

SIMULASI PENGUATAN SINYAL PADA TWTA SATELIT GEOSTASIONER

M. Feriansyah, NIM L2F398318
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Abstrak

Kanal satelit memiliki 4 elemen dasar yaitu sistem pemancar, lintasan up / down link, sistem satelit, dan sistem penerima. Pada sistem satelit terdapat penguat sinyal yang disebut TWTA (*Travelling Wave Tube Amplifier*). TWTA ini dapat bekerja pada daerah linear atau tidak linear, dan fungsinya menguatkan sinyal yang akan dipancarkan ke stasiun bumi.

Pada tugas akhir ini akan dibahas pengaruh penguatan TWTA terhadap unjuk kerja satelit dan pengolahan sinyal yang melalui kanal satelit. Tinjauan pengaruh penguatan TWTA didasarkan pada perubahan nilai IBO (*Input Back Off*). Pada kenyataannya TWTA dapat di setup untuk bekerja pada daerah linear atau tidak linear tergantung dari pemilihan IBO, tetapi pada dasarnya TWTA dioperasikan dibawah titik jenuhnya, hal ini dilakukan agar level interferensi intermodulasi yang timbul tidak melebihi yang diperbolehkan.

Berdasarkan hasil simulasi diperoleh bahwa dengan memberikan variasi masukan IBO dari 1 dB sampai dengan 10 dB maka dapat diketahui bahwa perubahan titik kerja TWTA satelit dari tidak linear ke daerah linear terjadi pada kondisi IBO sebesar 7 dB, hal ini ditandai dengan adanya perubahan amplitudo dari 2,3 V naik menjadi 5 V. Dari hasil pengukuran BER (*Bit Error Rate*) yaitu pada kondisi IBO sebesar 1 dB sampai dengan 6 dB, BER -nya sebesar $1,42 \cdot 10^{-6}$ sedangkan pada kondisi IBO sebesar 7 dB hasil pengukuran BER-nya sebesar $2,25 \cdot 10^{-7}$. Sehingga dapat diketahui bahwa TWTA satelit yang bekerja pada daerah linear mempunyai tingkat kesalahan yang lebih kecil dari pada TWTA satelit yang bekerja pada daerah tidak linear, dan pada kondisi IBO sebesar 7 dB TWTA satelit menghasilkan unjuk kerja tertinggi.

I. PENDAHULUAN

Secara umum satelit digunakan sebagai sarana untuk meneruskan sinyal yang berasal dari stasiun pengirim ke stasiun penerima, atau dengan kata lain satelit merupakan pengganti stasiun *relay* di permukaan bumi. Namun berbeda dengan stasiun *relay* dipermukaan bumi yang tergantung pada kondisi geografis seperti lengkung bumi, pegunungan, bukit, dan bangunan yang dapat menghambat, menghalangi atau memantulkan sinyal yang berasal dari stasiun pengirim, satelit dapat menjangkau suatu wilayah tertentu tanpa tergantung pada kondisi geografis wilayah tersebut.

Masalah lain dalam pengoperasian sistem komunikasi satelit adalah terjadinya intermodulasi akibat penguatan seluruh pembawa oleh TWTA (*Travelling Wave Tube Amplifier*) transponder satelit dengan karakteristik alih amplitudo dan fasa yang tidak linear. Dengan jumlah pembawa yang semakin banyak TWTA perlu dioperasikan dibawah keadaan saturasi agar tersedia daya yang cukup bagi setiap pembawa untuk mengurangi pengaruh derau pada lintasan turun. Pada keadaan saturasi, karakteristik alih amplitudo masukan atau keluaran TWTA sangat tidak linear, sehingga intermodulasi yang terjadi akan semakin besar dan mempengaruhi kinerja secara keseluruhan. Untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan peningkatan daya keluaran TWTA dalam perancangan penguat sehingga dapat dilakukan *back off* yang cukup dari kondisi saturasi untuk mengurangi pengaruh intermodulasi.[3]

1.2 Tujuan

1. Memvisualisasikan pengolahan sinyal yang melalui kanal satelit.
2. Mengetahui batas titik kerja TWTA (*Travelling Wave Tube Amplifier*) satelit antara linear dan tidak linear dengan cara memvariasi masukan IBO (*Input Back Off*), kemudian mencari kondisi IBO yang tepat sehingga satelit mempunyai unjuk kerja yang tertinggi.

3. Mengukur BER (*Bit Error Rate*) sinyal yang melalui kanal satelit pada kondisi IBO yang bervariasi.

1.3 Pembatasan Masalah

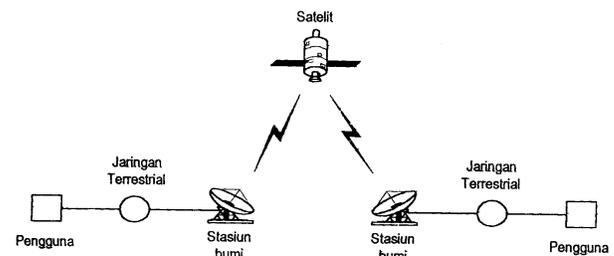
Dalam penyusunan tugas akhir ini ada beberapa batasan masalah antara lain :

1. Simulasi dilakukan dalam bentuk sebuah perangkat lunak dengan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB versi 5.3 melalui fasilitas GUI.
2. Menggunakan modulasi QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*) dan keluaran sinyal yang disimulasikan dalam bentuk sinyal *In-Phase* dan *Q-Phase*.
3. Masukan jumlah bit data yang dikirim adalah 128, 256, 512 dan 1028 bit. Variasi IBO yang diberikan mulai dari 1 dB sampai dengan 10 dB.
4. Pensimulasian dilakukan hanya pada satu kanal transmisi sinyal informasi dan menggunakan pemodelan diagram sistem komunikasi satelit.
5. Pada uplink dan downlink dimodelkan sebagai kanal AWGN (*Adaptive White Gaussian Noise*) dan filter yang digunakan adalah *filter raised cosine*.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Gambaran Umum Sistem Komunikasi Satelit

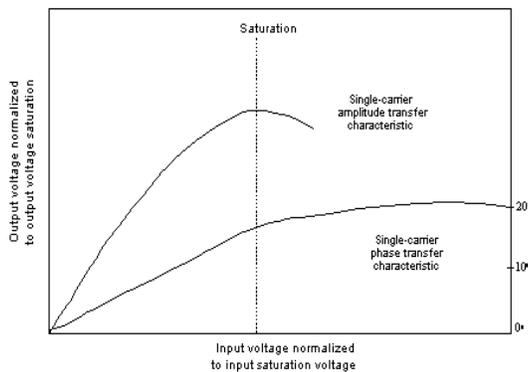
Pada dasarnya sistem satelit terdiri dari sebuah satelit ruang angkasa yang berhubungan dengan beberapa stasiun di bumi dan secara skematis digambarkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Konfigurasi Sistem Komunikasi Satelit

