

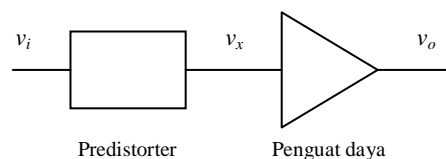
BAB III

SIMULASI DAN ANALISIS

Pada bagian ini didiskusikan suatu teknik untuk mendapatkan penguat daya dengan linieritas tinggi menggunakan teknik predistorsi. Formulasi matematis metoda yang digunakan diturunkan disini, untuk mendapatkan nilai parameter predistorsi yang menghasilkan distorsi intermodulasi orde ketiga minimum pada keluaran penguat daya.

3.1 Formulasi Matematis

Gambar 3.1 menunjukkan skema teknik linierisasi menggunakan metode predistorsi.



Gambar 3.1 Skema teknik linierisasi predistorsi.

Keluaran penguat daya pada Gambar 3.1 dapat dituliskan sebagai berikut:

$$v_o = a_1 v_x + a_2 v_x^2 + a_3 v_x^3 + \dots \quad (3.1)$$

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

$$a_n = \frac{1}{n!} \frac{\partial^n v_o}{\partial v_i^n} \quad (3.2)$$

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

$$v_x = v_i + bv_i^3 \quad (3.3)$$

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 predistorer. Dalam hal ini, b adalah parameter yang nilainya dapat diatur atau disesuaikan berdasarkan pengukuran langsung.

Selanjutnya, jika Persamaan (3.3) disubstitusikan ke Persamaan (3.2), diperoleh:

$$v_o = a_1 (v_i + bv_i^3) + a_2 (v_i + bv_i^3)^2 + a_3 (v_i + bv_i^3)^3 \quad (3.4)$$

Untuk menyederhanakan penurunan matematisnya, Persamaan (3.4) dapat ditulis sebagai:

$$v_o = v_{o1} + v_{o2} + v_{o3} \quad (3.5)$$

dengan komponen keluaran dan ekspansinya masing-masing sebagai berikut:

$$v_{o1} = a_1 v_i + a_1 b v_i^3 \quad (3.6a)$$

$$\begin{aligned} v_{o2} &= a_2 (v_i + b v_i^3)^2 \\ &= a_2 (v_i^2 + 2b v_i^4 + b^2 v_i^6) \\ &= a_2 v_i^2 + 2a_2 b v_i^4 + a_2 b^2 v_i^6 \end{aligned} \quad (3.6b)$$

$$\begin{aligned} v_{o3} &= a_3 (v_i + b v_i^3)^3 \\ &= a_3 (v_i^3 + 3b v_i^5 + 3b^2 v_i^7 + b^3 v_i^9) \\ &= a_3 v_i^3 + 3a_3 b v_i^5 + 3a_3 b^2 v_i^7 + a_3 b^3 v_i^9 \end{aligned} \quad (3.6c)$$

Dengan memasukkan Persamaan (3.6) ke dalam Persamaan (3.5) dan menyusun kembali hasilnya maka diperoleh:

$$\begin{aligned} v_o &= a_1 v_i + a_2 v_i^2 + (a_1 b + a_3) v_i^3 + 2a_2 b v_i^4 \\ &\quad + 3a_3 b v_i^5 + a_2 b^2 v_i^6 + 3a_2 b^2 v_i^7 + a_3 b^3 v_i^9 \end{aligned} \quad (3.7)$$

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 (3.7), agar distorsi intermodulasi orde ketiga menjadi hilang, secara matematis harus dipenuhi:

$$a_1 b + a_3 = 0 \quad (3.8)$$

sehingga diperoleh hubungan:

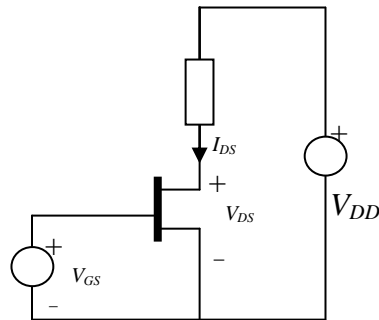
$$b = -\frac{a_3}{a_1} \quad (3.9)$$

Dari Persamaan (3.9) 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.

