

**Laporan**  
EL-312 Devais Elektronika

---

**Modul3**  
(Senin, 7 April 2003)

Disusun oleh:  
Arif Kusbandono-13299108

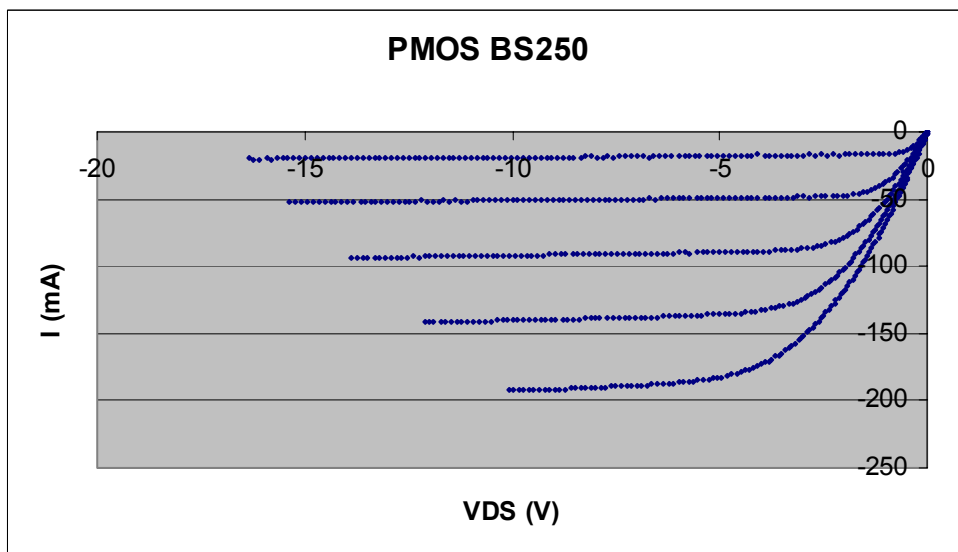
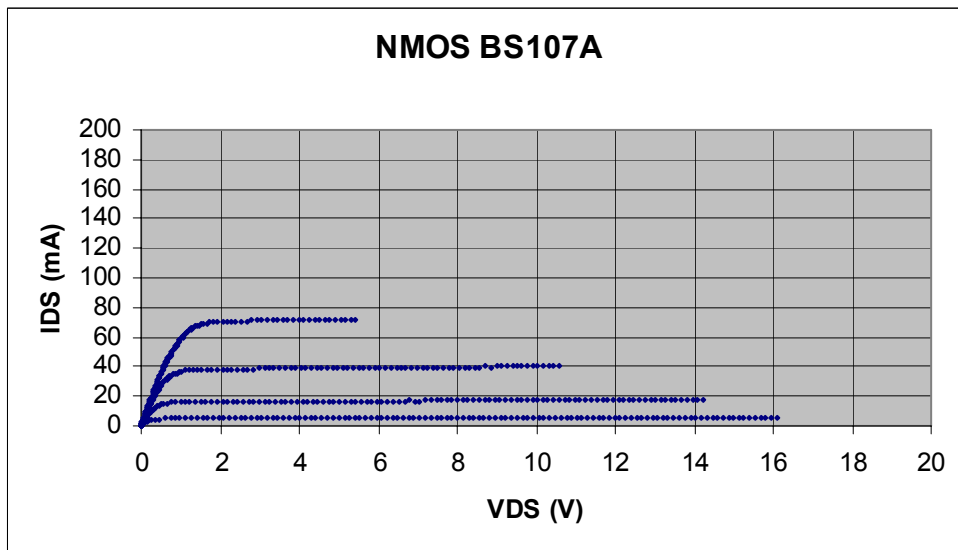
Asisten:  
Aip Saripudin

**Departemen Teknik Elektro**  
**Fakultas Teknologi Industri**  
**Institut Teknologi Bandung**  
**2003**

## I. Plot Data

Data dari konversi file biner (CURVE.\*) diolah :

1. Multiplikasi dengan faktor XMULT & YMULT sesuai yg tertera di *header* file
2. Pengurangan dengan nilai terkecil untuk mencapai offset (pada percobaan dioda tidak dilakukan, sehingga kurva pengolahan akan sedikit bergeser naik serta ke samping dibanding kurva asli keluaran program sertaan) sehingga diperoleh kurva sesuai keluaran program sertaan 370fdd.exe dengan ada kurva yang berhimpit dengan sumbu (arus=0)
3. Untuk transistor PMOS dilakukan komplemen dengan 1024 (10 bit) sehingga diperoleh nilai negatifnya baru dilakukan proses yang sama seperti di atas.



