

ANALISIS TEKNIK DIGITAL PREDISTORSI UNTUK LINIERISASI POWER AMPLIFIER

Jumiati¹, Dharu Arseno², Nachwan Mufti³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Power amplifier memiliki peranan penting dalam mendukung infrastruktur sistem komunikasi yaitu sebagai penguat sinyal. Traveling Wave Tube Amplifier (TWTA) merupakan jenis power amplifier yang digunakan dalam sistem komunikasi satelit. Keterbatasan daya dalam sistem komunikasi satelit membuat TWTA dioperasikan pada titik dekat saturasi untuk menjamin daya teradiasi maksimum. Pada saat saturasi, TWTA bekerja pada titik kerja nonlinier yang menimbulkan konversi AM - AM dan AM - PM, dimana efek nonlinier tersebut dapat menimbulkan distorsi sinyal secara signifikan dan dapat mempengaruhi unjuk kerja sistem. Oleh karena itu dibutuhkan suatu teknik untuk linierisasi agar TWTA dapat mencapai liniaritas.

Salah satu teknik yang digunakan untuk melinierkan TWTA adalah dengan teknik digital predistorsi. Pada tugas akhir ini akan dibahas mengenai pengaruh predistorsi terhadap unjuk kerja sistem yang menggunakan modulasi digital. Tinjauan pengaruh predistorsi dilakukan berdasarkan perubahan jenis modulasi 16-QAM dan 16-PSK serta perubahan nilai IBO (Input Back-off).

Berdasarkan hasil simulasi diperoleh bahwa kinerja sistem dengan predistorsi mendekati kanal linier dibandingkan sistem tanpa predistorsi, Pada saat E_b/N_0 16 dB, untuk modulasi 16-QAM tanpa predistorsi nilai BER hanya mencapai 10⁻¹, sedangkan dengan predistorsi mencapai BER 6.10⁻². Demikian juga pada saat menggunakan modulasi 16-PSK sistem tanpa predistorsi memiliki nilai BER 4.10⁻⁰ sedangkan sistem dengan predistorsi mencapai BER 2.10⁻².

Kata Kunci : Traveling Wave Tube Amplifier (TWTA), AM - AM, AM - PM, nonlinier

Abstract

Power amplifier has an important role to support the Infrastructure of communication system which is as a signal amplifier. Traveling Wave Tube Amplifier (TWTA) is sort of power amplifier that is used in satellite communication system. The limitations power in satellite communication system make TWTA is operated at the point near of saturation to assure the power irradiate maximum. On Saturation, TWTA works at the nonlinear work point which inflicts conversion of AM/AM and AM/PM, where nonlinear effects can cause signal distortion significantly and could influence a performance of system. Hence, it need a linearization technique in order to make the TWTA can reach the linearity.

One of the technique which can be used to make TWTA reaches the linearity is called adaptive digital predistortion in baseband mode technique. this dissertation discusses about the influence of predistortion on the system performance which used digital modulation. Here, the consideration of predistortion influence are based on the change of 16-QAM and 16-PSK modulation type, and the change of IBO (Input Back-off).

Based on the simulation results obtained that the performance of systems with predistortion approach linear channel than the system without predistorsi, At E_b / N_0 16 dB, for 16-QAM modulation without predistorsi BER value only reached 10⁻¹, wheres with predistortion BER reaches 6.10⁻². Similarly, when using 16-PSK modulation the system without predistortion BER value 4.10⁻⁰ wheres with predistortion BER reaches 2.10⁻²

Keywords : Traveling Wave Tube Amplifier (TWTA), AM - AM, AM - PM, nonlinear

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Power amplifier (PA) adalah salah satu komponen yang paling penting dalam sistem komunikasi, yang harus memenuhi persyaratan linieritas dan efisiensi tinggi. Modulasi digital menghasilkan fluktuasi *envelope* yang menghasilkan *intermodulasi distortion* (IMD) dari PA. Oleh karena itu teknik linierisasi handal perlu diterapkan pada PA untuk mencapai linieritas untuk keseluruhan sistem. Linearisasi menjadi hal penting dalam sistem komunikasi modern saat ini. Penekanan pada tingkat data yang tinggi dan efisiensi spektral telah mendorong industri ke arah teknik modulasi digital (M-QAM dan M-PSK).

Linieritas menjadi pertimbangan utama ketika mendesain sistem komunikasi pada umumnya. Ketidaklinieran (*nonlinear*) dalam sistem akan menyebabkan distorsi pada sinyal yang ditransmisikan dan menghasilkan generasi sinyal yang tidak diinginkan diluar pita frekuensi yang diinginkan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu teknik untuk linierisasi agar *power amplifier* dapat mencapai linieritas. Salah satu teknik yang digunakan untuk melinierkan *power amplifier* adalah dengan teknik digital predistorsi.

