

ANALISA KINERJA MODULASI GAUSSIAN MINIMUM SHIFT KEYING BERBASIS PERNGKAT LUNAK

Khairun Nizam

Mahasiswa Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember Kampus Sukolilo 60111 Surabaya 2010
Email : knizam86@yahoo.co.id

Abstrak - Pada sistem komunikasi *wireless* efisiensi bandwidth pada spectrum frekuensi radio (RF) yang terbatas, merupakan salah satu tuntutan yang cukup penting. Dalam upaya memenuhi tuntutan tersebut, maka diterapkan metode pemfilteran sinyal data digital, sebelum dilakukan proses modulasi. GMSK atau *Gaussian Minimum Shift Keying* adalah pengembangan dari MSK, yaitu teknik menghilangkan spectrum sidelobe dengan dengan cara melewatkan sinyal NRZ ke filter LPF Gaussian. Pada proyek akhir ini, dianalisa bagaimana kinerja dari sebuah modulator GMSK melalui simulasi yang dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak CppSim dan pengamatan terhadap output sinyal.

Kata kunci: Modulasi GMSK, Frekuensi Carier, Filter LPF Gaussian.

1. Pendahuluan

Modulasi digital untuk saat ini sudah menjadi bagian yang sangat penting dalam sistem komunikasi *wireless*, dan teknik yang digunakannya juga semakin berkembang. Teknik modulasi digital PSK (Phase Shift keying) yang memiliki kelemahan dalam hal kontinuitas sinyalnya, mengalami perbaikan dengan munculnya teknik modulasi MSK (Minimum Shift Keying). Teknik ini memperhalus saat terjadi pergantian phase, sehingga pada saat pergantian frekuensi mark dan rest-nya sinyal akan tetap kontinyu. Namun, kelemahan MSK adalah kurangnya efisiensi bandwidth yang dihasilkan, karena masih menghasilkan lobus samping pada spektrum sinyalnya. GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*) adalah salah satu teknik modulasi yang melewatkan sinyal informasi pada *Gaussian Low-Pass Filter* sebelum proses modulasi sinyal menggunakan modulator MSK (*Frequency*

shift Keying), filter LPF ini berguna untuk mengurangi atau menghilangkan *upper-sidelobe* pada spectrum sinyalnya. Sinyal hasil dari filter akan memiliki bentuk lebih tajam, mengubah sinyal NRZ yang tidak kontinu menjadi sinyal kontinu tanpa adanya lobus-lobus samping. Keunggulan lainnya adalah amplitude sinyal modulasi ini konstan sehingga bentuk selubung dari spectral sinyal ini akan tetap. Namun, filter premodulasi Gaussian dapat menimbulkan ISI (Intersymbol Interference) pada sinyal yang ditransmisikan. Sebagai akibat dari peningkatan efisiensi bandwidth akan ada degradasi dalam efisiensi daya.

2. Teori Penunjang

2.1 Teknik Modulasi

Modulasi dapat didefinisikan sebagai proses penyesuaian sinyal informasi yang akan dikirimkan agar sesuai dengan karakteristik saluran transmisi tertentu dengan memperhatikan tujuan dan efisiensi pengiriman sinyal tersebut. Efisiensi yang dimaksud mencakup dimensi fisik, absorpsi daya, pemakaian bidang frekuensi, ketahanan terhadap gangguan dari luar. Umumnya modulasi melibatkan penerjemahan baseband sinyal pesan yang dilewatkan dalam bandpass sinyal yang memiliki frekuensi jauh lebih tinggi dari sinyal informasi. Bandpass sinyal tersebut yang disebut dengan sinyal termulasi dan baseband sinyal yang disebut dengan sinyal pemodulasi. Modulasi dapat dilakukan dengan memodulasi amplitude, fase, atau frekuensi.

2.2 MSK

MSK adalah salah satu teknik modulasi yang merupakan tipe CPFSK

(Continuous Phase Shift Keying), di mana deviasi frekuensi puncaknya sama dengan $\frac{1}{2}$ bit rate. Dengan kata lain MSK adalah CPFSK dengan indeks modulasi sama dengan 0.5. Indeks modulasi FSK didapat dari :

$$MI = \frac{\left| \frac{f_m - f_s}{2} \right|}{\frac{f_b}{2}} = \frac{|f_m - f_s|}{f_b}$$

dimana,

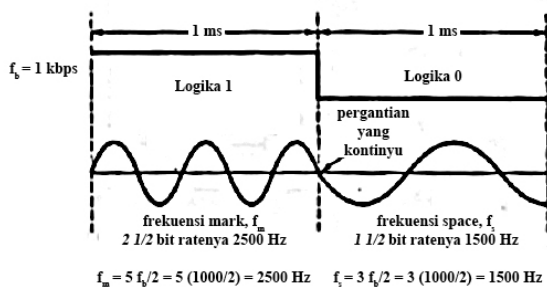
$f_m - f_s$ = deviasi puncak frekuensi

f_b = bit rate.

