan OFDM pada link transponder satelit pada frekuensi Ku-Band.

Dari hasil simulasi diperoleh hasil bahwa penggunaan teknik clipping dengan level clipper 5 dB dapat mereduksi PAPR untuk jumlah subcarrier 512, 1024 dan 2048 secara berurutan sebesar 1,0852 dB, 2,1879 dB, dan 2,9179 dengan memperoleh besar SNR sekitar 15,14 dB yang mana mendekati SNR tanpa teknik reduksi PAPR yaitu sebesar 15,14 dB untuk target BER 10<sup>-4</sup>. Sementara untuk penggunaan subcarrier 1024 pada kondisi kanal satelit yang terkena curah hujan membutuhkan SNR yang lebih besar untuk target BER 10<sup>-4</sup> yaitu sebesar 15,21 dB dibandingkan untuk kondisi clearsky yang hanya membutuhkan SNR 11,5 dB.

Kata Kunci : OFDM, PAPR, orthogonalitas, frekuensi Ku-Band, Link Satelit, Transponders



Telkom  
University

#### Abstract

On digital satellite communication systems have many advantages one of which is a fairly broad range and have better quality compared to analog. But in the process of power limitation in a transponder satellite system works on the point of saturation to ensure maximum radiated power. At saturation, the transponder did not work on linear working point conversion raises AM - AM and PM - AM, where nonlinear effects can cause signal distortion and can significantly affect system performance.

Selection of an appropriate transmission technique, is one way to minimize the problems that exist in the satellite transponder. OFDM is a transmission technique that uses several frequencies (multicarrier) are mutually perpendicular (orthogonal). Where in OFDM, the overlap between adjacent frequencies in the allowed, because each have mutually orthogonal. However, the applicability of other problems arise such as the high value of PAPR as a result of the limited work area PA, the effect of delay on orthogonalitas, and transponder capacity is limited. In this final will be on the application of OFDM performance analysis in the satellite transponder link at Ku-Band.

From the simulation results obtained showed use of Clipping techniques with the clipper level of 5 dB can be reducing the PAPR for the number of subcarriers 512, 1024 and 2048 respectively amounting to 1.0852 dB, 2.1879 dB, and 2.9179 with a large SNR gain of about 15.14 dB which is close to the SNR without any PAPR reduction technique that is equal to 15.14 dB for a BER target of  $10^{-4}$ . As for the use of subcarrier 1024 on the condition of the satellite channel affected by rainfall requires a larger SNR for the target BER of  $10^{-4}$  is equal to 15.21 dB as compared to clearsky condition that requires only 11.5 dB SNR.

Keywords : OFDM, PAPR, orthogonality, Ku-Band, satellite links, transponders

---

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Transponder adalah seperangkat unit satelit yang terdiri dari pesawat penerima (receiver), penguat dan pemancar (transmitter). Transponder berfungsi untuk menerima sinyal yang dipancarkan dari stasiun bumi dan kemudian mengirimkan kembali sinyal tersebut ke bumi. Selain itu di transponder juga mengatasi atenuasi yang disebabkan oleh medan elektromagnetik maupun rugi-rugi saluran transmisi. Jejeran transponder dalam jarak tertentu dapat memperjauh jangkauan sinyal yang ditransmisikan. Sebagian besar satelit berada di orbit geostasioner adalah jenis konvensional transponder yang menggunakan frekuensi C-Band (6 – 4 GHz) dan Ku-Band (14 – 12 GHz). Sebuah transponder yang dimiliki oleh satelit pada umumnya memiliki bandwidth sebesar 40 MHz dimana 4 MHznya digunakan sebagai spacer atau pembatas antara transponder satu dengan transponder lainnya, dimana pada bandwidth tersebut memiliki center frekuensi sebesar 70 MHz. Transponder memiliki polarisasi frekuensi vertikal dan horizontal dimana antar channelnya dibatasi oleh spacer sebesar 4 MHz. Ada 2 jenis transponder yaitu konvensional transponder (Transparent Transponder) dan regenerative transponder (On-Board Processing Transponder). Kedua transponder tersebut memiliki perbedaan pada struktur komponen pembentuknya, dimana pada regenerative transponder terdapat baseband processing untuk membedakan format sinyal uplink dan downlink sedangkan transparent transponder hanya memiliki amplifier untuk memperkuat sinyal uplink dan osilator serta filter untuk mengubahnya pada frekuensi downlink.