Pengguna membangkitkan sinyal bidang dasar (*baseband*) yang dikirim ke stasiun bumi melalui jaringan teresterial. Jaringan teresterial dapat juga berupa hubungan telepon atau hubungan langsung ke stasiun bumi. Pada stasiun bumi sinyal bidang dasar diproses dan dikirim dengan teknik pembawa (*carrier*) frekuensi radio (RF) termodulasi ke satelit. Satelit dapat diasumsikan sebagai *relay* diruang angkasa yang menerima sinyal pembawa termodulasi dari semua stasiun bumi dalam jaringan atau yang disebut kait naik (*uplink*) dan kemudian sinyal pembawa ini diperkuat dan dikirim kembali ke bumi disebut kait turun (*downlink*). Untuk menghindari interferensi, frekuensi *uplink* berbeda dengan frekuensi *downlink*. Stasiun bumi penerima mengolah sinyal *downlink* menjadi sinyal bidang dasar (*baseband*) yang kemudian dikirim ke pengguna melalui jaringan teresterial.

Pada sistem FDMA, tiap frekuensi pembawa dapat memakai modulasi analog seperti modulasi frekuensi atau modulasi digital, seperti *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK) yang umum digunakan dalam komunikasi satelit. Frekuensi pembawa yang terjadi karena penguatan beberapa frekuensi pembawa dalam satu transponder, menjadikan TWTA perlu beroperasi mendekati saturasi agar dapat menyediakan daya per-*carrier* yang cukup untuk mengurangi efek derau dalam komunikasi satelit. Saat dekat dengan saturasi, karakteristik I/O pada TWTA jadi tidak linear seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar. Karakteristik alih amplitud dan fase pada TWTA

Sebagai akibat bertambahnya jumlah frekuensi pembawa maka ada penurunan pada unjuk kerja komunikasi satelit secara keseluruhan dalam istilah perancangan ampifier, tingkat daya *output* TWTA harus dinaikkan untuk dapat di *back off* dari saturasi untuk mengurangi efek intermodulasi. Pada saat bersamaan TWTA harus menyediakan daya transmisi yang mencukupi untuk tiap frekuensi pembawa, maka dikenal istilah *Input Back Off* (IBO) yang dari TWTA dalam dB.

2.2.1 Input Back Off (IBO)

Satelit pada prinsipnya adalah stasiun pengulang tetapi bukanlah sembarang pengulang, melainkan stasiun pengulang yang mempunyai hubungan yang linear antara input dan output pada setiap transpondernya. Hubungan yang linear ini diperlukan karena transponder satelit memang

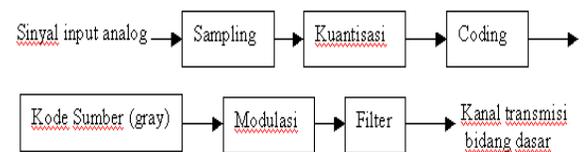
direncanakan untuk bekerja dengan banyak pembawa. Apabila hubungan tersebut tidak linear maka akan terjadi interferensi intermodulasi yang dapat menurunkan kualitas hubungan satelit.

Hubungan input dan output yang betul-betul linear tidaklah ada. Seperti terlihat pada gambar, daerah mendekati titik jenuh suatu transponder tidaklah linear. Sehingga bila bekerja dengan banyak pembawa pada umumnya transponder dibuat bekerja dibawah titik jenuhnya. Hal ini dilakukan agar level interferensi intermodulasi yang timbul tidak melebihi yang diperbolehkan, maka pada stasiun bumi yang menampung lebih dari satu pembawa penguat dayanya harus di '*back off*'. Seberapa jauh input penguat dimundurkan kekiri menjauhi titik jenuh disebut *Input Back Off* (IBO).

2.3 Modulasi Baseband

Modulasi yang dipergunakan adalah jenis modulasi *baseband* (bidang dasar), pada intinya untuk mengurangi jumlah sampling yang harus diolah, maka sebuah sistem *bandpass* harus diubah ke model bidang dasar. Dengan demikian tidak lagi harus melakukan sampling, yang biasanya akan diolah oleh bagian RF tetapi akan berhubungan langsung dengan sinyal atau bit.

Transmisi bidang dasar digambarkan sebagai berikut :



Gambar Diagram transmisi bidang dasar

2.4 Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)

Pada komunikasi satelit modulasi digital yang paling umum digunakan adalah *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK). Modulasi QPSK memiliki empat simbol yang mempunyai amplitud sama dengan fase yang berlainan. Keempat simbol tersebut dibentuk dari group dua bit input sehingga diperoleh empat kondisi input yang mungkin yaitu 00, 01, 10 dan 11. Setiap bit menghasilkan satu dari empat fase yang mungkin, sehingga *rate* keluarannya adalah setengah dari *bit rate input*.

2.6 Pengukuran Bit Error Rate (BER)

Unjuk kerja sistem komunikasi satelit dapat ditentukan dari tingkat kesalahannya, dimana dengan nilai BER yang semakin kecil maka akan menggambarkan performen sistem yang baik.

Untuk mengukur banyaknya kesalahan bit suatu sistem satelit ini dengan cara membandingkan antara data sinyal yang dikirim dengan data sinyal yang diterima.

III. PERANCANGAN

3.1 Parameter Dalam Simulasi :

Unjuk kerja dari simulasi ini adalah dengan mengamati bentuk sinyal dengan mengubah-ubah *input back off* (IBO) yang berarti dapat menseset-up TWTA pada daerah linear atau tidak linear dan mengukur *error* sinyal digital QPSK melalui kanal satelit pada kondisi IBO yang bervariasi.