Dengan begitu frekuensi *mark* dan *space* dipilih seolah dijauhkan dari frekuensi center, menggunakan pengali pada setengah bit ratenya:

$$(f_m \text{ \& } f_s) = n(f_b/2)$$

Disini akan menjamin pergantian phase yang sempurna pada sinyal output bila frekuensi bergeser dari frekuensi *mark* dan *space* atau sebaliknya.



Gambar 1: Sinyal MSK

Karakteristik dan kelebihan MSK adalah sebagai berikut:

1. Selubung konstan.
2. Cocok untuk penguatan daya efisien tak linier
3. Kemampuan deteksi koheren dan non koheren
4. Kemampuan untuk dapat melakukan self-synchronizing
5. Performa BER yang bagus
6. Efisiensi spektral, dimana lobus utama spektralnya 50% lebih lebar dari lobus

utama spektral teknik modulasi QPSK, dengan sidelobe yang lebih rendah. Namun sayangnya untuk keperluan komunikasi bergerak, MSK kurang efisien karena spektrum frekuensi masih memiliki lobus-lobus samping (sidelobe).

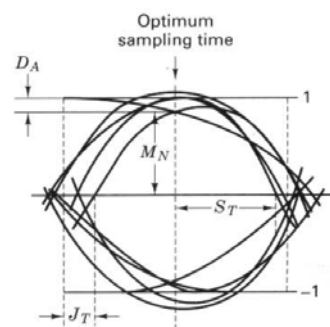
2.3 GMSK

Untuk memperbaiki MSK, maka dapat digunakan premodulation filter. Sinyal NRZ (Non-Return to Zero) dilewatkan melalui suatu filter sebelum dimodulasi. Filter tersebut berfungsi sebagai shaping filter, untuk membentuk sinyal NRZ yang tidak kontinu menjadi sinyal kontinu.

Filter pramodulasi Gaussian dapat menimbulkan ISI (Intersymbol Interference) pada sinyal yang ditransmisikan. Sebagai akibat dari peningkatan efisiensi bandwidth akan ada degradasi dalam efisiensi daya. Namun hal ini tidak perlu dirisaukan jika produk durasi 3 dB-bandwidth-bit (BT) dari filter lebih besar dari 0.5 (BT tidak terlalu kecil).

2.4 Pola Mata

Spesifikasi sinyal digital dapat dilihat oleh layar oscilloscope, yang memiliki pola menyerupai pola mata (*eye pattern*) manusia. Pola ini terbentuk akibat terjadi ulasan berkali-kali terhadap data digital, dengan laju bit yang tinggi. Dengan *eye pattern*, tampilan bit per bit tidak dapat terlihat, namun spesifikasi atau parameter suatu sinyal digital dapat diketahui.



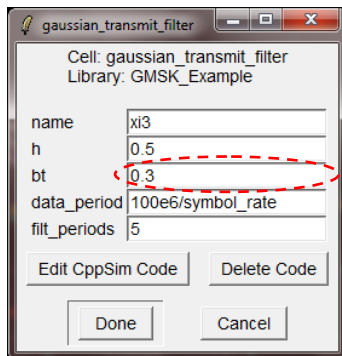
Gambar 2: Pola mata

Range jarak amplitude yang disimbolkan oleh D_A merupakan ukuran besarnya distorsi yang disebabkan oleh ISI, perbedaan waktu yang memotong sumbu nol yang disimbolkan J_T merupakan ukuran besarnya *Jitter*. Ukuran besarnya noise margin disimbolkan oleh M_N dan sensitivitas waktu error disimbolkan oleh S_T seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 2** Sehingga jika mata tertutup, maka ISI meningkat dan jika mata terbuka, maka ISI menurun.