Pada pengoperasiannya transponder bekerja pada titik saturasi untuk menjamin daya teradiasi maksimum. Pada saat saturasi, transponder bekerja pada titik kerja tak linier yang menimbulkan konversi AM/AM dan AM/PM, dimana Efek tak linier tersebut dapat menimbulkan distorsi sinyal secara signifikan dan dapat mempengaruhi unjuk kerja sistem.

Untuk mengatasi permasalahan ini, dibutuhkan suatu teknik transmisi yang dapat menjaga kinerja sistem tetap optimal. OFDM (Orthogonal Frequency

## Bab I Pendahuluan

---

Division Multiplexing) adalah salah satu teknik multiplexing dan modulasi yang digunakan untuk mengirimkan informasi dengan data rate yang tinggi pada kanal wireless. Dimana pada OFDM, overlap antar frekuensi yang bersebelahan di perbolehkan , karena masing – masing sudah saling orthogonal. Sehingga salah satu karakteristik dari OFDM adalah tingginya tingkat efisiensi dalam pemakaian frekuensi. Walaupun begitu, teknik OFDM juga memiliki beberapa kelemahan yaitu nilai PAPR yang tinggi.

### 1.2 Tujuan

Melalui tugas akhir ini diharapkan dapat dicapai beberapa tujuan sebagai berikut:

1. Menganalisa kinerja dari sistem OFDM yang akan diterapkan pada transponder satelit yang bekerja pada frekuensi Ku – Band untuk memperoleh peningkatan kapasitas dan kualitas sistem.
2. Membandingkan kinerja OFDM pada kondisi kanal dalam keadaan *clear sky* dan pengaruh curah hujan.
3. Menganalisa kemampuan penggunaan teknik Clipping dalam mereduksi PAPR dengan membanding level *Clipper* yang digunakan.
4. Membandingkan pengaruh besarnya penguatan HPA terhadap efek AM – AM conversion, yang dapat mengganggu performansi OFDM pada transponder satelit.

### 1.3 Rumusan Masalah

Masalah yang akan diteliti dalam Tugas Akhir ini yaitu:

1. Pemodelan sistem OFDM pada transponder satelit dan mengevaluasi kinerja sistem.
2. Menentukan parameter-parameter yang berkaitan dengan penerapan OFDM pada transponder satelit.
3. Mensimulasikan sistem untuk keadaan diterapkannya OFDM pada transponder satelit.
4. Menggunakan teknik clipping dalam mereduksi PAPR dan menganalisisnya terhadap penggunaan level *Clipper* yang digunakan.
5. Mensimulasikan efek AM/AM konversi dari penggunaan HPA.
6. Menggunakan metode *monte carlo* untuk menghitung BER terhadap SNR.
7. Menganalisa dan mengevaluasi hasil simulasi yang diperoleh.

## Bab I Pendahuluan

---

### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dipergunakan dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Jenis *transponder* yang akan di amati adalah jenis *konvensional transponder* (*transparent transponder*).
2. Frekuensi kerja satelit menggunakan frekuensi Ku-Band.
3. Jumlah subcarrier yang digunakan adalah 512, 1024, dan 2048.
4. Modulasi yang digunakan adalah QPSK.
5. Medium propagasi satelit pada kondisi *clear sky* dan pengaruh curah hujan.
6. Jenis HPA yang digunakan adalah SSPA.
7. Analisis dan simulasi dilakukan pada tingkat baseband.
8. Tidak Membahas masalah sinkronisasi pada OFDM.
9. Curah hujan yang digunakan untuk waktu 0.01% dan availability 99,99% pada dua kota yang berbeda, Bandung dan Ambon.
10. Parameter yang akan disimulasikan yaitu PAPR dengan menggunakan grafik CCDF, Pengaruh besarnya penguatan terhadap peformansi OFDM, kinerja OFDM pada kanal *clear sky* dan pengaruh curah hujan, AM / AM konversi, dan BER terhadap Eb/No.
11. Simulasi menggunakan Matlab 2009.

