

PERBAIKAN KINERJA MODULASI 16-QAM PADA KANAL NONLINIER SATELIT MENGGUNAKAN PRE-DISTORSI FEED-FORWARD NEURAL NETWORK (FFNN)

Rizky Satria¹, Sugihartono², Bambang Hidayat³

¹Magister Elektro Komunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Sistem digital menggunakan kanal satelit mempunyai kehandalan yang tinggi dibandingkan sistem analog. M-QAM merupakan salah satu sistem modulasi digital yang digunakan pada komunikasi satelit dengan bit rate yang tinggi. Sementaraitu, sistem digital memiliki kelemahan yaitu spektrum yang lebar, karena itu spektrum sistem tersebut perlu dilakukan pembatasan dengan cara pemfilteran. Proses pemfilteran yang kurang sempurna bisa menimbulkan interferensi antar simbol atau intersymbol interference (ISI) akibat dari pengaruh nonlinier dari TWTA.

Untuk mengatasi efek nonlinier dilakukan dengan teknik pre-distorsi. Teknik pre-distorsi adalah teknik untuk melinierkan karakteristik masukan-keluaran pada pita gelombang mikro dan frekuensi radio. Pre-distorsi merupakan penguat tambahan yang memiliki karakteristik yang berlawanan dengan penguat utama. Kedua karakteristik tersebut akan saling membatalkan satu sama lain ketika dijumlahkan dan menghasilkan output linier dan bebas distorsi di penguat utama. Salah satu jenis pre-distorsi yang digunakan adalah pre-distorsi feed-forward neural network.

Hasil simulasi didapatkan pengaruh TWTA pada sistem kanal nonlinier mengakibatkan penurunan kinerja sistem yang signifikan. Kinerja sistem pada daerah saturasi pada IBO 3 dB, pada SNR 5 dB, pre-distorsi 1-4-1 dan 1-9-1 dapat memperbaiki kinerja BER sekitar 3.04 kali dan 3.39 kali. Sedangkan pada SNR 12dB, pre-distorsi 1-4-1 dan 1-9-1 dapat memperbaiki kinerja BER sekitar 152 kali dan 361 kali.

Kata Kunci : nonlinier, pre-distorsi, feed-forward neural network, BER

Abstract

Digital communications using satellite channels are more reliable than those using analog systems. M-QAM is one of digital modulation system used in high bit rate satellite communications. However, this digital system has wide spectrum and this needs to be limited filterization. The imperfect process of filterization may results in an Inter Symbol Interference (ISI) due to the influence of TWTA nonlinearity.

Pre-distortion technique is used to eliminate the effect of nonlinear distortion. this technique is to make the input-output on microwave band and radio frequency linear. Pre-distortion is an amplifier which has counter characteristics to those of the main amplifier. When they are applied together, their properties will eliminate each other and produce distortion free linear output from the main RF amplifier. One of the pre-distortion type that can be used is feed forward neural network pre-distortion.

The results of the simulation shows that TWTA made nonlinearity channel system have significant low system performance. The system performance in saturated area, namely on IBO of 3 dB, SNR of 5 dB, pre-distortion of 1-4-1 and 1-9-1, improved BER performance approximately 3,04 and 3,39 times. While the SNR of 12 dB, pre-distortion of 1-4-1 and 1-9-1 improved the BER performance appromaximately 152 and 361 times.

Keywords : Nonlinear, Pre-distortion, Feed Forward Neural Network, BER

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dewasa ini kemampuan jangkauan teknologi telekomunikasi diharapkan mampu menjangkau seluruh dunia. Sistem komunikasi komunikasi satelit memiliki kemampuan untuk mencakup seluruh dunia. Satelit merupakan pengganti stasiun *relay* di permukaan bumi yang digunakan sebagai sarana untuk meneruskan sinyal yang dikirim melalui stasiun pengirim ke stasiun penerima yang menjangkau wilayah di permukaan bumi tanpa bergantung pada kondisi geografis bumi^[2]. Stasiun *relay* di permukaan bumi tergantung pada kondisi geografis bumi yang tidak rata dan bangunan yang dapat menghalangi sinyal dari stasiun pengirim. Sistem digital menggunakan kanal satelit mempunyai kehandalan yang tinggi dibandingkan sistem analog. M-QAM merupakan salah satu sistem modulasi digital yang digunakan pada komunikasi satelit dengan *bit rate* yang tinggi. Sementara itu, sistem digital memiliki kelemahan yaitu spektrum yang lebar, karena itu spektrum sistem tersebut perlu dilakukan pembatasan dengan cara pemfilteran. Proses pemfilteran yang kurang sempurna bisa menimbulkan interferensi antar simbol atau *InterSymbol Interference (ISI)*^[1].