Parameter-parameternya adalah

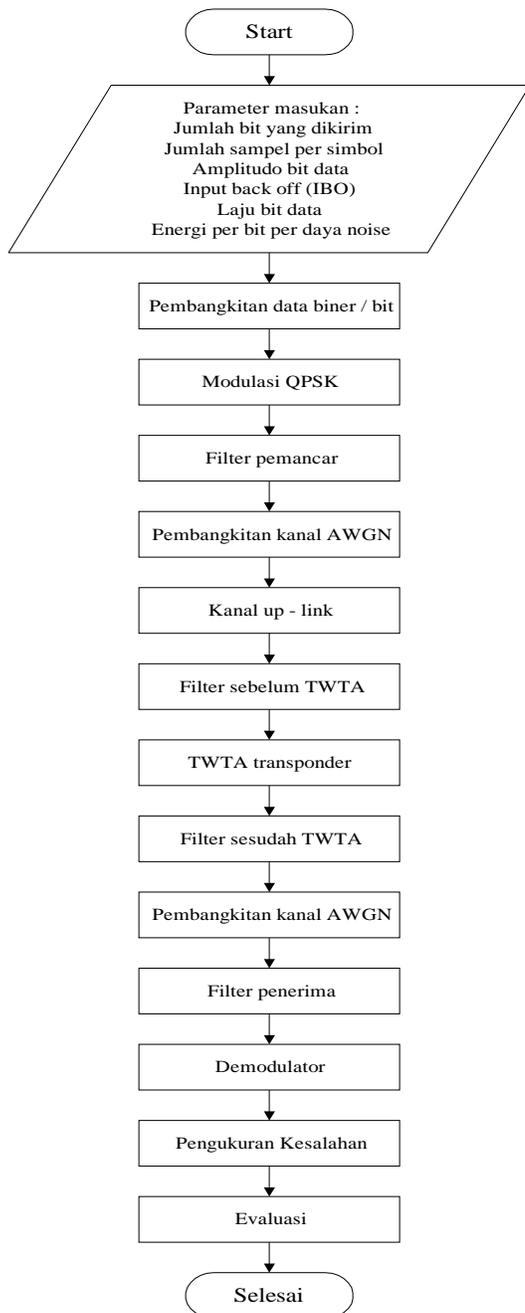
- a. Jumlah data / bit yang dikirimkan : 128, 256, 512 dan 1024 bit
- b. Laju bit data : 2 Mbps
- c. Amplitudo bit data : 1 V
- d. Input back off (IBO) : 1 dB sampai dengan 10 dB
- e. Energi per bit per daya noise (E_b/N_0) : 10 dB

3.2 Proses Simulasi

Dalam melakukan proses simulasi ini, menggunakan komputer dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Komputer Pentium III 450 MHz
- RAM 64 MB
- Hardisk 7.5 GB
- Program Matlab Versi 5.3

3.3 Diagram Alir Utama



IV. HASIL SIMULASI DAN ANALISA

4.1 Tampilan Utama Program

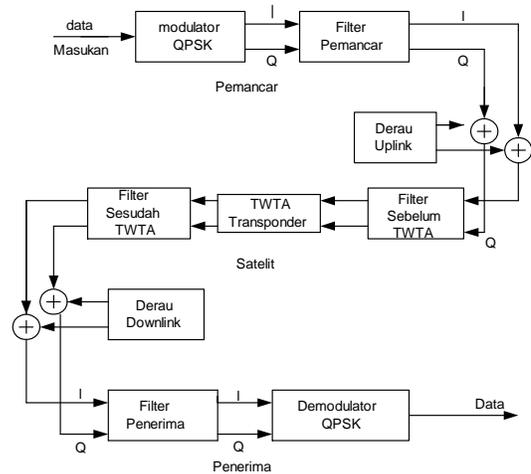
Pada tampilan utama program ini, menampilkan beberapa parameter yang harus diisikan, seperti ditunjukkan pada gambar 4.1 dibawah ini :



Gambar 4.1 Tampilan utama program

4.2 Pemodelan Sistem Komunikasi Satelit

Pada gambar 4.2 menunjukkan pemodelan diagram simulasi sistem komunikasi satelit.



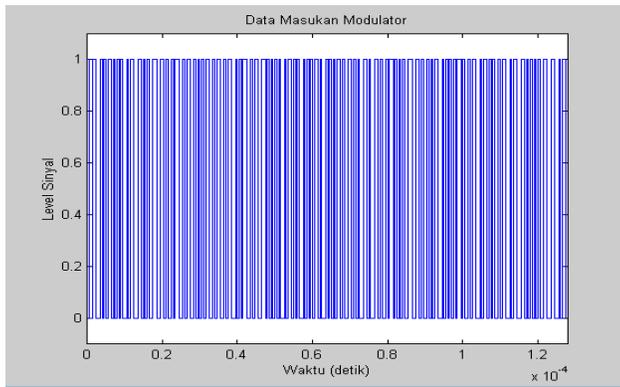
Gambar 4.2 Pemodelan diagram sistem komunikasi satelit

Dari bentuk pemodelan diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

4.3 Pemancar

4.3.1 Bit Masukan Biner

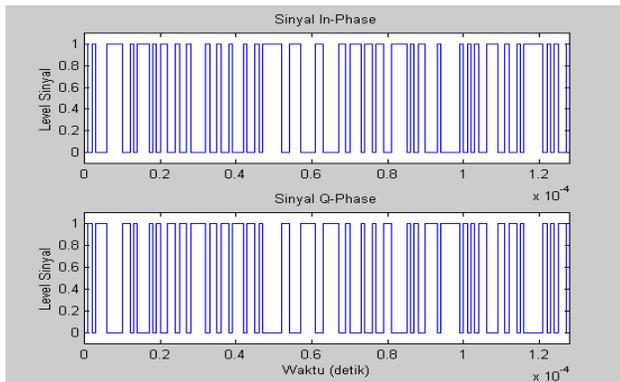
Sebagai masukan dalam model simulasi ini dipergunakan bit-bit hasil dari pembangkitan secara acak dari matlab dengan menggunakan fungsi *randint*. Bit yang keluar dari blok ini membentuk sinyal NRZ dengan amplitude +1V untuk bit '1' dan -1V untuk bit '0' yang memiliki lebar pulsa yang sama disebut periode bit T_b (*time bit*) yang tidak bergantung dengan teknik modulasi yang dipergunakan melainkan pada kecepatan bit r_b (*bit rate*), dimana dasarnya satu per *bit rate* ($1/r_b$). Dalam program ini bit masukan disimulasikan sebagai sinyal digital dengan laju bit adalah 2 Mbps. Dengan laju bit tersebut maka bit masukan mempunyai lebar bit 0,5 μs . Selanjutnya ditunjukkan pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Sinyal bit masukan modulator QPSK