3. Pengujian Sistem

3.1 Analisa Pengubahan Nilai BT

Untuk proses analisa, diperlukan perubahan terhadap nilai **bit periode (BT)** dari modul `Gaussian_transmit_filter`. Proses ini, dilakukan pada aplikasi **Sue2**, dengan cara klik dua kali modul dan ubah nilai **BT**. Pada Tugas akhir ini akan dibandingkan, perbedaan yang terjadi antara nilai $BT=0.5$ dan $BT=0.3$.



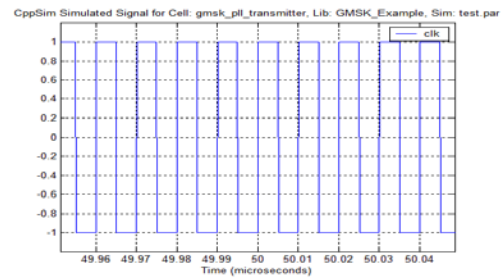
Gambar 3.: Pengubahan nilai BT

- **Pengamatan Output Sinyal**

Berikut ini beberapa output sinyal yang ditampilkan pada modul `gmsk_iq_generator_clk` yang dihasilkan menggunakan aplikasi **CppSim View**:

1. Input Clock (Frek Referensi)

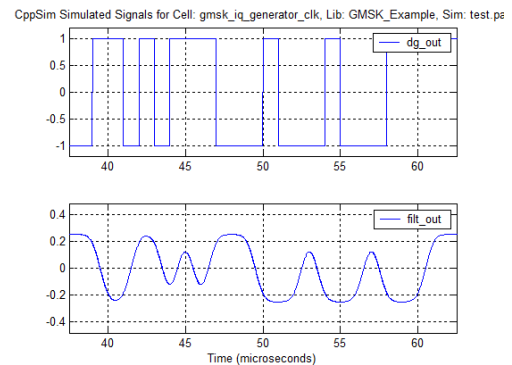
Sinyal ini dibangkitkan oleh blok signal source. Dari hasil plotting sinyal terhadap node `clk` dapat diketahui bahwa sinyal memiliki periode **0.01 ms** atau 10^{-8} s. Sehingga sesuai dengan parameter yang diberikan yaitu **100 MHz**.



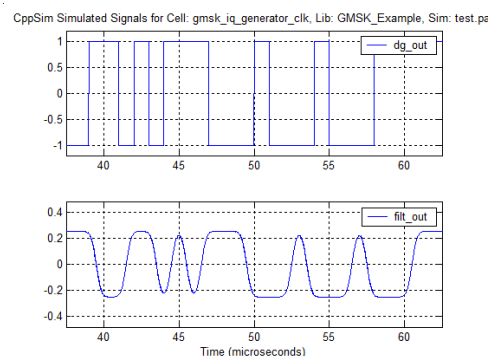
Gambar 4: Sinyal Clock 100 MHz

2. Sinyal Data Input dan filter Gaussian

Pengamatan dilakukan pada titik `dg_out` dan `filt_out` pada domain waktu dengan input yang sama dan nilai BT yang berbeda (0.3 dan 0.5), terlihat perbedaan yang menunjukkan pulse shapping yang terjadi. Dimana nilai $BT=0.3$ memiliki pulse shapping yang lebih tajam.



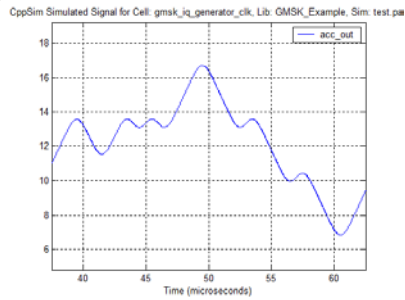
Gambar 5: Sinyal input dan sinyal output filter ($BT_d=0.3$)



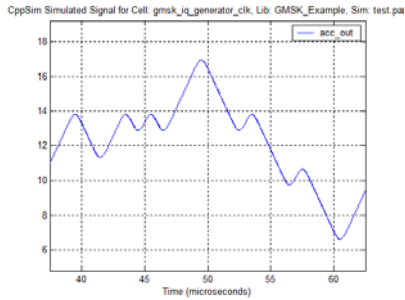
Gambar 6: Sinyal input dan sinyal output filter ($BT_d=0.5$)

3. Sinyal Output Accumulator (Domain Waktu)

Pada blok accumulator akan menghasilkan output termodulasi fase, dihasilkan oleh node `acc_out`. Bentuk kurva dari transisi fase tersebut akan lebih halus untuk nilai BT_d yang lebih kecil.