Interferensi antar simbol pada sistem komunikasi satelit diakibatkan penguatan carrier oleh TWTA (*Travelling Wave Tube Amplifier*) *transponder* satelit dengan karakteristik *Amplitude to Amplitude* (AM/AM) dan *Amplitude to Phase* (AM/PM) yang tidak linier. TWTA satelit yang mempunyai keluaran yang terbatas, sehingga TWTA dioperasikan pada daerah dekat saturasi untuk menjamin daya radiasi maksimum. Jumlah *carrier* TWTA yang banyak harus dioperasikan pada keadaan dibawah saturasi agar daya yang tersedia cukup untuk mengurangi derau pada lintasan turun. Pada keadaan saturasi, karakteristik amplitudo masukan dan keluaran TWTA sangat tidak linier, sehingga interferensi antar simbol yang terjadi akan semakin besar dan mempengaruhi kinerja sistem secara keseluruhan^[2]. Pengaruh ketidaklinieran dapat menyebabkan distorsi sinyal yang signifikan dan penurunan unjuk kerja sistem.

Untuk mengatasi efek distorsi nonlinier dilakukan dengan teknik pre-distorsi. Teknik pre-distorsi adalah teknik untuk melinierkan karakteristik masukan-keluaran pada pita gelombang mikro dan frekuensi radio. Pre-distorsi merupakan penguat tambahan yang memiliki karakteristik yang berlawanan dengan penguat utama. Kedua karakteristik tersebut akan saling membatalkan satu sama lain ketika dijumlahkan dan menghasilkan output linier dan bebas dari distorsi dari penguat RF utama.

Teknik pre-distorsi memiliki beberapa tipe diantaranya yaitu teknik pre-distorsi digital dan teknik pre-distorsi *neural network*. Teknik pre-distorsi adaptif merupakan teknik yang dilakukan dengan membuat *inverse* fungsi transfer PA untuk linierisasi sistem dari input ke output. Perhitungan dilakukan dengan memperhitungkan faktor penguat amplitudo dan perputaran fasa sebagai dua fungsi *polynomial* dari amplitudo pre-distorsi. Sinyal input RF akan dikalikan dengan faktor penguat dan perputaran rotasi fasa.

Teknik pre-distorsi *neural network* merupakan teknik pre-distorsi yang menggunakan *neural network* untuk proses linierisasi pada sistem nonlinier. Penggunaan *neural network* untuk teknik pre-distorsi dapat disesuaikan dengan keadaan kanal nonlinier. Teknik pre-distorsi *neural network* memiliki beberapa jenis diantaranya, *feed-forward neural network* (FFNN) dan *radial-basis function neural network* (RBFNN). Pada tesis ini, teknik pre-distorsi yang digunakan adalah *feed-forward neural network*. Proses pre-distorsi *feed-forward neural network* dilakukan dengan dua bagian yaitu bagian pelatihan dan bagian pre-distorsi. Pada proses pelatihan FFNN adalah melatih sinyal masukan dengan sinyal keluaran TWTA. Sinyal masukan dan keluaran TWTA yang berupa bilangan kompleks diubah menjadi bilangan *rectangular*. Fungsi AM/AM pre-distorsi diperoleh dengan menggunakan amplitudo keluaran TWTA

sebagai masukan NN. Sedangkan amplitudo masukan TWTA sebagai data latihan. Struktur NN pre-distorsi adalah penggunaan amplitudo masukan dari penguat ke fungsi AM/AM dari pre-distorsi yang menghasilkan amplitudo pre-distorsi yang kemudian digunakan pada pendekatan dari fungsi AM/PM dari penguat yang akan dikurangi dari nilai masukan fasa masukan yang kemudian akan membentuk fungsi AM/PM dari pre-distorsi.