## A. Transistor NMOS BS107A

Data olahan sebelumnya kembali diolah:

1. Data  $V_{GS}$  didapat dari nilai *offset* dan jumlah *step*  $V_{GS}$  (*step* terlihat dari pola data asli yang periodik)
2. Dipilih 21  $V_{DS}$ . Karena variasi nilai  $V_{DS}$  pada tiap data  $V_{GS}$  (misal pada  $V_{GS} = 0.2V$  diambil data  $V_{DS} = 17.08V$ ), maka tidak akan mungkin didapat 21 seri yang lengkap datanya, karena nilai  $V_{DS}$  tersebut tidak dimiliki oleh sejumlah data dengan  $V_{GS}$  lainnya sebagai parameter.
3. Diputuskan untuk terlebih dahulu melakukan **pembulatan** hingga satu tempat desimal untuk semua data  $V_{DS}$  sehingga akan lebih banyak pilihan *step*  $V_{DS}$  untuk setiap parameter  $V_{GS}$ .
4. Interpolasi dilakukan jika nilai  $I_{DS}$  tidak berubah untuk data  $V_{DS}$  yang tidak ada, misal dipilih *step*  $V_{DS} = 3.9 V$  di mana tidak ada datanya khusus untuk  $V_{GS} = 0.2 V$ , maka diambil dari :

$V_{DS}$ (V)	$I_{DS}$ (mA)
4.2	0.065
3.6	0.065

5. Pemilihan *step*  $V_{DS}$  dilakukan dengan melihat bahwa variasi data  $I_{DS}$  lebih banyak di  $V_{DS}$  rendah. Maka dipilih *step* berikut sehingga data dapat lebih **representatif**.

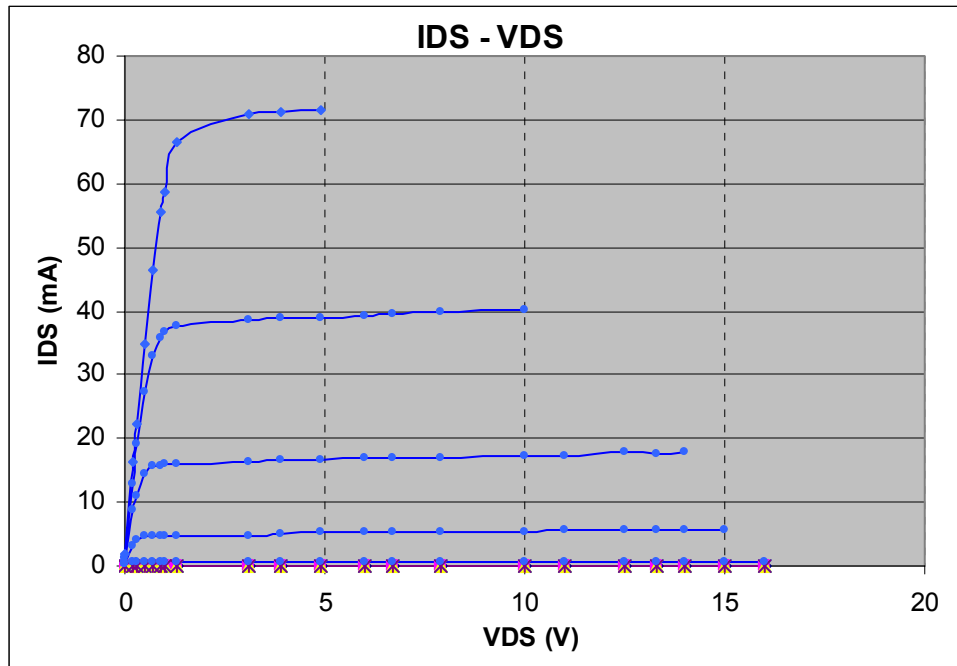
Hasil pemilihan 21 data tersebut :

$I_{DS}$ (mA)	$V_{GS}$ (V)									
	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8
$V_{DS}$ (V)										
16	0.065	0.065	0.065	0.07	0.115	0.68				
15	0.06	0.065	0.065	0.065	0.115	0.68	5.8			
14	0.065	0.065	0.065	0.07	0.115	0.675	5.8	18		
13.3	0.065	0.065	0.065	0.07	0.115	0.675	5.8	17.6		
12.5	0.065	0.065	0.065	0.065	0.11	0.675	5.6	17.8		
11	0.065	0.065	0.065	0.07	0.115	0.675	5.6	17.4		
10	0.065	0.065	0.065	0.07	0.115	0.675	5.4	17.4	40.2	
7.9	0.06	0.065	0.065	0.07	0.11	0.67	5.2	17	39.8	
6.7	0.06	0.065	0.065	0.065	0.115	0.67	5.2	16.8	39.4	
6	0.065	0.065	0.065	0.065	0.115	0.665	5.2	16.8	39.2	
4.9	0.065	0.065	0.065	0.065	0.11	0.665	5.2	16.6	39	71.4
3.9	0.06	0.065	0.065	0.065	0.115	0.665	5	16.6	38.8	71.2
3.1	0.065	0.065	0.065	0.065	0.11	0.665	4.8	16.4	38.6	71
1.3	0.06	0.065	0.065	0.065	0.11	0.66	4.8	16	37.6	66.4
1	0.06	0.065	0.065	0.065	0.11	0.66	4.8	16	36.8	58.8