4.3.2 Modulator QPSK

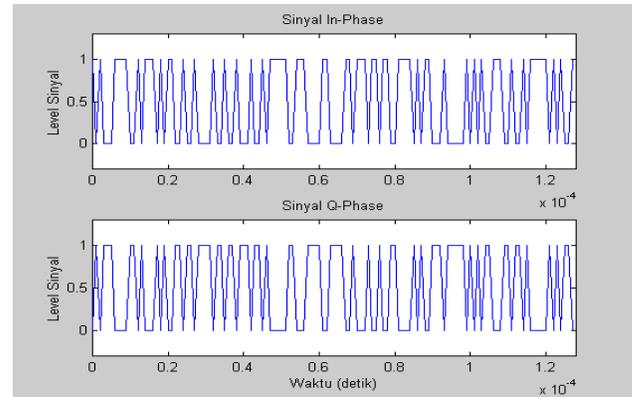
Sinyal informasi yang akan dimodulasi, akan dimasukkan ke blok pemisah dengan mengacu pada pemetaan bit pada tabel 2.1 yang merupakan dasar dari proses modulasi *baseband* QPSK. Pada blok ini sinyal informasi akan dipisahkan menjadi dua kanal yaitu kanal I dan kanal Q. Bit pertama akan dicabangkan ke kanal I, bit kedua dicabangkan ke kanal Q, bit ke tiga dicabangkan ke kanal I, demikian seterusnya. Dengan adanya percabangan ini, maka laju bit sinyal informasi pada masing-masing cabang akan berkurang menjadi setengahnya, sehingga apabila laju bit sebelum masuk modulator QPSK adalah 2 Mbps maka laju bit keluaran modulator QPSK menjadi 1 Mbps. Besarnya laju bit yang berubah pada masing-masing cabang akan mengakibatkan besarnya lebar pulsa pada tiap cabang akan berubah pula menjadi dua kalinya, yaitu 1 μ s. Keluaran blok pemisah modulasi QPSK dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Keluaran blok pemisah pada modulasi QPSK

4.3.3 Filter Pemancar

Pada blok ini filter yang digunakan adalah *Filter Raised Cosine*, filter ini hanya menghilangkan frekuensi diatas frekuensi filter. Hal ini dapat dilihat gambar tanggapan frekuensi pada gambar 3.2 dan untuk tanggapan waktu pada gambar 3.3. Pada gambar 4.5 menunjukkan bahwa dimana sinyal memiliki amplitude yang lebih tinggi, keluaran filter ini juga digambarkan dalam dua kanal yaitu kanal I dan kanal Q seperti pada hasil dari modulator. Pada gambar bentuk sinyal terjadi perubahan dari sinyal persegi, hal ini dikarenakan sinyal persegi yang disampling sebanyak 16, jadi bentuk sinyal keluaran filter mendekati sinyal sinus.

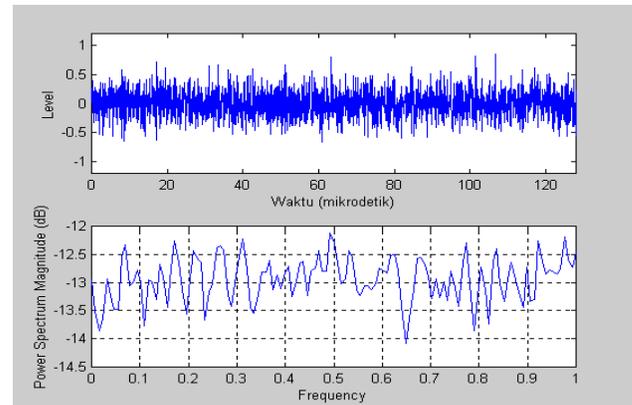


Gambar 4.5 Keluaran Modulator yang sudah di Filter

4.4 Derau Up / Down Link

Pada blok ini derau yang digunakan adalah *Noise Gaussian*, pengertian derau (*noise*) selalu di gambarkan sebagai sinyal yang mengganggu sistem elektrik. Sehingga akan mengakibatkan penurunan kinerja sistem. Secara teori derau kanal sering dimodelkan sebagai derau gaussian yang memiliki fungsi kerapatan probabilitasnya terdistribusi secara normal dan dalam simulasi ini diasumsikan kanal adalah kanal ideal yang dibangkitkan melalui penjumlahan derau (*noise*) gaussian dengan sinyal yang ditransmisikan.

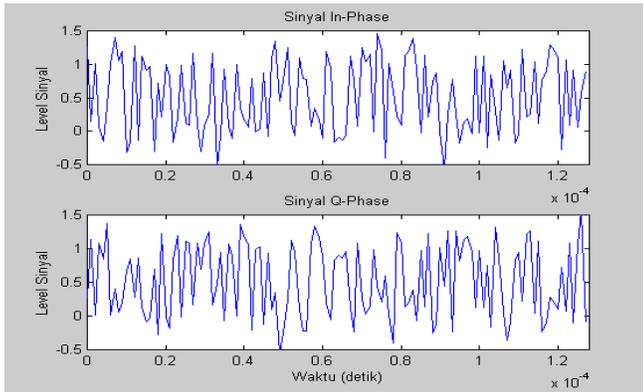
Secara simulasi, derau ini dibangkitkan dengan menggunakan fungsi *randn*. Sedangkan untuk daya atau varian dari derau gaussian dibangkitkan sebesar $No/2$ watt/Hz dan besarnya untuk mean derau tersebut adalah nol. Selanjutnya dapat ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 4.6 Derau (noise) AWGN

4.5 Derau Uplink

Keluaran kanal uplink ini merupakan hasil dari keluaran filter pemancar ditambah dengan derau AWGN, sehingga nampak bahwa sinyal dipenuhi oleh derau, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.7 dibawah ini.

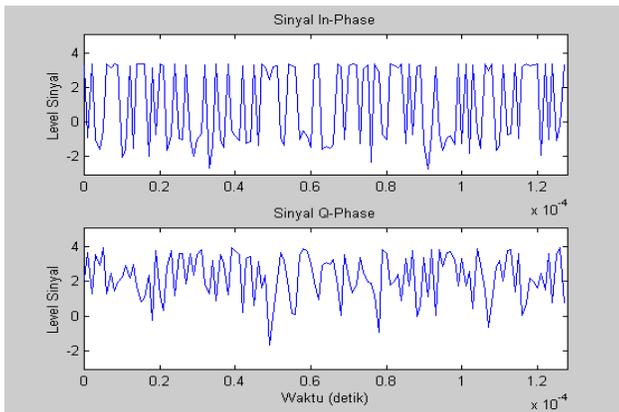


Gambar 4.7 Keluaran kanal uplink

4.6 Satelit

4.6.1 Filter Sebelum TWTA

Sebelum masuk TWTA sinyal di filter terlebih dahulu dengan tujuan untuk menghilangkan derau, sehingga pada saat terjadi penguatan di TWTA sinyal tidak tercampur oleh derau, hal ini dapat dilihat pada gambar 4.8