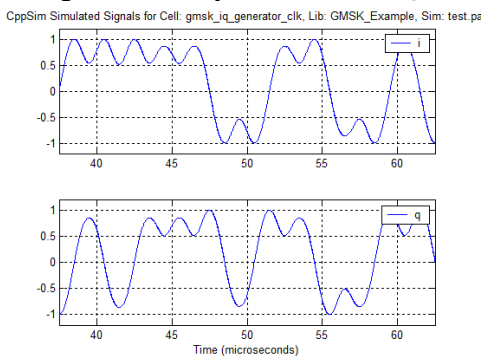
Gambar 7: Sinyal GMSK fase transisi ($BT_d=0.3$)



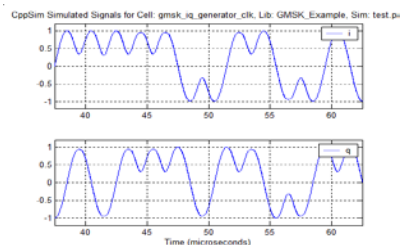
Gambar 8: Sinyal GMSK fase transisi ($BT_d=0.5$)

4. Sinyal I/Q (Domain Waktu)

Sinyal ini dihasilkan dari blok `gmsk_iq_generator` yang mana menghasilkan sinyal dasar I dan Q.



Gambar 9: Sinyal I dan Q GMSK ($BT_d=0.3$ - CppSim)

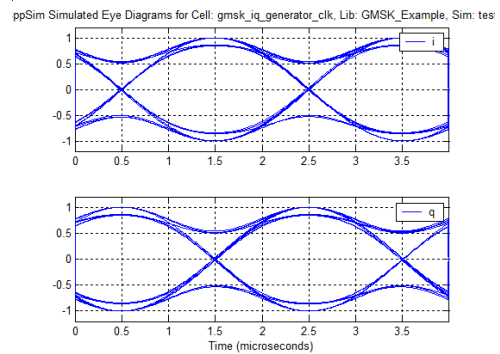


Gambar 10: Sinyal I dan Q GMSK ($BT_d=0.5$ - CppSim)

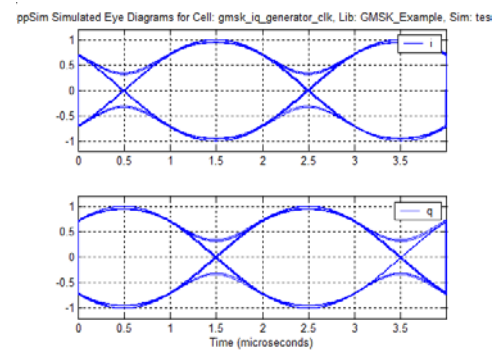
5. Pola Mata Sinyal I/Q

Pola Untuk menampilkan pola mata, klik `plotsig(...)` radio button pada CppSim

View dan pilih fungsi `eyesig(...)`. Set **period** pada $2/0.5e6$ dan **start_off** pada $5e-6$, lalu kembali pada **nodes**. Hasil plotting sinyalnya akan seperti berikut:



Gambar 10: Pola Mata dari sinyal I dan Q ($BT_d=0.3$)



Gambar 11: Pola Mata dari sinyal I dan Q ($BT_d=0.5$)

Dari output sinyal yang didapat maka diperoleh beberapa parameter sinyal sebagai berikut:

Parameter	BT=0.3	BT=0.5
Distorsi	0.1	0.15
Jitter	0	0
Noise Margin	0.9	0.85
Sensitivity-to-timing error	1 ms	1 ms

Tabel 1: Parameter sinyal dari Pola mata

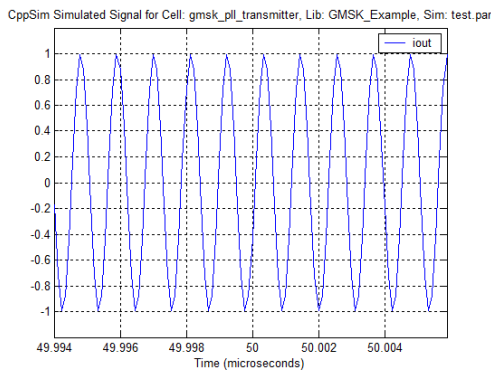
Dari hasil simulasi dapat dianalisa bahwa nilai BT_d yang semakin kecil, akan

menyebabkan meningkatkannya nilai ISI (Inter Symbol Interference). Hal ini dapat dilihat dari perbedaan jarak amplitudo yang besar, yang menunjukkan besarnya nilai distorsi dan noise margin yang terjadi.