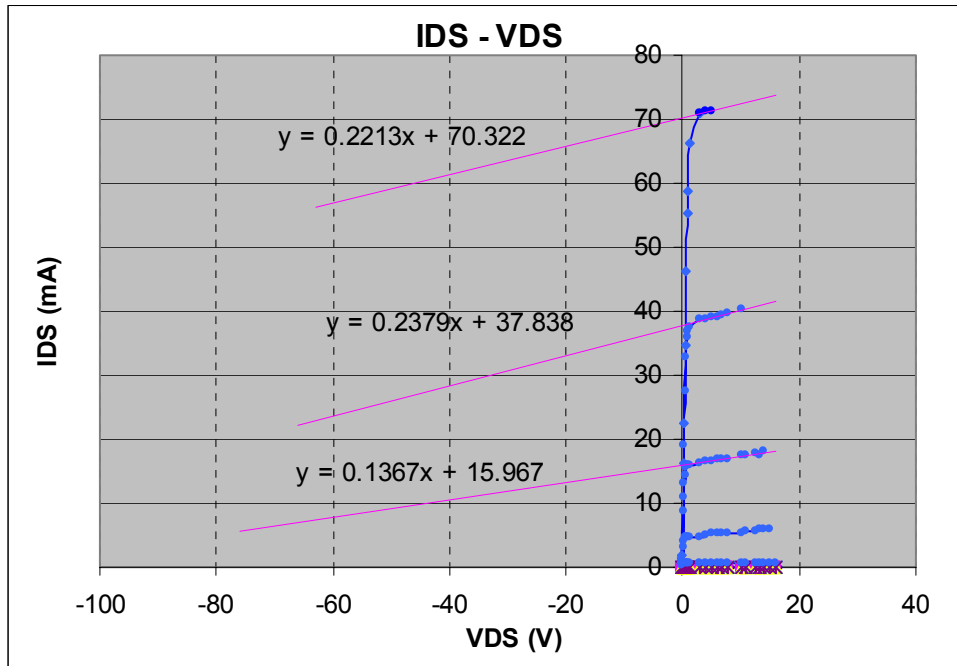
0.9	0.06	0.065	0.065	0.07	0.11	0.66	4.8	15.8	35.8	55.4
0.7	0.06	0.065	0.065	0.065	0.11	0.665	4.8	15.6	32.8	46.4
0.5	0.06	0.065	0.065	0.065	0.11	0.655	4.6	14.4	27.4	34.8
0.3	0.06	0.065	0.065	0.065	0.11	0.64	4.2	11	19.2	22.4
0.2	0.06	0.065	0.065	0.065	0.105	0.61	3.2	8.8	13	16.2
0		0.065	0.065	0.065	0.07	0.405	0.4	0.6	1.2	1.8

NB: Untuk beberapa pilihan nilai  $V_{DS}$  tinggi memang tidak semua penuh ada data  $I_{DS}$ -nya walau sudah melalui pengolahan di atas