Gambar 4.8 Keluaran Filter Sebelum TWTA

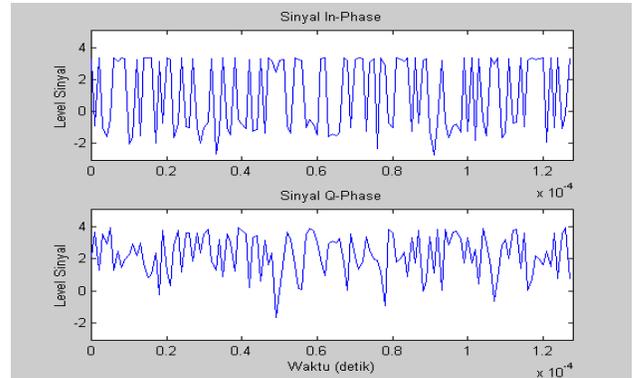
4.6.2 TWTA Transponder

Pada proses TWTA ini jika kita perhatikan tepatnya kondisi IBO (*Input Back Off*) sebesar 1 dB sampai dengan 6 dB sinyal belum mengalami perubahan yang berarti, meskipun terlihat amplitude sinyal sedikit semakin turun karena sedang mengalami proses perpindahan titik kerja suatu penguat tidak linear menuju ke linear dari karakteristik alih amplitude, pada kondisi ini TWTA masih bekerja pada daerah tidak linear, akan tetapi pada kondisi IBO sebesar 7 dB sinyal mengalami perubahan pada amplitude. Besarnya perubahan tersebut adalah dari 2,3 V (kondisi tidak linear) menjadi 5 V ini menunjukkan bahwa TWTA telah berubah bekerja pada daerah linear.

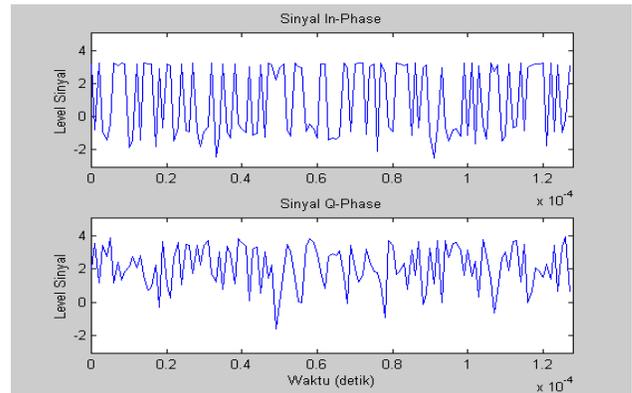
TWTA mengalami perubahan titik kerja pada kondisi IBO sebesar 7 dB, ini ditandai dengan bertambahnya amplitude sinyal, dimana dengan kondisi tersebut menunjukkan bahwa TWTA menghasilkan unjuk kerja tertinggi, karena TWTA tepat bekerja dibawah titik jenuh.

Pada kondisi IBO sebesar 8 dB sampai 10 dB terlihat bahwa amplitude sinyal sedikit semakin menurun ini di sebabkan TWTA bekerja menjauhi titik jenuh, jadi semakin menjauhi titik jenuh kualitas sinyal akan semakin menurun dan dapat mengurangi unjuk kerja satelit.

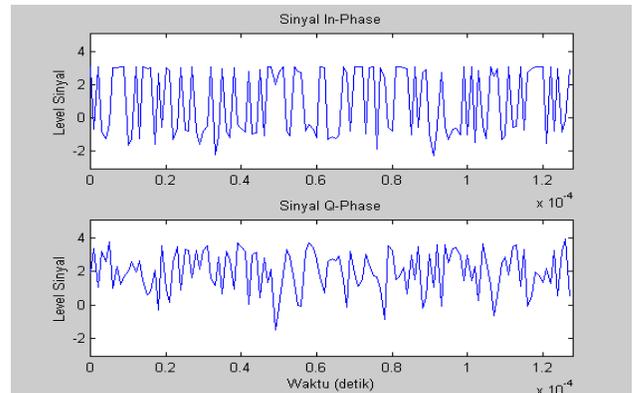
Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.9 sampai dengan 4.18.



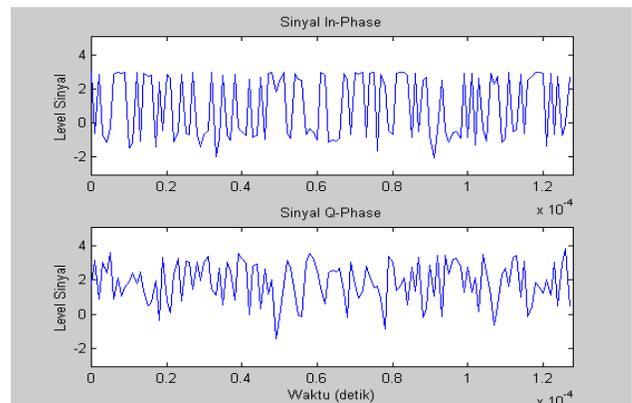
Gambar 4.9 Keluaran TWTA pada kondisi IBO = 1 dB



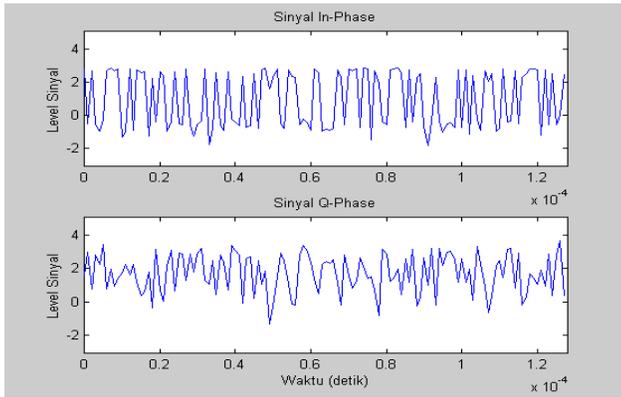
Gambar 4.10 Keluaran TWTA pada kondisi IBO = 2 dB



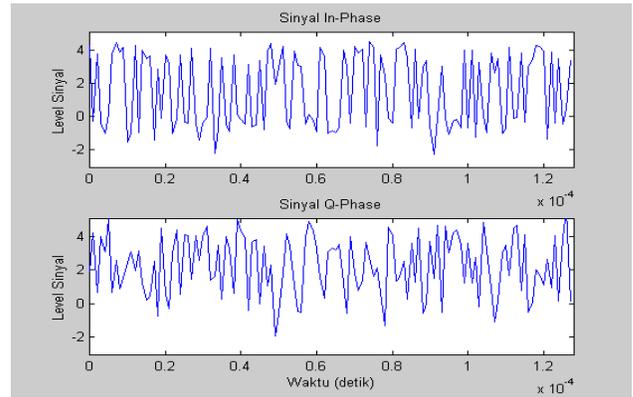
Gambar 4.11 Keluaran TWTA pada kondisi IBO = 3 dB