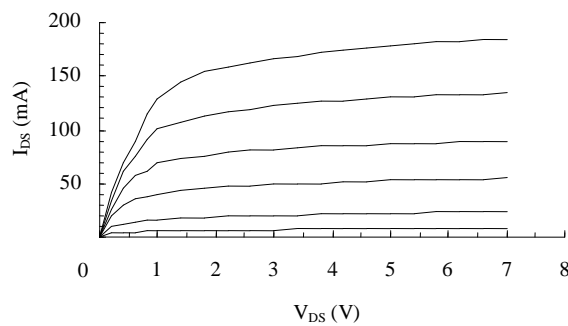
3.2 Pengukuran karakteristik I-V LDMOSFET

Pengukuran karakteristik I-V transistor dilakukan menggunakan *curve-tracer*. Konfigurasi rangkaian yang digunakan adalah *source* bersama, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2. Di sini, perubahan arus *drain*, I_{DS} , terhadap tegangan *drain-source*, V_{DS} , pada beberapa harga tegangan *gate-source*, V_{GS} , tertentu diukur. Data-data hasil pengukuran (I_{DS} , V_{DS}) pada beberapa nilai V_{GS} dapat dilihat pada lampiran C.

Gambar 3.3 menunjukkan kurva karakteristik I_{DS} - V_{DS} LDMOS D2081UK. Pengukuran I_{DS} - V_{DS} dilakukan pada rentang $V_{GS} = 1 - 3$ V dengan spasi 0.2 V. Pengukuran pada V_{GS} di atas 3 V tidak dilakukan karena pada tegangan tersebut transistor sudah menunjukkan gejala *breakdown*. Demikian pula pada tegangan V_{DS} kurang dari 1 V, pengukuran tidak dilakukan, berkaitan dengan anggapan awal bahwa tegangan ambang transistor di atas 1 V.



Gambar 3.2 Rangkaian yang digunakan dalam pengukuran untuk mendapatkan karakteristik I–V transistor.

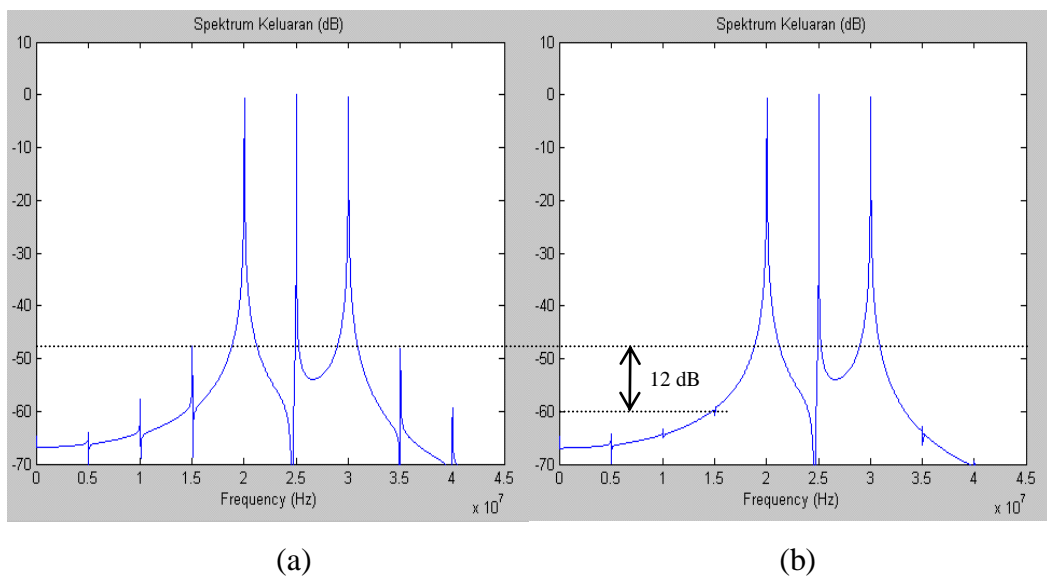


Gambar 3.3 Kurva karakteristik I_{DS} - V_{DS} LDMOS D2081UK hasil pengukuran pada $V_{GS} = 2,0$ V; 2,2 V; 2,4 V; 2,6 V; 2,8 V dan 3V.