## 1. Plot $I_{DS}$ - $V_{DS}$



## 2. Tegangan Early dan Efek Modulasi Panjang Kanal

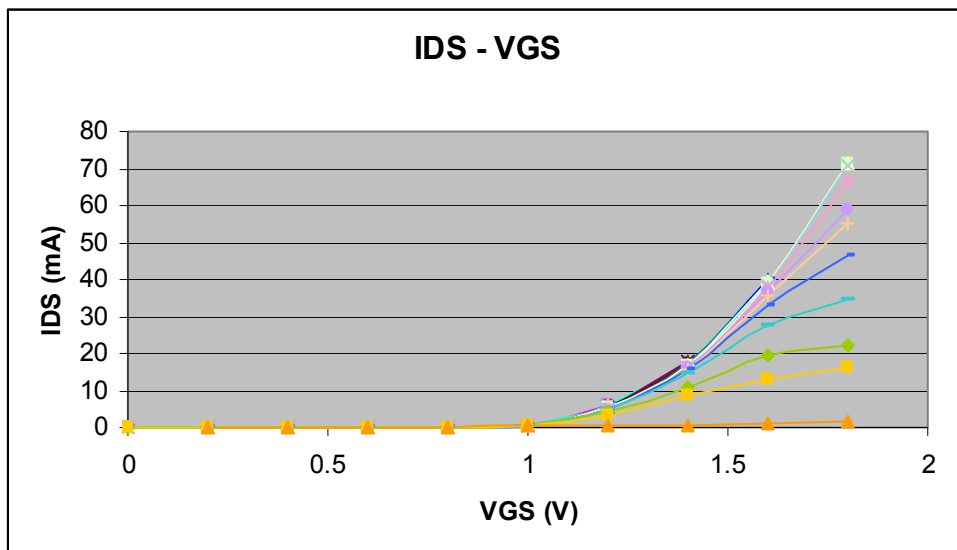


Dari persamaan garis singgung kurva  $I_{DS} - V_{DS}$  di daerah saturasi diperoleh :

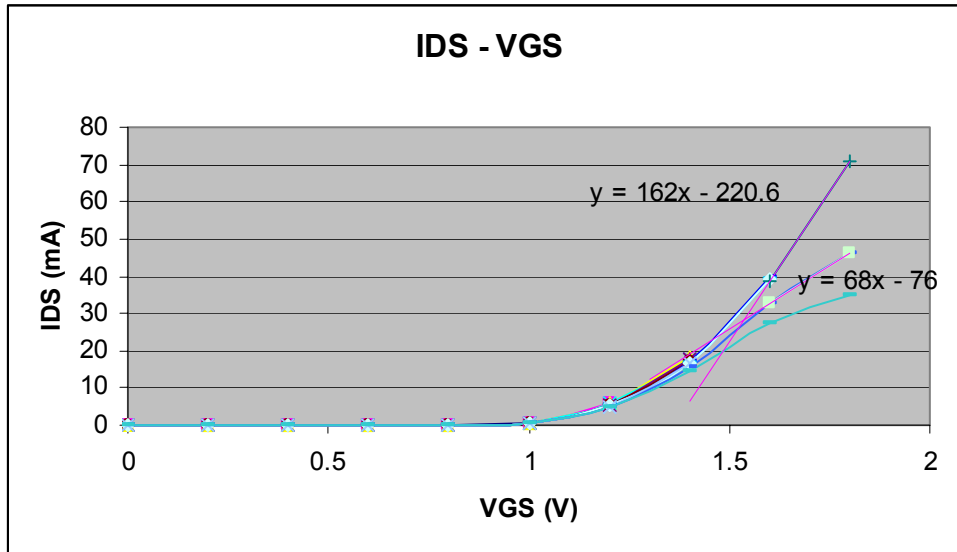
$V_{GS}$ (V)	$V_A$ (V)	$\lambda$
1.8	317.7677	0.003147
1.6	159.05	0.0062873
1.4	116.8032	0.0085614