### 1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Studi literatur  
Pada tahapan ini dilakukan pencarian data teoritis mengenai sistem dari buku, jurnal ilmiah, dan sumber-sumber lain yang relevan.
2. Pemodelan Sistem  
Melakukan perancangan dengan membuat ilustrasi sistem secara keseluruhan.
3. Menyusun Algoritma dan Simulasi Sistem  
Menyusun algoritma pemodelan sistem dan membuat simulasi berdasarkan algoritma yang telah dibuat.
4. Analisa performansi sistem  
Evaluasi dan menganalisa kinerja sistem dari hasil simulasi.
5. Kesimpulan  
Mengambil kesimpulan sesuai dengan hasil pemodelan dan simulasi sistem.p

## Bab I Pendahuluan

---

### 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

#### **BAB I. PENDAHULUAN**

Pada bab ini dibahas mengenai latar belakang permasalahan, tujuan dan manfaat penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

#### **BAB II. TEORI PENDUKUNG**

Menguraikan secara singkat penjelasan teori dasar yang digunakan dalam Tugas Akhir ini, yang terdiri dari pengenalan *OFDM*, Jenis Transponder, dan penjelasan tentang parameter yang akan diteliti

#### **BAB III. PEMODELAN SISTEM DAN SIMULASI**

Membahas pemodelan teknik *OFDM* yang diterapkan pada transponder satelit.

#### **BAB IV. ANALISIS HASIL SIMULASI**

Berisikan analisa hasil simulasi dari penerapan *OFDM* pada transponder satelit yang ditunjukkan dengan grafik CCDF untuk memperlihatkan PAPR dan perbandingan nilai BER terhadap  $E_b/N_0$ .

#### **BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini berisikan kesimpulan dari hasil Tugas Akhir ini dan saran untuk pengembangannya.

Telkom  
University

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis terhadap simulasi yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Semakin banyak jumlah *subcarrier* yang digunakan pada sistem OFDM maka nilai PAPR yang dihasilkan akan semakin besar pula, hal tersebut dapat dilihat pada penggunaan jumlah *subcarrier* 512, 1024 dan 2048 yang menghasilkan PAPR secara berturut – turut sebesar 6,5 dB, 7,5 dB, dan 8,2 dB.
2. Penggunaan teknik *clipping* untuk mereduksi PAPR tergantung dari nilai level *clipper* yang digunakan, hal ini dilihat untuk jumlah *subcarrier* 512, 1024 dan 2048 level *clipping* minimum yang dapat digunakan adalah 5 dB, dikarenakan pada grafik BER untuk level *clipping* 5 dB hasil yang diperoleh untuk target BER  $10^{-4}$  secara berurutan sebesar 15,14 dB, 15,05 dan 15,02 menyamai untuk hasil BER di atasnya ( CR = 7, 9, 11 dB ) yaitu secara berurutan sebesar 15 dB, 14,95 dB dan 14,9 dB untuk jumlah *subcarrier* 512.
3. Penggunaan BO pada amplifier jenis SSPA mulai linier pada saat nilai BO yang digunakan  $\geq 6$  dB hal tersebut dibuktikan untuk mencapai target BER sebesar  $10^{-4}$  grafik pada BO 6 dB memerlukan SNR sebesar 14,82 yang mendekati dengan BO 9 dB yaitu sebesar 14,67.
4. Perbandingan BER vs SNR pada kondisi kanal terkena pengaruh curah hujan lebih buruk dibandingkan pada kondisi kanal clear sky. Hal ini dikarenakan besarnya redaman hujan dapat mempengaruhi kinerja sistem OFDM khususnya yang beroperasi pada frekuensi kerja  $\geq 10$  GHz. Dimana untuk mencapai target BER  $10^{-4}$  dB dengan jumlah *subcarrier* 1024 pada kondisi kanal *clear sky* dibutuhkan SNR sebesar 11,75 dB dan untuk kanal yang terkena pengaruh curah hujan sebesar 15,21 dB.
5. Teknik OFDM dapat diterapkan pada transponder satelit yang bekerja pada frekuensi Ku – Band, dimana untuk mengatasi permasalahan utama pada

## BAB V Kesimpulan Dan Saran

---

frekuensi kerja Ku - Band terhadap besarnya redaman hujan, dapat diatasi dengan menaikkan level BO pada perangkat HPA disisi pengirim stasiun bumi untuk mengatasi redaman hujan disisi *uplink* dan di transponder satelit untuk mengatasi redaman hujan disisi *downlink*, sehingga performansi OFDM tetap terjaga.