Teknologi satelit merupakan *alternative* sistem komunikasi yang mempunyai cakupan yang luas, hampir seluruh permukaan bumi. Pada kanal satelit bagian yang mempunyai karakteristik *nonlinier* adalah *Traveling Wave Tube Amplifiers* (TWTA). TWTA yang terletak pada transponder satelit bersifat *power limited*, yaitu mempunyai keluaran daya terbatas, sehingga pengoperasiannya pada daerah dekat saturasi untuk menjamin daya teradiasi maksimum. Pada daerah saturasi TWTA mempunyai karakteristik nonlinier pada konversi *Amplitude to Amplitude* (AM/AM) dan *Amplitude to Phase* (AM/PM).

Sistem satelit bekerja pada *mode passband*, mode ini membutuhkan waktu yang lama jika disimulasikan. Untuk mengurangi beban komputasi dan waktu proses digunakan *mode baseband*. Predistorsi pada *baseband* sangat cocok untuk implementasi digital, itulah sebabnya pemilihan jenis predistorsi pada Tugas Akhir ini mengarah ke *baseband* digital predistorsi yang digunakan untuk linieritas *Power Amplifier* (PA).

1.2 Tujuan

Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah

1. Untuk menganalisis pengaruh *predistorsi* (PD) pada karakteristik nonlinier *Traveling Wave Tube Amplifiers* (TWTA).
2. Untuk membandingkan hasil konstalasi sinyal tanpa PD dan dengan PD pada modulasi 16 QAM dan 16 PSK.
3. Untuk menganalisis pengaruh IBO terhadap sistem yang disimulasikan.
4. Untuk membandingkan kinerja sistem tanpa menggunakan PD dan dengan menggunakan PD.
5. Untuk membandingkan kinerja sistem apabila menggunakan modulasi 16-QAM dengan modulasi 16-PSK.

1.3 Rumusan Masalah

Masalah yang akan diteliti dalam Tugas Akhir ini yaitu:

1. Pemodelan karakteristik amplitudo dan fasa TWTA
2. Pemodelan sistem predistorsi pada TWTA pada *mode baseband*.
3. Pengaruh Predistorsi pada konstalasi 16 QAM dan 16 PSK.
4. Pengaruh kenaikan IBO pada karakteristik AM/AM dan AM/PM
5. Mensimulasikan sistem dalam keadaan sebelum diterapkan predistorsi dan Setelah diterapkan predistorsi.
6. Menganalisis dan mengevaluasi hasil simulasi yang diperoleh.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dipergunakan dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Analisis model sistem pada sistem komunikasi satelit dengan kanal fisik dipengaruhi oleh *noise* AWGN.
2. *Power Amplifier* (PA) yang digunakan adalah jenis TWTA.
3. Jenis predistorsi yang digunakan adalah *adaptive predistortion*
4. Simulasi dilakukan pada *mode baseband*
5. Menggunakan *Square Root Raised Cosine Filter*.
6. Parameter yang terkait adalah IBO, BER dan Eb/No.
7. Modulasi yang digunakan adalah 16 QAM dan 16 PSK.
8. Simulasi menggunakan Matlab 7.8.0 (R2009a).

1.5 Hipotesis

Dari perancangan ini diharapkan dengan teknik digital predistorsi yang diterapkan pada power amplifier jenis TWTA dapat meningkatkan linearitas dengan meningkatkan unjuk kerja sistem. Dari nilai BER dapat diketahui efek nonlinier TWTA diminimalisasi dengan adanya predistorsi.

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Pemodelan Sistem

Melakukan perancangan dengan membuat ilustrasi sistem secara keseluruhan.

2. Simulasi Sistem

Menyusun algoritma pemodelan sistem dan membuat simulasi berdasarkan algoritma yang telah dibuat.

3. Pengumpulan data

Setelah proses simulasi dan analisa, selanjutnya dilakukan pengumpulan data-data hasil yang telah diperoleh.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam pengerjaan dan penyelesaian dari Tugas Akhir ini akan dibagi dalam beberapa bagian sebagai berikut:

BAB I . PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, batasan masalah, rumusan masalah, metode penelitian, serta sistematika yang digunakan dalam penulisan Tugas Akhir.

BAB II. DASAR TEORI

Pada bab ini dibahas tentang penjelasan teoritis mengenai Digital predistorsi serta *software* yang digunakan sebagai aspek yang akan mendukung ke arah analisis tugas akhir yang dibuat.

BAB III. DESAIN DAN KONFIGURASI SISTEM

Pada bagian ini berisi penjelasan tentang sistem kerja dari Digital Predistorsi yang dimulai dari deskripsi masalah serta metode simulasi.

BAB IV. EVALUASI DAN ANALISA SISTEM

Berisikan analisis hasil simulasi dari penggunaan teknik predistorsi pada *Traveling Wave Tube Amplifier* (TWTA) yang ditunjukkan dengan grafik karakteristik AM/AM dan AM/PM, konstelasi sinyal dan untuk memperlihatkan perbandingan nilai BER terhadap E_b/N_0 .