## 3. Plot $I_{DS} - V_{GS}$

Dengan  $V_{DS}$  sebagai parameter berikut kurva  $I_{DS} - V_{GS}$

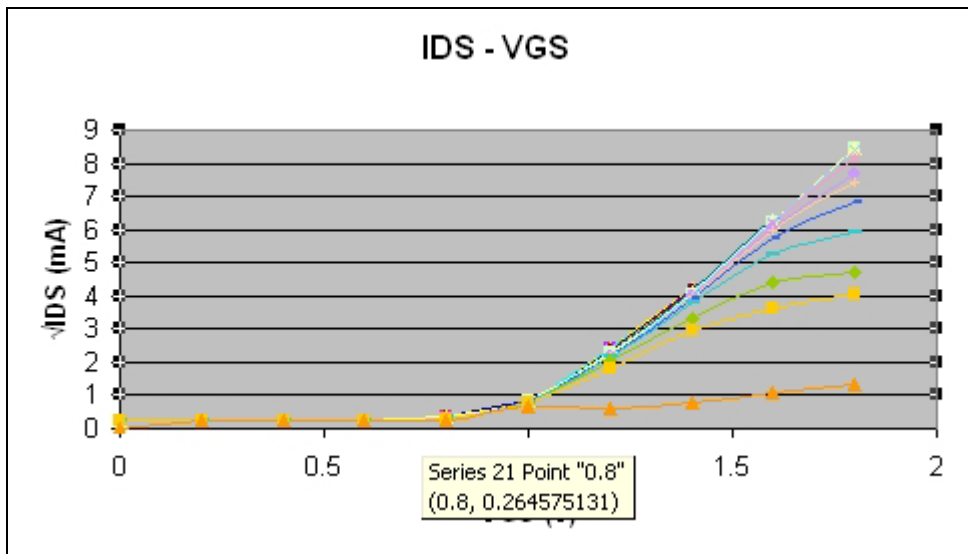


#### 4. Nilai Transkonduktansi



$g_m$	$V_{DS}$ (V)	
$V_{GS}$ (V)	3.1	0.7
1.6	162	
1.6		68

#### 5. Tegangan *Threshold*



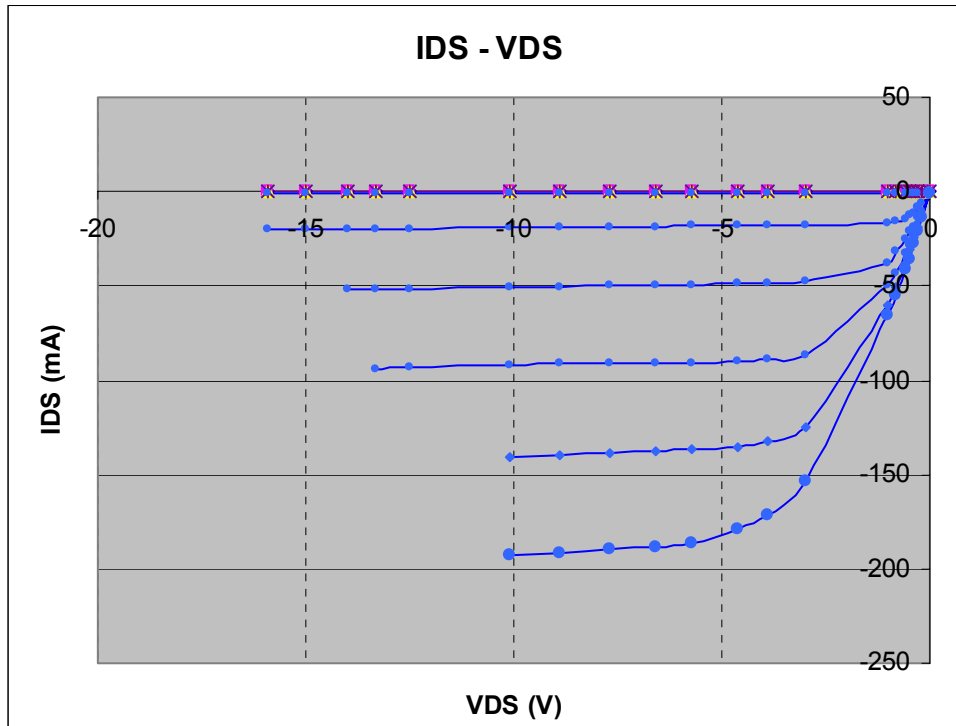
Dari kurva  $\sqrt{I_{DS}}$  diperoleh  $V_t = 0.8$  V

#### B. Transistor PMOS BS250

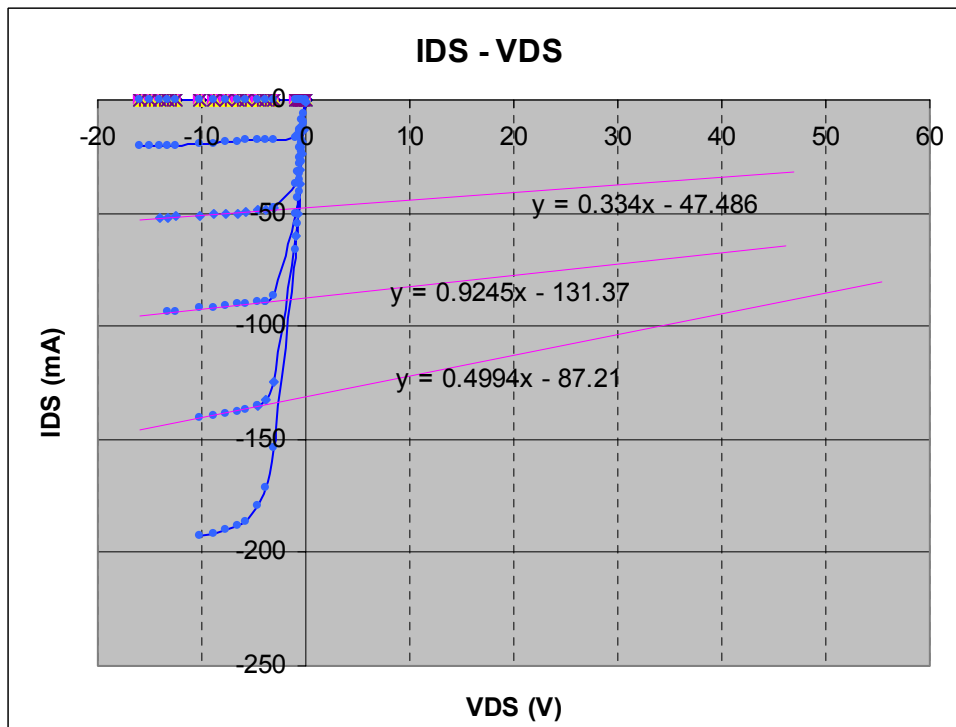
Hasil pemilihan 21 data :