1.2 Perumusan Masalah

Pada penelitian ini dibahas permasalahan sebagai berikut :

1. Merancang dan mensimulasikan sistem dengan pre-distorsi pada penguat TWTA.
2. Pengaruh teknik pre-distorsi *feed-forward neural network* dalam mengurangi efek nonlinier.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mensimulasikan sistem nonlinier menggunakan pre-distorsi *feed-forward neural network* pada penguat TWTA.
2. Menganalisa pengaruh pre-distorsi *feed-forward neural network* terhadap nilai BER dalam sistem komunikasi satelit.

1.4 Batasan Masalah

1. Modulasi yang digunakan adalah modulasi 16-QAM
2. Pre-distorsi yang digunakan adalah *feed-forward neural network*.
3. Model TWTA yang diaplikasikan adalah model Saleh.
4. Hanya Karakteristik AM/AM yang dilakukan proses *neural network*
5. SNR yang digunakan adalah 5 dB, 12 dB, 14 dB, 16 dB, dan 25 dB
6. Data masukan berupa data *random* yang dihasilkan *random generator*.
7. Simulasi ini dilakukan pada sisi *downlink* sistem komunikasi satelit.
8. Kinerja sistem yang diamati adalah BER sebagai fungsi dari SNR.
9. Simulasi dilakukan pada *software* MATLAB R2012.

1.5 Hipotesis

Hipotesis awal dari tesis ini adalah:

1. Pemodelan *high power amplifier* sebagai kanal nonlinier pada sistem satelit
2. *Feed-forward neural network* dapat disimulasikan menjadi teknik pre-distorsi yang dapat menghilangkan efek nonlinier pada system komunikasi satelit.

1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dipakai dalam penyusunan Tesis ini meliputi :

1. Studi Literatur, yaitu mempelajari referensi yang berhubungan dengan modulasi 16 QAM, sistem komunikasi satelit, *software* Matlab dari buku-buku, jurnal maupun internet.
2. Simulasi, yaitu menguji program yang dilakukan dengan mengubah parameter SNR untuk menghasilkan nilai BER.
3. Analisis, yaitu menganalisa hasil simulasi yang dilakukan. Hasil simulasi yang diinginkan adalah nilai BER.

1.7 Sistematika Penulisan

BAB I Pendahuluan

Berisi latar belakang dilakukannya penelitian, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini, metoda penyelesaian masalah dan sistematika pembahasan.

BAB II Dasar Teori

Berisi berbagai dasar teori yang mendukung dan mendasari penulisan tesis ini. Dasar teori yang dibahas di tesis ini adalah penjelasan konsep tentang 16 QAM, konsep tentang TWTA, konsep tentang teknik pre-distorsi dengan *feed-forward neural network* serta hasil literatur.

BAB III Model Sistem

Berisi tentang skema model penelitian berupa *flowchart* simulasi kinerja modulasi 16-QAM pada saluran nonlinier pada satelit. Pada bab ini dibahas parameter yang digunakan pada simulasi yang digunakan serta langkah simulasi yang dilakukan dalam bentuk diagram blok.

BAB IV Hasil dan Analisis

Berisi analisis hasil simulasi yang diperoleh pada BAB III, yang terdiri : analisis konstelasi sinyal keluaran dan analisis hasil simulasi tanpa pre-distorsi dan menggunakan pre-distorsi yang dilakukan yang berupa nilai BER.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Berisi kesimpulan dari skema migrasi yang dihasilkan penelitian tesis ini serta saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.



76

Telkom
University

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang dilakukan maka dapat diambil empat kesimpulan sebagai berikut :

1. Efek nonlinier dikarenakan pengaruh magnitudo dan fasa dari distorsi yang terjadi. Hal ini dapat dilihat pada konstelasi sinyal dari hasil simulasi tanpa pre-distorsi. Sinyal yang mengalami efek nonlinier konstelasi sinyalnya memiliki perubahan fasa dan pembesaran magnitudo serta nilai BER yang dihasilkan sangat besar.
2. Nilai SNR yang bervariasi menunjukkan konstelasi sinyal yang bervariasi juga. Semakin kecil Nilai SNR maka konstelasi sinyal terlihat berhamburan sedangkan semakin besar nilai SNR maka konstelasi sinyal terlihat berkumpul. Nilai BER dipengaruhi oleh nilai SNR.
3. Dalam mengatasi efek nonlinier maka dilakukan teknik pre-distorsi *feed forward neural network* (FFNN) dengan *layer* 1-4-1 dan 1-9-1. Pre-distorsi adalah teknik untuk melinierkan karakteristik masukan-keluaran dengan melakukan proses invers pada sinyal

yang dihasilkan dari TWTA. Proses pre-distorsi FFNN adalah karakteristik AM/AM yang dilakukan proses jaringan saraf tiruan dan melakukan proses invers karakteristik AM/AM.