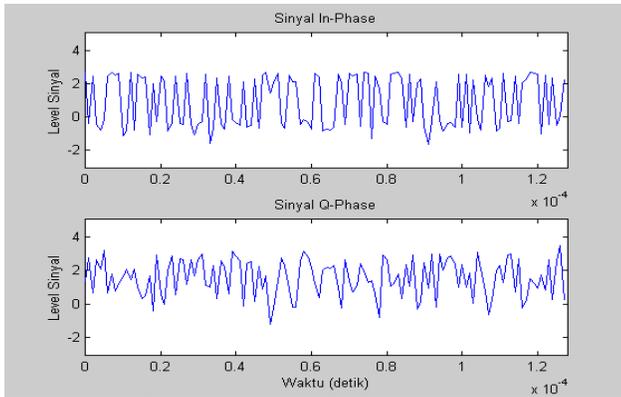
Gambar 4.12 Keluaran TWTA pada kondisi IBO = 4 dB



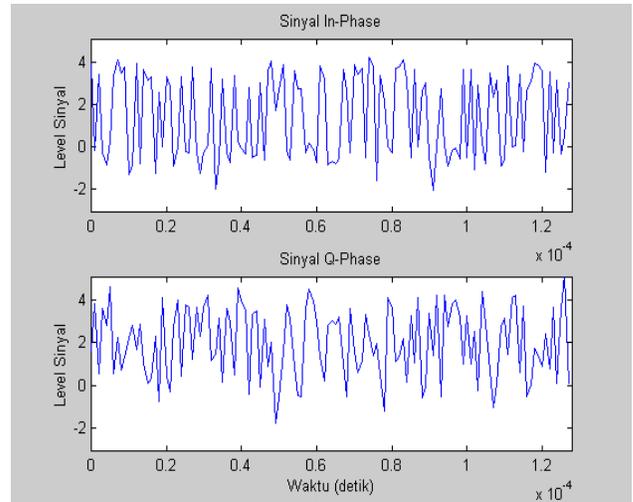
Gambar 4.13 Keluaran TWTA pada kondisi IBO = 5 dB



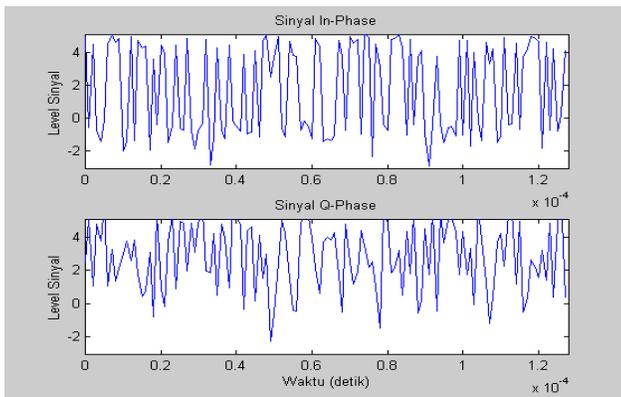
Gambar 4.17 Keluaran TWTA pada kondisi IBO = 9 dB



Gambar 4.14 Keluaran TWTA pada kondisi IBO = 6 dB



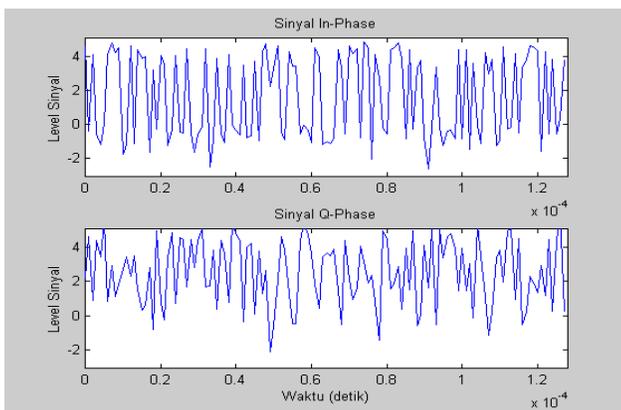
Gambar 4.18 Keluaran TWTA pada kondisi IBO = 10 dB



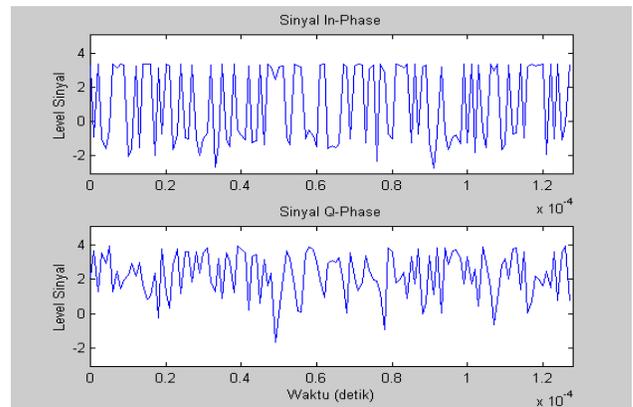
Gambar 4.15 Keluaran TWTA pada kondisi IBO = 7 dB

4.6.3 Filter Sesudah TWTA

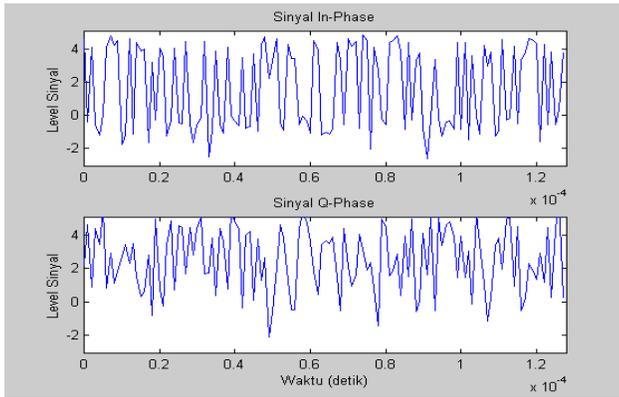
Dari gambar 4.19a dan 4.19b terlihat bahwa ada perubahan pada sinyal keluaran dari TWTA transponder yaitu amplitudanya meningkat, ini terjadi karena ada penguatan dari TWTA. Setelah sinyal tersebut dikuatkan, sinyal di filter dengan tujuan mengubah sinyal menjadi analog agar siap untuk dipancarkan lagi.