$I_{DS}(mA)$	VGS (V)											
	0	-0.5	-1	-1.5	-2	-2.5	-3	-3.5	-4	-4.5	-5	
-15.9	-0.001	-0.001	-0.001	-0.002	-0.001	-0.413	-20					
-15	-0.002	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.412	-20					
-14	-0.001	-0.002	0	-0.002	-0.002	-0.41	-20	-52				
-13.3	-0.001	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.41	-20	-52	-94			
-12.5	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.001	-0.409	-20	-51.5	-93.5			
-10.1	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	-0.002	-0.406	-19	-51	-92	-140.5	192.5	-
-8.9	-0.001	-0.002	-0.001	-0.002	-0.002	-0.405	-19	-50.5	-91.5	-139.5	191.5	-
-7.7	-0.002	-0.002	-0.001	-0.002	-0.001	-0.404	-18.5	-50	-91	-138.5	-190	-
-6.6	0	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	-0.403	-18.5	-50	-90.5	-138	-188	-
-5.7	-0.001	-0.002	-0.001	-0.002	-0.001	-0.402	-18	-49.5	-90.5	-137	-186	-
-4.6	-0.001	-0.002	-0.001	-0.002	-0.002	-0.401	-18	-49	-89.5	-135	179.5	-
-3.9	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.402	-17.5	-49	-89	-132.5	171.5	-
-3	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	-0.4	-17.5	-48	-87	-124.5	153.5	-
-1	-0.001	-0.002	-0.002	-0.001	-0.002	-0.399	-16.5	-37.5	-50	-60.5	-66	-
-0.8	-0.001	-0.002	-0.001	-0.002	-0.002	-0.398	-16	-31.5	-43	-50.5	-55	-
-0.6	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.397	-14.5	-25.5	-33	-37.5	-41	-
-0.5	-0.002	-0.002	-0.001	-0.002	-0.002	-0.397	-13	-21	-28.5	-31	-35.5	-
-0.4	-0.002	-0.001	-0.001	-0.001	-0.002	-0.395	-12	-19	-23	-24	-27.5	-
-0.3	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.392	-8.5	-14	-17.5	-18.5	-21.5	-
-0.2	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001		-6.5	-10	-10.5	-13.5	-13.5	-
0	0	0	0	0	0	-0.001	-1	-1	-1	-1	-1	-

## 1. Plot $I_{DS}-V_{DS}$



## 2. Tegangan Early dan Efek Modulasi Panjang Kanal



Dari persamaan garis singgung kurva  $I_{DS} - V_{DS}$  di daerah saturasi diperoleh :

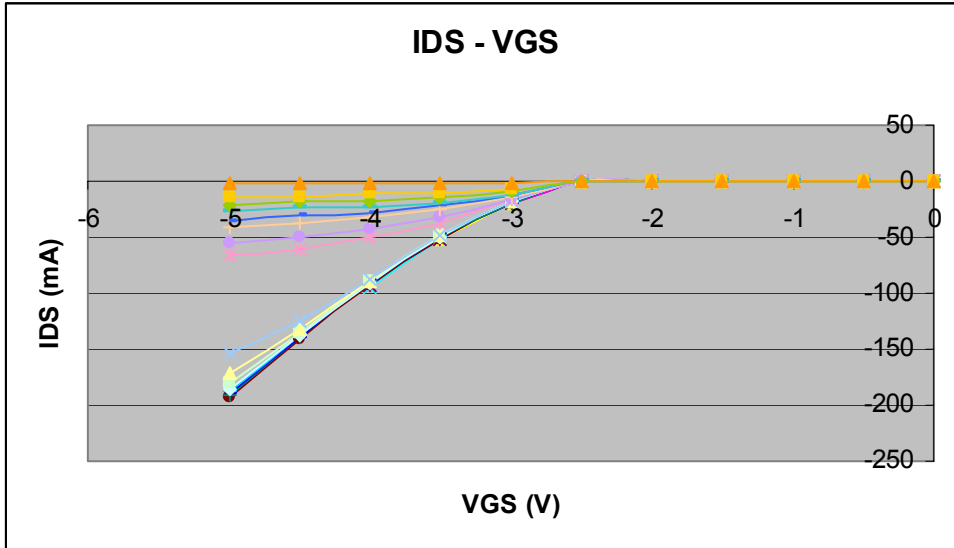
$V_{GS}$ (V)	$V_A$ (V)	$\lambda$
-3.5	-142.174	-0.00703