3.3 Hasil Simulasi dan Analisisnya

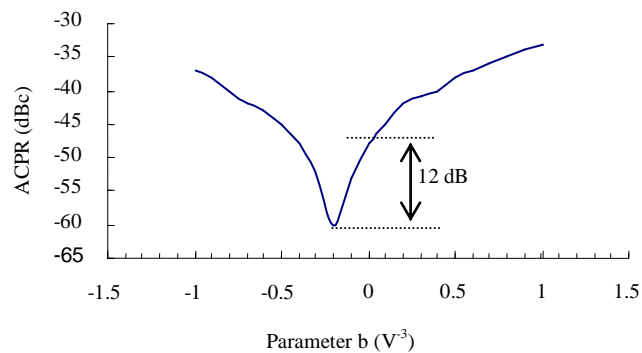
Sebelum simulasi dilakukan, terlebih dahulu dilakukan perhitungan untuk mendapatkan koefisien a_1 , a_2 , dan a_3 . Koefisien-koefisien tersebut diperoleh dari hasil simulasi menggunakan perangkat lunak Super Deriv 4.0 untuk devais LDMOS D2081UK dengan daya masukan -10 dBm.

Gambar 3.4 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.

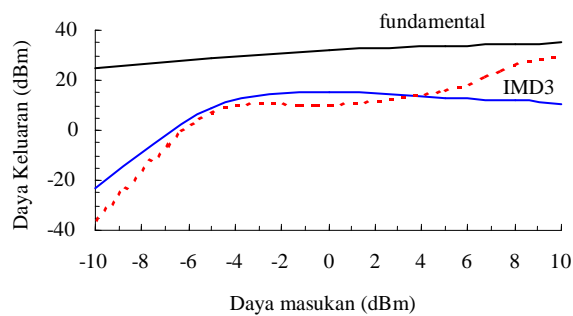


Gambar 3.4 Hasil simulasi spektrum keluaran penguat daya menggunakan Matlab 6.0: (a) sebelum linierisasi dan (b) sesudah linierisasi.

Gambar 3.5 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.



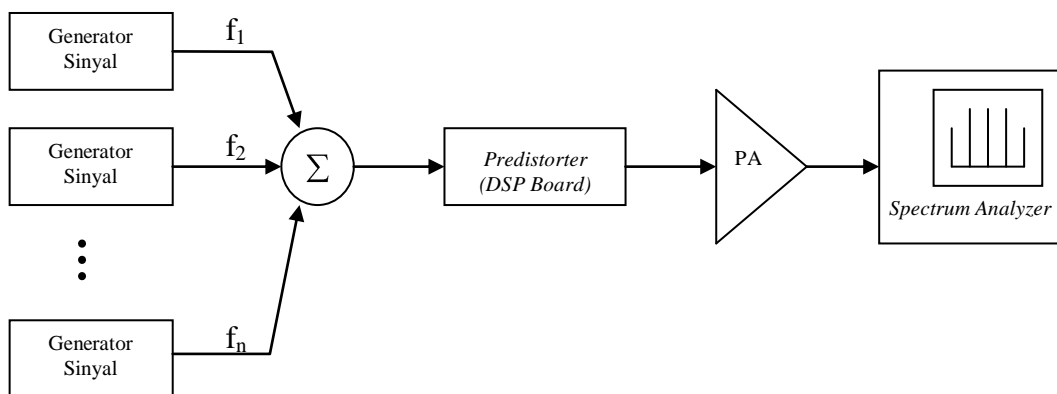
Gambar 3.5 Grafik daya keluaran penguat terhadap parameter b untuk daya masukan -10 dBm.



Gambar 3.6 Grafik daya keluaran penguat terhadap daya masukan sebelum linierisasi (garis tegas) dan sesudah linierisasi dengan $b = 0,187$ (garis putus-putus).

Grafik daya keluaran terhadap daya masukan untuk nilai parameter $b = 0,187$ ditunjukkan pada Gambar 3.6. 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).

Untuk keperluan implementasi, penentuan parameter b dapat dilakukan melalui pengukuran langsung. Secara skematik, diagram blok penentuan parameter b ditunjukkan pada Gambar 3.7. Predistorter dapat diimplementasikan menggunakan metoda DSP dengan parameter b yang dapat diatur. Pemilihan parameter b dilakukan sedemikian sehingga spektrum keluaran penguat daya yang teramati pada *spectrum analyzer* menunjukkan level distorsi orde ketiga serendah mungkin. Metoda ini menjadi lebih sederhana, karena kita tidak perlu menentukan fungsi transfer penguat terlebih dahulu.



Gambar 3.7 Diagram blok penentuan parameter b melalui pengukuran secara langsung.