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat kesimpulan dari analisa yang telah dilakukan, serta rekomendasi atau saran untuk perbaikan dan pengembangan lebih lanjut.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

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

1. Kinerja sistem yang menggunakan predistorsi digital dengan algoritma adaptif dan dilakukan pada *mode baseband* dapat meningkatkan linieritas *power amplifier*, dalam hal ini *power amplifier* yang digunakan adalah jenis TWTA.
2. Peningkatan nilai IBO mempengaruhi kondisi saturasi TWTA yang dilihat dari kurva karakteristik AM/AM dan AM/PM.
3. Sistem simulasi yang digunakan lebih cocok untuk modulasi 16-QAM dibandingkan menggunakan modulasi 16-PSK
4. Kinerja sistem yang menggunakan predistorsi (PD) lebih mendekati kanal linier dibandingkan sistem yang tanpa predistorsi (PD). Hal ini dapat dilihat dari tabel 5.1 dibawah ini :

Tabel 5.1 Hasil simulasi perbandingan BER vs Eb/No

Modulasi	Grafik	Target BER	IBO (dB)	Eb/No(dB)
16-QAM	Kanal Linier	1.10^{-3}	0 atau 3	11,8
	Tanpa PD	1.10^{-1}	0	16
	Dengan PD	6.10^{-2}		
	Tanpa PD	7.10^0	3	16
	Dengan PD	9.10^{-1}		
16-PSK	Kanal Linier	1.10^{-3}	0 atau 3	13
	Tanpa PD	4.10^0	0	16
	Dengan PD	2.10^{-2}		
	Tanpa PD	4.10^0	3	16
	Dengan PD	8.10^{-1}		

5.2 SARAN

Adapun saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Melakukan penelitian tentang Predistorsi dengan menggunakan FPGA.
2. Membandingkan hasil predistorsi menggunakan persamaan matematika dengan menggunakan tabel LUT.
3. Menganalisis kinerja predistorsi pada model sistem yang lebih kompleks.
4. Membandingkan hasil simulasi dengan HPA jenis TWTA dan jenis SSPA sebagai pengutan pada stasiun bumi dan di transponder satelit.
5. Menganalisis teknik predistorsi pada sistem komunikasi radio teresterial ataupun pada sistem komunikasi optik
6. Menggunakan teknik predistorsi yang bisa digunakan pada berbagai jenis modulasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Long Luo, F A, (2001) *'Digital Front-end in Wireless Communications and Broadcasting Circuits and Signaling Processing'*, California, Cambridge.
- [2] BSECE, Hong, Tang, (2008), *'Educational Testbed Design for Baseband Predistortion Linearization of RF Power Amplifier'*, Thesis Degree Master of Science , Graduate School of The Ohio State University
- [3] B. Hakins, Christopher, 2000, *'Diode Predistortion Linearization for Power Amplifier RFICs in Digital Radio'*, Thesis Master of science in electrical engineering, Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg, VA.
- [4] Gierbers, DM, (2008), *'Adaptive Digital Polynomial Predistortion Linearization for RF Power Amplifier'*, Thesis, University Canterbury Christchurch, New Zealand.
- [5] Gupta Rahul, Ahmad Saad, dkk, (2006) *'Adaptive Digital Baseband Predistortion for RF power Amplifier Linearization'*. Worcester Polytechnic Institute.
- [6] K. Nezami, Mohamed, (2004), *'Fundamentals of Power Amplifier Linearization Using Digital Pre-Distortion'*, Raytheon Company.
- [7] Ceylan, Nazim, (2005), *'Linearization of Power Amplifier by Menas of Digital Predistortion'*, Der Tecnishen Facultat der Universitat Erlangen-Numberg, Erlangung
- [8] Suwadi,. Irwandi, Erdis, (1999) *'Peningkatan Unjuk Kerja M-QAM melalui Kanal Satelit Non-linier Menggunakan Teknik Predistorsi Adaptif'*, Electrical Engineering Project, ITS, Surabaya
- [9] Jenichim, Michel C., Balabn, Philip., dkk (2000) *'Simulation of Communication Systems Modeling, Methodogy, and Techiques'*, *Secon edition*, Kluwer Academic Publishers, New York
- [10] Jaya, Priawan, Fikky, (2006) *'Performansi Adaptive Predistortet pada HPA'*, Proceeding Jurnal, ITS, Surabaya
- [11] Maral, Gerard dan Bousquet, Michael , (1990), *'Sattelite Communications System'*, 4th edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [12] James, P, (2003) *'The RF Modelling Of A Generic Communication Satellite Transponder'*, 1, Portsmouth, Hampshire, PO3 5PU, England.

- [13] C. Cripps, Steve, (2006) '*RF Power Amplifier for Wireless Communications*', *second editions*, Artech House, INC., Boston, London.
- [14] Haykin, Simon, (1996), '*Adaptive Filter Theory*', *third edition*, Prentice Hall, Universitas Michigan
- [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] Sklar, Bernard, '*Digital Communications Fundamentals and Applications*', *second edition*, Communications Engineering Services, Tarzana, California and University of California, Los Angeles