### 5.2 SARAN

Adapun saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Menggunakan transponder jenis On Board Processing dalam menguji kinerja OFDM untuk komunikasi satelit.
2. Menganalisis kinerja OFDM berdasarkan domain frekuensi dan membahas masalah sinkronisasi.
3. Menggunakan HPA jenis TWTA sebagai penguatan pada stasiun bumi dan di transponder satelit.
4. Menggunakan teknik reduksi PAPR yang lain dalam meminimalisir masalah PAPR pada OFDM.



Telkom  
University

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Maral, Gerard dan Bousquet, Michael , (1990), *Sattelite Communications System*, 4<sup>th</sup> edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [2] James, P, (2003) *The RF Modelling Of A Generic Communication Satellite Transponder*, 1, Portsmouth, Hampshire, PO3 5PU, England.
- [3] Simanjuntak, Yantito, (2005), *Algoritma Genetika Untuk Manajemen Transponder Satelit Komunikasi*, Tesis Ph.D., Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [4] Sigit Puspito W.J., “Mengenai Teknologi Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) pada Komunikasi Wireless”, Elektro Indonesia, Nomor 24, Tahun V, Januari 1999.
- [5] Charan Langton, “Orthogonal Frequency Division Multiplexing Tutorial”, [www.complextoreal.com](http://www.complextoreal.com), 2002.
- [6] Manurung, Erickson (2008), *Reduksi PAPR Menggunakan Partial Transmit Sequence Dengan Cyclic Coding Pada Sistem OFDM*, Final Project, Institut Teknologi Telkom, Bandung.
- [7] Faisal, Muhammad (2009), *Pengaruh Panjang Cyclic Prefix Terhadap Kinerja Sistem OFDM pada WiMAX*, Electrical Engineering Project, School of engineer, Institut Teknologi Telkom, Bandung.
- [8] Sudjai, Miftadi (2010), Lecture handout: Engineering and Society, Institut Teknologi Telkom, Bandung.
- [9] Charan Langton, ”Orthogonal Frequency Division Multiplexing Tutorial”, [www.complextoreal.com](http://www.complextoreal.com), 2002.
- [10] Firdaus, Eko, Analisa Performansi MIMO-OFDM Pada Wireless LAN, 2005.
- [11] Haerani, Nur, “*Analisis Performansi MIMO MC-CDMA dengan Eigen Beamforming pada sisi Transmitter*”. Tugas Akhir, IT Telkom, 2009.
- [12] Budiman, Gelar ( 2011 ), “Modul Pelatihan Matlab Advance”, Laboratorium Sistem Komunikasi IT Telkom, Bandung.

- [13] Richard Van Nee dan Ramje Prasad, *OFDM For Wireless Multimedia Communication*, 2000.
- [14] Saputra, Dona, *Perbandingan Kinerja Sistem OFDM Dengan Reduksi PAPR Menggunakan A-Law dan U-Law companding*, 2005.
- [15] C. Rapp, 'Effects of HPA-Nonlinearity on a 4-DPSK/OFDM Signal for a Digital Sound Broadcasting System', *Proceedings of the Second European Conference on Satellite Communications*, Liège, Belgium, October 22-24, 1991, pp.179-184.
- [16] L. Liu, K. Hamaguchi, and H. Wakana, "Analysis of the combined effects of nonlinear distortion and phase noise on OFDM systems," *IEICE Transactions on Communications*, vol. E88-B, no. 1, pp. 304–310, 2005.
- [17] Ghorbani A, Sheikhan M., "The effect of solid state power amplifiers (SSPAs) nonlinearities on MPSK and M-QAM signal transmission," in *Proc. Int. Conf. On Digital Processing of Signals in Communications*, Sept. 1991, pp 193-197.
- [18] Andriawan, Fendi (2006), *Analisa Propagasi Ku-BAND Pada Sistem Komunikasi Satelit Di Indonesia*, Electrical Engineering Project, School of engineer, Institut Teknologi Telkom, Bandung.