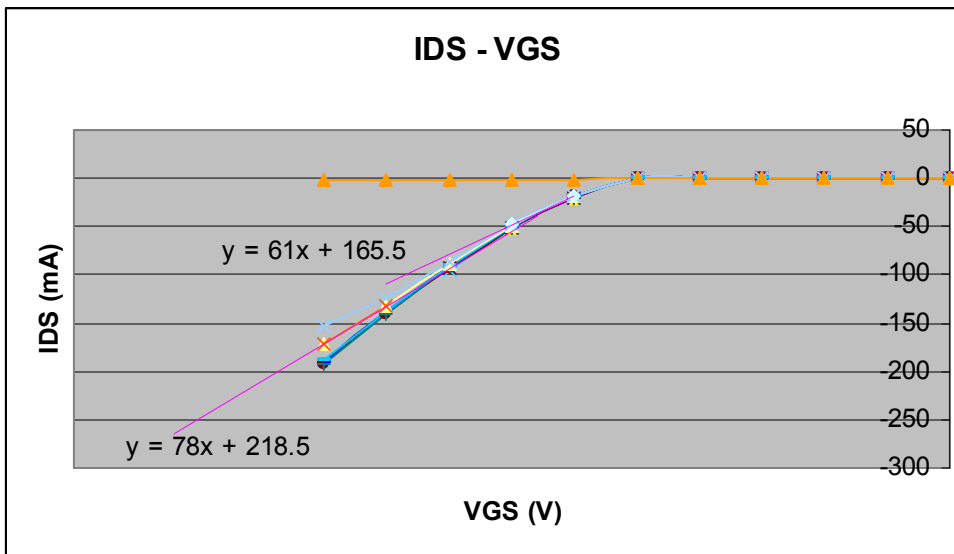
-4	-142.098	-0.00704
-4.5	-174.63	-0.00573

### 3. Plot $I_{DS}-V_{GS}$

Dengan  $V_{DS}$  sebagai parameter berikut kurva  $I_{DS}-V_{GS}$

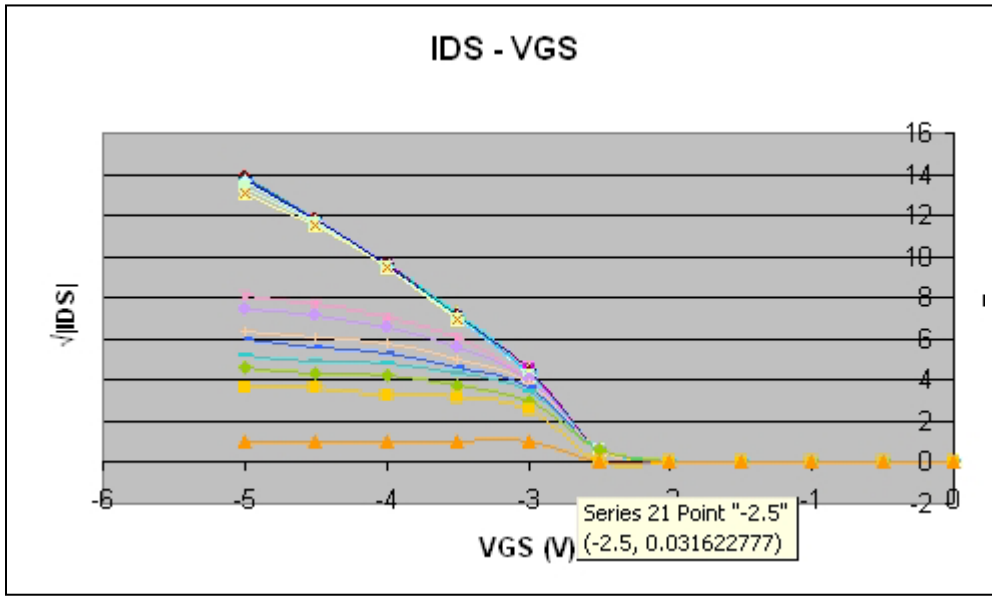


### 4. Nilai Transkonduktansi



$g_m$	$V_{DS}$ (V)	
$V_{GS}$ (V)	-3.9	-3
-4.5	78	
-3.5		61

## 5. Tegangan *Threshold*



Dari kurva  $\sqrt{|I_{DS}|}$  diperoleh  $V_t = 2.5$  V

## II. Analisis

Mengenai pembulatan dan pemilihan *step* sudah cukup jelas di atas, dengan pemilihan yang hati-hati hasil perhitungan dapat cukup kecil *error*-nya. Lagipula pada aplikasinya parameter-parameter di atas pun akan diambil modelnya lagi atau bahkan dalam banyak kasus hanya digunakan perhitungan (*scratch*) dengan gambaran mental saja.

