

# LINIERISASI PENGUAT DAYA GELOMBANG MIKRO MENGUNAKAN PREDISTORTER NONLINIER

T. Gunawan, A. Saripudin, I. Kustiawan

Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan  
Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudi 229 Bandung Telp. 62-22-70821958  
e-mail: [t\\_gnw@yahoo.com](mailto:t_gnw@yahoo.com), [aipsaripudin@yahoo.com](mailto:aipsaripudin@yahoo.com), [iwan\\_kustiawan@upi.edu](mailto:iwan_kustiawan@upi.edu)

**Abstract** - Predistortion linearization of microwave power amplifier has been done. In this project, we used LDMOS D2081UK as an active device to be investigated. We first derived a mathematical model for predistortion linearization simulation. Input data for simulation was extracted from a measured LDMOSFET I-V characteristics. Simulation results show that ACPR can be suppressed about 12 dB at input power of -10 dBm.

**Keywords:** LDMOSFET, power amplifier, and ACPR

## 1. PENDAHULUAN

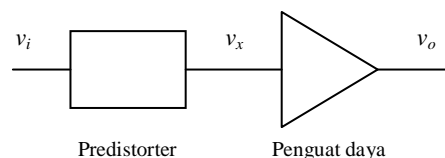
Dari tahun ke tahun, pengguna sistem komunikasi nirkabel gelombang mikro semakin meningkat pesat. Perkembangan ini disertai oleh semakin meningkatnya permintaan agar kinerja devais atau sistem telekomunikasi nirkabel semakin baik. Beberapa permintaan tersebut di antaranya: daya tinggi, linieritas tinggi, dan efisiensi tinggi. Mendapatkan kinerja devais atau sistem yang memenuhi ketiga permintaan itu bukanlah pekerjaan yang mudah. Tetapi, di situlah justru tantangannya. Para ilmuwan dan insinyur dituntut untuk bekerja ekstra keras.

Sementara itu, devais yang memegang peranan penting dalam sistem komunikasi nirkabel, yaitu transistor atau penguat daya gelombang mikro, memiliki sifat linier dan nonlinier sekaligus. Sifat nonlinier penguat daya gelombang mikro mengakibatkan sinyal-sinyal keluarannya mengalami distorsi (IMD) dan menghasilkan respon *spurious*. Pada sistem komunikasi multikanal padat, CDMA misalnya, IMD atau *spurious* dapat berinterferensi dengan sinyal transmisi lain pada kanal lain yang berdekatan. Akibatnya, kanal-kanal komunikasi dapat menyalurkan bagian sinyal dari kanal lain sehingga terjadi keadaan tumpang tindih dan tidak teratur.

Oleh karena itu, pada penguat daya, sifat nonlinier merupakan sifat yang tidak dikehendaki kemunculannya. Dengan kata lain, diperlukan suatu kajian atau teknik tertentu agar sifat nonlinier ini bisa diredam. Hal ini menjadi penting, karena memang tidak pernah ada devais yang hanya memiliki sifat linier.

## 2. FORMULASI MATEMATIS

Gambar 1 menunjukkan skema teknik linierisasi menggunakan metode predistorsi.



**Gambar 1** Skema teknik linierisasi predistorsi.

Keluaran penguat daya pada Gambar 1 dapat dituliskan sebagai berikut:

$$v_o = a_1 v_x + a_2 v_x^2 + a_3 v_x^3 + \dots \quad (1)$$

dengan  $v_x$  adalah masukan penguat yang berupa keluaran dari predistorter. Sementara itu,  $a_n$  ( $n$  bilangan bulat) adalah koefisien deret Taylor yang memenuhi:

$$a_n = \frac{1}{n!} \frac{\partial^n v_o}{\partial v_i^n} \quad (2)$$

Predistorter bisa berupa devais atau sistem yang memiliki fungsi transfer tertentu. Dalam hal ini, kami mengasumsikan bahwa predistorter memiliki keluaran sebagai fungsi masukan sebagai berikut:

$$v_x = v_i + b v_i^3 \quad (3)$$

Pemilihan angka 1 sebagai koefisien orde pertama dilakukan agar daya keluaran fundamental sebelum dan sesudah linierisasi relatif tetap. Salah satu cara untuk mengimplementasikan metoda ini adalah dengan menggunakan DSP sebagai predistorter. Dalam hal ini,  $b$  adalah parameter yang nilainya dapat diatur atau disesuaikan berdasarkan pengukuran langsung.