4. Hasil simulasi dengan nilai SNR 5 db menghasilkan peningkatan kinerja sistem satelit sebesar 3.04 kali untuk pre-distorsi 1-4-1 dan 3.39 kali untuk pre-distorsi 1-9-1. Pada nilai SNR 12 didapat peningkatan kinerja sistem satelit sebesar 152 kali untuk pre-distorsi 1-4-1 dan 361 kali untuk pre-distorsi 1-9-1. Pada nilai SNR 14 didapat peningkatan kinerja sistem satelit sebesar 1447 kali untuk pre-distorsi 1-4-1 dan 6030 kali untuk pre-distorsi 1-9-1.

5.2 Saran

1. Dalam penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan HPA dan Model HPA yang lain sebagai pembanding dengan tesis ini.
2. Penggunaan *input back off* yang banyak dan bervariasi.

BAB V

CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS

\

5.1 Conclusions

Having conducted several tests or simulation, four conclusions are made:

1. Nonlinear effects were due to the influence of the magnitude and phase of the distortion. This was seen in the constellation of signals from the results of simulations without pre-distortion. The signals effected by nonlinear signal constellation changed their phase and enlarged their magnitude, and produced enomous BER values.
2. The various values of SNR indicated the various signal constellation as well. When the SNR value was smaller, signal constellation more scattered, however, when the SNR values was greater, the signal constellation was gathered BER values were influenced by the SNR value.
3. To address the effects of nonlinear, a pre-distortion technique of feed-forward neural network (FFNN) with a layer 1-4-1 and 1-9-1 was applied. A pre-distortion technique was to make the input-output characteristics linear by inverting the signal generated from the

TWTA. The process of FFNN pre-distortion was the characteristics of AM/PM similar to the process applied to the artificial neural network and it carried out the process of inverting AM/AM characteristics.

4. The results of several simulations showed that the SNR value of 5 dB improved the satellite system of 3.04 times for pre-distortion 1-4-1 and 3.39 times for pre-distortion 1-4-1. When SNR value was 12 dB, the satellite system performance improved 152 times for pre-distortion 1-4-1 and 361 times for pre-distortion 1-9-1. When the SNR value was 14 dB, the satellite system performance improved 1447 times for pre-distortion 1-4-1 and 6030 times for pre-distortion 1-9-1.

5.2 Suggestions

1. I realized that this thesis is far from being perfect. To obtain result than those of this thesis, further studies need to be conducted in the future, especially concerning either first, the use of HPA and other models
2. The use of various and lots of input back off.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] www.its.ac.id, Suwadi, Irwandi. E, *Peningkatan Unjuk Kerja M-QAM Melalui Kanal Satelit Non-linier Menggunakan Teknik Predistorsi Adaptif*, Multimedia Telecommunication, Dept of Electrical Engineering ITS Surabaya, Hal. 1-2.
- [2] Feriansyah. M, *Simulasi Penguatan Sinyal Pada TWTA Satelit Geostationer*, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. 2011.
- [3] Falconer. D, Kolze. T, Leiba. Y, Liebetreu. J, *System Impairment Model*, Carleton University, IEEE 802.16.1, pp-00/15, 2000.
- [4] Jantunen. P, *Modelling of Amplifier Nonlinearities I: Memoryless Models*, Postgraduate Seminar on Signal Processing I, Presentation, Helsinki University of Technology, 2003.
- [5] Siregar. R, *Pemahaman Tentang Dasar Kalkulasi Link Komunikasi Satelit*, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik elektro, Universitas Sumatera Utara, 2004.
- [6] Zayani. R, Bouallegue. R, *Pre-distortion for compensation of HPA nonlinearity with neural network: application to satellite communications*, IJCSNS, Vol.7, No.3, March 2007.