Model yang adapun menggunakan suatu *region* yang kecil sehingga dapat dianggap linear (hanya operasi  $+$ ,  $-$ ,  $*$ ,  $/$ ) atau dikenal sebagai model sinyal kecil yang menggunakan daerah kecil kurva di sekitar titik *quiescent* yang diperoleh lewat *biasing*.

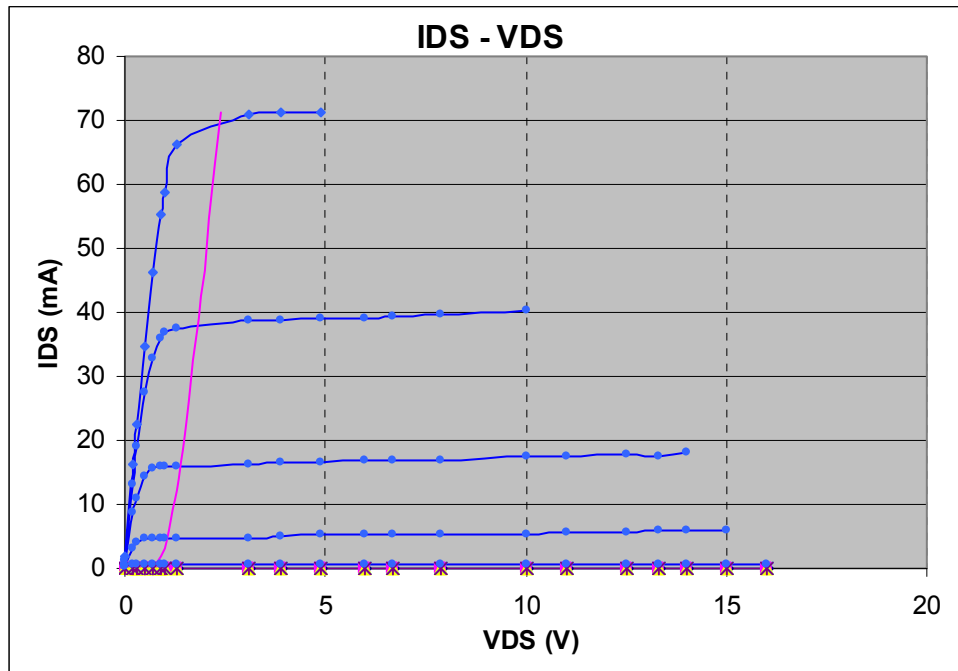
Adapun untuk level devais ekstraksi di atas cukup representatif.

Batas- batas mode kerja untuk transistor MOS adalah

$$v_{GS} \geq V_t \quad (\text{induced channel})$$

$$v_{DS} \geq v_{GS} - V_t \quad (\text{pinched-off channel}) \rightarrow \text{saturasi}$$

sehingga kurva di bawah dapat diberi *boundary*  $v_{DS} = v_{GS} - V_t$  dengan daerah triode



Untuk kurva  $I_{DS}-V_{GS}$  di daerah saturasi dapat dimodelkan dalam bentuk kuadratis

$$i_D = K(v_{GS} - V_t)^2$$

sedangkan efek modulasi panjang kanal dapat disertakan sebagai :

$$i_D = K(v_{GS} - V_t)^2 (1 + \lambda v_{DS})$$

terlihat bahwa  $V_t$  merupakan nilai pergeseran kurva kuadratis tersebut dari titik (0,0). Sedangkan nilai  $\lambda$  diperoleh dari tegangan Early kurva saturasi  $I_{DS}-V_{DS}$  di atas. Munculnya kemiringan tersebut mengakibatkan suatu *finite resistance* pada terminal D-S yaitu  $r_o \approx (\lambda I_D)^{-1}$ .

Nilai transkonduktansi dapat didefinisikan sebagai gradien kurva  $I_{DS}-V_{GS}$  pada titik kerja ( $V_{GS}$  konstan) :

$$g_m = \left. \frac{\partial i_D}{\partial v_{GS}} \right|_{v_{GS}=V_{GS}}$$

### III. Kesimpulan

1. Tegangan Early untuk model transistor PMOS adalah negatif, sedangkan untuk NMOS adalah positif. Efeknya adalah munculnya karakter resistansi pada terminal D-S yang memberikan andil bagi disipasi daya pada transistor ( $P_{\text{disipasi}} = I^2 R$ ).
2. Transistor FET sebagai penguat bekerja pada daerah saturasi (linear).