Selanjutnya, jika Persamaan (3) disubstitusikan ke Persamaan (2), diperoleh:

$$v_o = a_1 (v_i + b v_i^3) + a_2 (v_i + b v_i^3)^2 + a_3 (v_i + b v_i^3)^3 \quad (4)$$

Untuk menyederhanakan penurunan matematisnya, Persamaan (4) dapat ditulis sebagai:

$$v_o = v_{o1} + v_{o2} + v_{o3} \quad (5)$$

dengan komponen keluaran dan ekspansinya masing-masing sebagai berikut:

$$v_{o1} = a_1 v_i + a_1 b v_i^3 \quad (6a)$$

$$\begin{aligned} v_{o2} &= a_2 (v_i + b v_i^3)^2 \\ &= a_2 (v_i^2 + 2b v_i^4 + b^2 v_i^6) \\ &= a_2 v_i^2 + 2a_2 b v_i^4 + a_2 b^2 v_i^6 \end{aligned} \quad (6b)$$

$$\begin{aligned} v_{o3} &= a_3 (v_i + b v_i^3)^3 \\ &= a_3 (v_i^3 + 3b v_i^5 + 3b^2 v_i^7 + b^3 v_i^9) \\ &= a_3 v_i^3 + 3a_3 b v_i^5 + 3a_2 b^2 v_i^7 + a_3 b^3 v_i^9 \end{aligned} \quad (6c)$$

Dengan memasukkan Persamaan (6) ke dalam Persamaan (5) dan menyusun kembali hasilnya maka diperoleh:

$$\begin{aligned} v_o &= a_1 v_i + a_2 v_i^2 + (a_1 b + a_3) v_i^3 + 2a_2 b v_i^4 \\ &\quad + 3a_3 b v_i^5 + a_2 b^2 v_i^6 + 3a_2 b^2 v_i^7 + a_3 b^3 v_i^9 \end{aligned} \quad (7)$$

Distorsi pada keluaran lebih banyak disebabkan oleh produk distorsi intermodulasi orde ganjil. Frekuensi harmonik dan distorsi intermodulasi orde genap letaknya cukup jauh dari frekuensi fundamental sehingga dapat diatasi dengan menggunakan filter. Dengan asumsi bahwa distorsi oleh orde ganjil yang lebih besar daripada tiga relatif kecil maka tinggal distorsi orde ketigalah yang menjadi perhatian.

Dari persamaan (7), agar distorsi intermodulasi orde ketiga menjadi hilang, secara matematis harus dipenuhi:

$$a_1 b + a_3 = 0 \quad (8)$$

sehingga diperoleh hubungan:

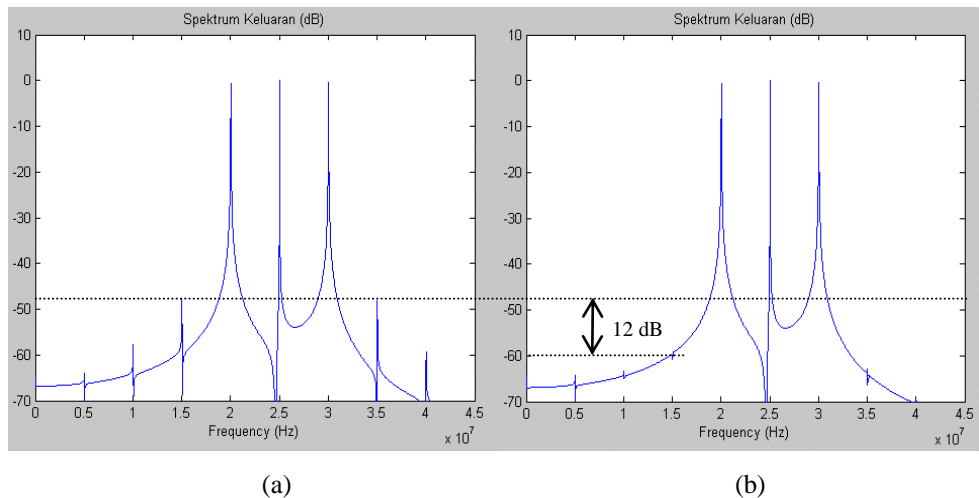
$$b = -\frac{a_3}{a_1} \quad (9)$$

Dari Persamaan (9) jelas bahwa, secara matematis, distorsi intermodulasi orde ketiga akan hilang jika nilai  $b$  sama dengan negatif dari perbandingan koefisien orde ketiga dan orde pertama dari fungsi transfer penguat sebelum linierisasi predistorsi dilakukan.

### 3. HASIL SIMULASI

Sebelum simulasi dilakukan, terlebih dahulu dilakukan perhitungan untuk mendapatkan koefisien  $a_1$ ,  $a_2$ , dan  $a_3$ . Koefisien-koefisien tersebut diperoleh dari hasil simulasi menggunakan perangkat lunak Super Deriv 4.0 untuk devais LDMOS D2081UK dengan daya masukan  $-10$  dBm.