- [7] Rahmat, Setiawan. R, Purnomo. M.H, *Perbandingan Algoritma Levenberg-Marquardt Dengan Metode Backpropagation Pada Proses Learning Jaringan Saraf Tiruan Untuk Pengenalan Pola Sinyal Elektrokardiograf*, SNATI 2006, ISSN: 1907-5022, Hal F39-F40, Juni 2006.
- [8] Sari. D.P, *Analisis Kinerja Modulasi Discrete Multitone (DMT) Pada Jaringan Very High Data Rate Digital Subscriber Line (VDSL)*, Tugas Akhir, Departemen Teknik Elektro, Universitas Sumatera Utara, 2009.
- [9] Xiaolong. L, *Simulink-based Simulation of Quadrature Amplitude Modulation (QAM) System*, ISBN 978-1-60643-379-9, 2008.
- [10] www.te.ugm.ac.id, Yudanto, R.C, *Digital Modulation Technique*, Jurusan Teknik Elektro FT UGM, Hal.29, Yogyakarta. 2012.
- [11] Prabowo, A, *Perancangan Jaringan VSAT: BAB II Landasan Teori*, FTUI,2008.
- [12] www.lecturer.eepis-its.edu, *BAB 8 Jaringan Saraf Tiruan (Neural Network)*,2012.
- [13] Langton, C, *All About Modulation part I*, Hal.40, revised Dec 2005.
- [14] Watkins. B.E, North. R, *Predistortion Of Nonlinear Amplifiers Using Neural Networks*. Department of Electrical

- and Computer Engineering, IEEE 0-7803-3682-8/96, Hal 316-319, 1996.
- [15] Zhao. Y, *Lecture 2: Simulation of 16 QAM Systems*, Peking University, 2008
- [16] www.kk.mercubuana.ac.id, Pasrah. N, *BAB II Sistem Komunikasi Satelit*, Pusat Pengembangan Bahan Ajar-UMB. 2012.
- [17] Leti, *Predistortion Techniques*, IST-20001-34561, July 2004.
- [18] Yadav. A, Mazumdar. D, Karthikeyan. B.R, Kadambi. G.R, *Linearization of Saleh, Ghorbani and Rapp Amplifiers with Doherty Technique*, SASTECH Journal, Volume 9, Issue 2, Hal. 80-81, September 2010.
- [19] Tranter. W.H, Shanmugan. K.S, Rappaport. T.S, Kosbar. K.L, *Principles of Communication Systems Simulation with Wireless Applications*, Prentice Hall, Professional Technical Reference, Hal. 456-460, 2003.
- [20] Warsito. B, Sumiyati. S, *Prediksi Curah Hujan Kota Semarang Dengan Feed-Forward Neural Network Menggunakan Algoritma Quasi Newton, BFGS Dan Levenberg-Marquardt*, Jurnal PRESIPITASI Vol. 3 No 2, Universitas Diponegoro, Hal.5-6, September 2007.

- [21] Khasin. A.Z, Moegiharto. Y, *Perancangan Zero Forcing Equalizer Dengan Modulasi QAM Berbasis Perangkat Lunak*, Hal.2, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya,2011.
- [22] Suhartono, *FeedForward Neural Network Untuk Pemodelan Runtun Waktu*, Disertasi Doktor, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2007.
- [23] Giraldo. R.M.R, *QAM Microwave Signal Transmission Over A Radio-Over-Fibre Link Using Semiconductor Optical Amplifier*, University of Limerick, Thesis Master, Hal.10-23, September 2008.
- [24] www.berk.tc/combas/digital_mod.pdf, Fitton. M, *Principles of Digital Modulation*, Toshiba Research Europe Limited, Presentation, 2012.
- [25] <http://www.eetimes.com/>, 2008
- [26] Wisnu. O.P.S, *Simulasi Transmisi Sinyal Digital Pada Kanal AWGN Dan Rayleigh Fading*, Hal.1.
- [27] <http://www.dsplog.com/2008/03/29/Comparing16PSKvs16QAMforSymbolerrorrate/>
- [28] Baharuddin, *Analisa Kinerja Quadrature Amplitude Modulation pada Kanal Additive White Gaussian Noise untuk Transmisi Citra*, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Andalas, ISSN: 0854-8471 No28 Vol.1 Thn XIV, Hal.56-57, November 2007.