Gambar 4.16 Keluaran TWTA pada kondisi IBO = 8 dB



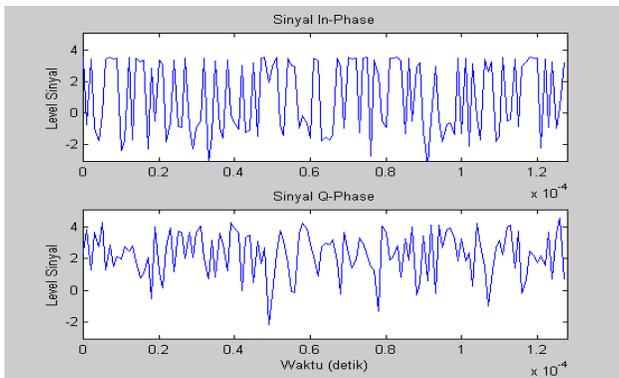
Gambar 4.19a Keluaran Filter sesudah TWTA pada IBO=1 (tidak linear)



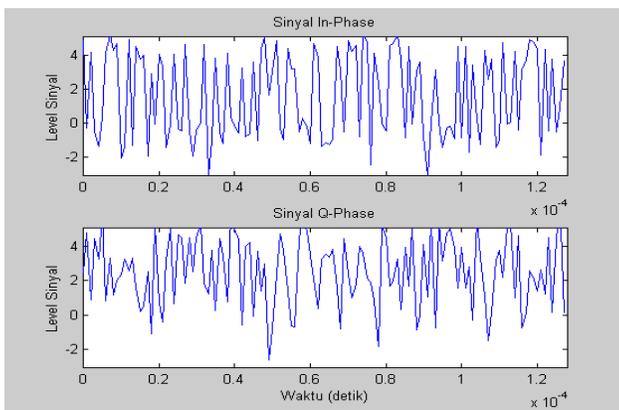
Gambar 4.19b Keluaran Filter sesudah TWTA pada IBO=7 (linear)

4.7 Derau Down Link

Setelah sinyal keluar dari kanal filter sesudah TWTA, sinyal tersebut siap untuk dipancarkan lagi ke stasiun bumi dibawah (down link) namun sinyal tersebut bertambah oleh derau sehingga ketika sinyal sebelum sampai di stasiun penerima harus di filter terlebih dahulu. Sinyal yang bertambah oleh derau selanjutnya ditunjukkan pada gambar 4.20a dan 4.20b, sebagai perbandingan disini ditampilkan dua kondisi yaitu linear dan tidak linear.



Gambar 4.20a Keluaran kanal down link pada IBO=1 (tidak linear)



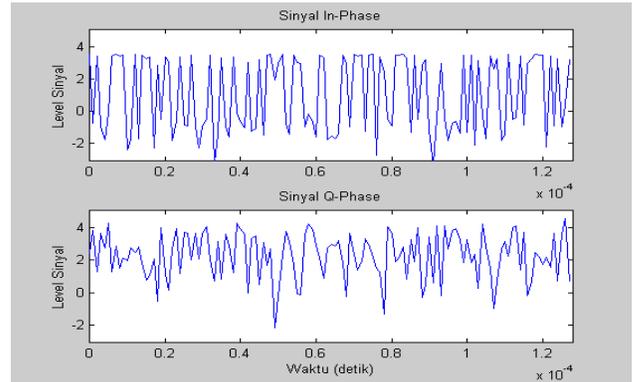
Gambar 4.20b Keluaran kanal down link pada IBO=7 (linear)

4.8 Penerima

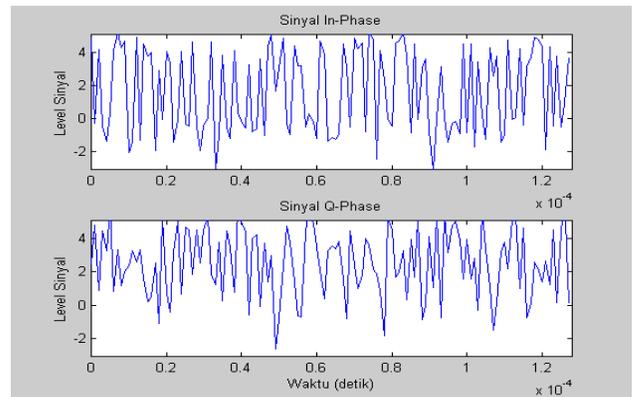
4.8.1 Filter Raised Cosine Penerima

Pemakaian filter sebelum di demodulasi memiliki prinsip yang sama halnya pada filter sesudah modulator.

Bedanya masukan dari filter ini merupakan sinyal yang mengandung derau dan memiliki amplitude yang besar. Dengan adanya derau akan berakibat terjadinya perubahan amplitude. Gambar 4.21a dan 4.21b menggambarkan keluaran filter pada penerima. Dari gambar tersebut sangat kelihatan bahwa sinyal yang bertambah oleh derau akan hilang. Hal ini dapat dilihat pada gambar sinyal. Dimana saat sinyal yang bertambah derau pada amplitude konstan, setelah melewati filter maka sinyal tersebut seperti pada saat sebelum masuk ke kanal atau belum kena derau.



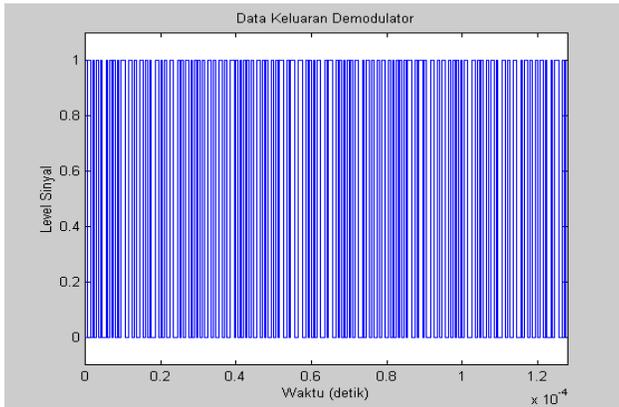
Gambar 4.21a Keluaran Filter Penerima pada IBO=1 (tidak linear)



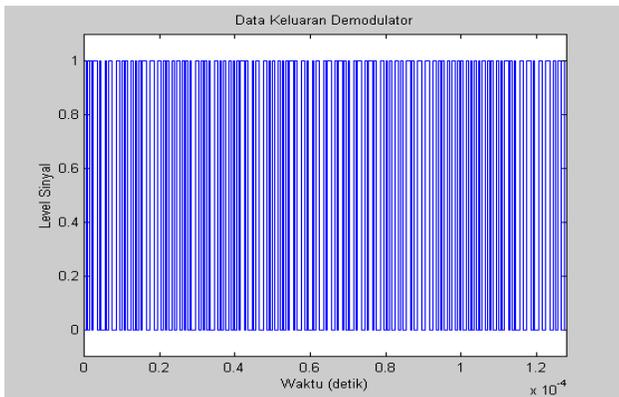
Gambar 4.21b Keluaran Filter Penerima pada IBO=7 (linear)

4.8.2 Demodulator QPSK

Sinyal yang diterima oleh penerima selanjutnya di demodulator QPSK. Proses ini merupakan kebalikan dari modulator sebelumnya dan menggunakan prinsip sama pada pemetaan level. Sinyal keluaran dari filter penerima dijadikan satu kanal simbol kembali dengan menjumlahkan bagian kanal I dan kanal Q, selanjutnya dari hasil tersebut terbentuklah sebuah sinyal. Bentuk sinyal dari keluaran demodulator ini dapat ditunjukkan pada gambar 4.22a dan 4.22b.