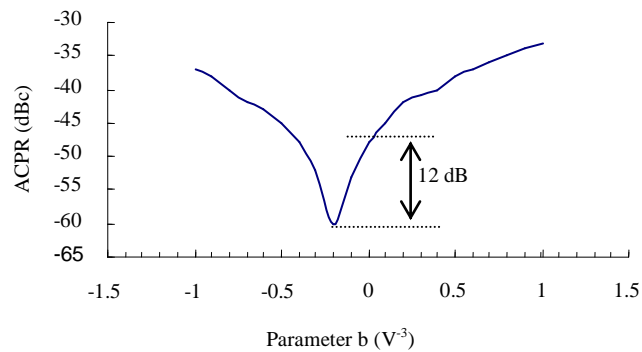
Gambar 4 menunjukkan hasil simulasi spektrum keluaran penguat daya sebelum dan sesudah predistorsi diberikan. Simulasi dilakukan menggunakan bantuan Matlab 6.0. Di sini, sinyal masukan terdiri dari tiga nada dengan frekuensi berturut-turut 20, 25, dan 30 MHz dengan amplitudo sama,  $-10$  dBm. Dari kedua gambar tersebut terlihat bahwa setelah linierisasi predistorsi dilakukan, dengan memilih parameter  $b = -a_3/a_1$ , distorsi intermodulasi orde ketiga dapat ditekan, dalam hal ini turun sekitar 12 dB. Dengan kata lain, linieritas keluaran penguat daya menjadi lebih baik.



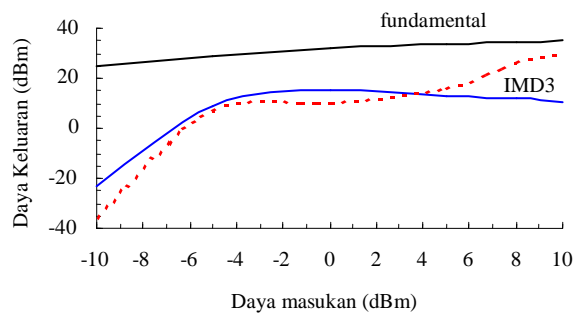
**Gambar 4** Hasil simulasi spektrum keluaran penguat daya menggunakan Matlab 6.0: (a) sebelum linierisasi dan (b) sesudah linierisasi.

Gambar 5 menunjukkan grafik ACPR terhadap parameter  $b$ . Penurunan ACPR sebesar 12 dB setelah predistorsi di juga dapat dilihat dari grafik ini. Selain itu, grafik ini juga memperlihatkan bahwa parameter  $b$  harus dipilih setepat mungkin.

Grafik daya keluaran terhadap daya masukan untuk nilai parameter  $b = 0,187$  ditunjukkan pada Gambar 6. Dari sini terlihat linierisasi predistorsi dengan fungsi matematis yang didefinisikan pada tesis ini (Persamaan 3.2) berlaku untuk daya masukan kurang dari 3 dBm (untuk kasus LDMOS D2081UK).



**Gambar 5** Grafik daya keluaran penguat terhadap parameter  $b$  untuk daya masukan -10 dBm.



**Gambar 6** Grafik daya keluaran penguat terhadap daya masukan sebelum linierisasi (garis tegas) dan sesudah linierisasi dengan  $b = 0,187$  (garis putus-putus).

#### 4. SIMPULAN

Hasil perhitungan dan simulasi teknik linierisasi predistorsi dengan fungsi matematis yang diberikan dapat menurunkan ACPR penguat daya gelombang mikro sebesar 12 dB untuk daya masukan -10 dBm. Hasil ini menunjukkan bahwa teknik predistorsi dengan fungsi matematis yang didefinisikan dalam tesis ini dapat meningkatkan linieritas penguat daya gelombang mikro.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kenney, J. S., "Overview of Linearization Options for High Data Rate Wireless Communications", The RAWCON 2001 Workshop: Methods and Concepts for Power Amplifier Linearization, August 20, 2001.
- [2] Haskins, C.B. "Diode Predistortion Linearization for Power Amplifier RFICs in Digital Radios", Master Thesis at Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksbutg, VA, April 2000.
- [3] Sun, Jia, "A New BJT Linearizer Design for RF Amplifier", APMC Sidney Australia, 3-6 December 2000.
- [4] Jang, Jaejune, "RF LDMOS Characterization and Its Compact Modeling", MTT-Symposium, 2001.

- [5] Vendelin, G.D., Pavo, A.M., and Rohde, U.L., "*Microwave Circuit Design Using Linear and Nonlinear Techniques*", John Wiley and Sons, New York, 1990.