Gambar 4.22a Hasil Demodulator pada kondisi tidak linear



Gambar 4.22b Hasil Demodulator pada kondisi linear

4.9 Pengukuran Bit Error Rate (BER)

Untuk mengukur BER sinyal QPSK yang melalui kanal satelit pada kondisi IBO yang bervariasi, parameter-parameter yang digunakan adalah

- Jumlah bit data yang dikirim sebanyak 128 bit
- Laju bit data : 2 Mbps
- Amplitude bit data : 1 V
- Input back off (IBO) : 1 s.d. 10 dB
- Energi per bit per daya noise : 10 dB

Hasil pengukuran BER setelah melakukan *running* program sesuai pada kondisi tersebut diatas diperoleh data-data sebagai berikut seperti dalam tabel 4.1 dibawah ini :

Tabel 4.1 Pengukuran BER dengan IBO yang bervariasi.

Input Back Off (IBO)	Bit Error Rate (BER)
1	$1,27 \times 10^{-6}$
2	$1,36 \times 10^{-6}$
3	$1,42 \times 10^{-6}$
4	$1,54 \times 10^{-6}$
5	$1,66 \times 10^{-6}$
6	$1,74 \times 10^{-6}$
7	$2,25 \times 10^{-7}$
8	$2,32 \times 10^{-7}$
9	$2,41 \times 10^{-7}$
10	$2,52 \times 10^{-7}$

Berdasarkan dari tabel hasil pengukuran BER diatas dapat disimpulkan bahwa dengan memberikan nilai IBO yang semakin besar atau semakin menjauhi titik jenuh maka diperoleh BER yang semakin kecil yaitu dimulai pada kondisi IBO 7 dB BER-nya sebesar 0,0156. Dari berbagai variasi nilai IBO yang diberikan, tepatnya pada kondisi IBO sama dengan 1 dB sampai dengan 6 dB tingkat kesalahannya berubah sedikit tetapi tidak terlalu berarti yaitu berkisar 0,24 karena TWTA satelit masih bekerja pada daerah tidak linear, sedangkan pada kondisi IBO 7 dB TWTA satelit telah berpindah titik kerjanya yaitu pada daerah linear dan setelah itu tingkat kesalahannya semakin bertambah pula. Maka dengan hal ini dapat disimpulkan bahwa pada kondisi IBO 7 dB menghasilkan unjuk kerja tertinggi satelit.

Bekerjanya TWTA satelit ini tidak dipengaruhi oleh laju bit tetapi di pengaruhi oleh besarnya *input back off* yang diberikan, karena ini sangat menentukan unjuk kerja satelit.

V. Penutup

5.1 Kesimpulan

- Perubahan titik kerja TWTA satelit terjadi pada kondisi IBO sebesar 7 dB, yang ditandai dengan perubahan amplitude sinyal dari 2,3 V menjadi 5V.
- Pada kondisi IBO sebesar 1 dB sampai dengan 6 dB TWTA satelit bekerja pada daerah tidak linear dan pada kondisi IBO sebesar 7 dB sampai dengan 10 dB TWTA satelit bekerja pada daerah linear.
- Pada kondisi IBO sebesar 7 dB menghasilkan unjuk kerja tertinggi pada TWTA satelit.
- Hasil pengukuran BER (*Bit Error Rate*) menunjukkan bahwa TWTA satelit pada kondisi IBO sebesar 1 dB sampai dengan 6 dB (TWTA bekerja pada daerah tidak linear) BER nya berkisar $1,42 \cdot 10^{-6}$ sedangkan pada kondisi IBO sebesar 7 dB (TWTA bekerja pada daerah linear) BER nya sebesar $2,25 \cdot 10^{-7}$.
- Satelit yang bekerja pada daerah linear mempunyai tingkat kesalahan yang lebih kecil dibanding dengan TWTA satelit yang bekerja pada daerah tidak linear.

5.2 Saran

Pada simulasi tugas akhir ini beroperasi pada daerah *baseband* maka untuk pengembangan tugas akhir ini disarankan untuk menggunakan modulasi *passband*.

DAFTAR PUSTAKA

- Wilber L. Pritchard, Henry G. Snyderhound, Robert A. nelson, '*Satellite Communication System Engineering*' Prince Hall Inc. 1993.
- Tri. Ha, '*Digital Satellite Communication*' Mc. Graw Hill Inc. 1990.
- G. Maral, '*Satellite Communications*', Centre for Satellite Engineering Research 1996.
- Timothy Pratt., Charles W. Bastian, '*Satellite Communication*' John Wiley & Sons Inc. 1986.
- David Calcutt and Laurie Tethy, Edward Arnold, '*Satellite Communications: Principles & Applications*' Graet Britain 1994.
- Waine Tomasi, '*Advanced Electronic Communication & System*' Prince Hall International Edition. 1992.

- [7] Leon W., Couch II, '*Digital and Analog Communication System*' Mac millan Publishing Company, USA, 1990.
- [8] Roger L. Freeman, '*Telecommunication Transmission Handbook*' John Wiley & Sons, Inc. 1991.
- [9] Duane Hanselman and BruceLitlefield, '*The Student Edition of Matlab Ver. 4*' The Mathwork Inc. Prince Hall, 1995.
- [10] James J. Spilker, Jr. '*Digital Communication by Satellite*' Prince Hall, Inc. 1997.
- [11] [Http://www.Gematel.com/](http://www.Gematel.com/)
- [12] [Http://www.Satellite.com/](http://www.Satellite.com/)
- [13] D.T. Ia Flame, '*Effect of Ground Transmitter non-Linearity in SCPC System*' Hughes IDC, 1975.
- [14] K. Miya, '*Satellite Communication Engineering*' Lattice Company, 1975.
- [15] James Martin, '*Satellite Communication System*', Prince Hall Inc.,1978
- [16] Dennis Roddy, '*Satellite Communicatins*' , Prince Hall Inc.1988.

Mengetahui

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Ir. Sudjadi, MT
NIP. 131558567

Sukiswo, ST
NIP. 132162548