Sehingga nilai BT_d yang besar, akan lebih mudah pada saat proses carier recovery di demodulator.

6. Plot Output

Untuk Plotting sinyal output kita harus kembali ke modul **gmsk_pll_transmitter** dengan menekan **ctrl+e** dan jalankan modul seperti langkah sebelumnya untuk mendapatkan plotting sinyal output GMSK, pilih node **iout** lalu dengan bantuan **zoom** akan didapat tampilan sebagai berikut:

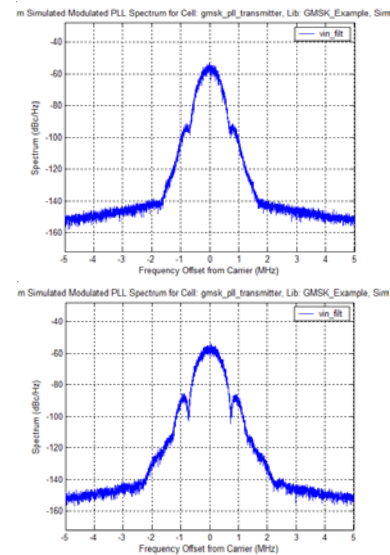


Gambar 12: Penjumlahan sinyal I dan Q (CppSim)

Untuk output pada domain frekuensi, klik Edit Sim File ubah nilai **num_sim_step** menjadi 50e6 dan pada **CppSimView** dilakukan langkah berikut:

- Pilih **test.tr0** radio button dan pilih output file ke **test_spectrum.tr0**.
- Pilih **eyesig(...)** radio button dan ubah menjadi **plot_pll_mod_spectrum(...)**.
- Set **fspan** parameter pada 5e6, kembali pada **nodes** dan double-klik pada **xi1_vin_filt**.

Langkah diatas dilakukan untuk nilai $BT=0.3$ dan $BT=0.5$ hasilnya akan seperti berikut:

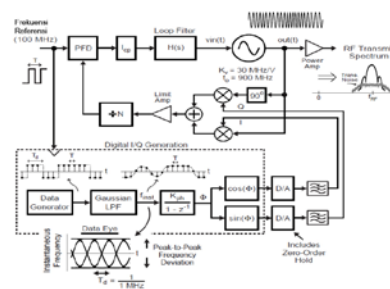


Gambar 11: Spektrum dari output GMSK ($BT_d = 0.3$ & $BT_d = 0.5$)

Dari hasil perbandingan output dapat diketahui bahwa nilai $BT_d = 0.3$ memiliki efisiensi bandwidth yang lebih baik daripada $BT_d = 0.5$.

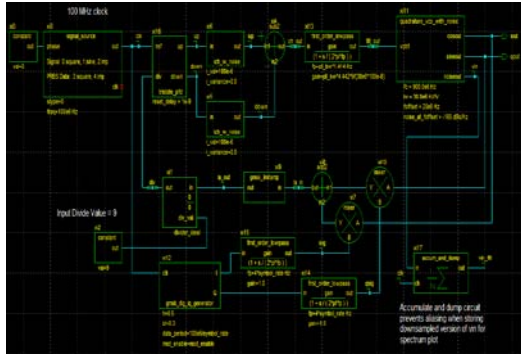
3.2 Analisa Blok Diagram Teori dan Simulasi

Pada tugas akhir ini diberikan bentuk rancangan transmitter GMSK dan PLL seperti berikut:

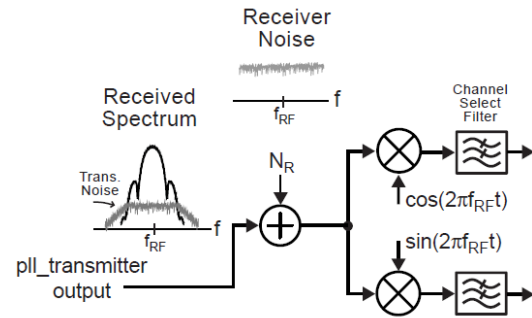


Gambar 12: Transmitter GMSK dan PLL

Pada perangkat lunak CppSim diimplementasikan oleh modul **gmsk_pll_transmitter** sebagai berikut:



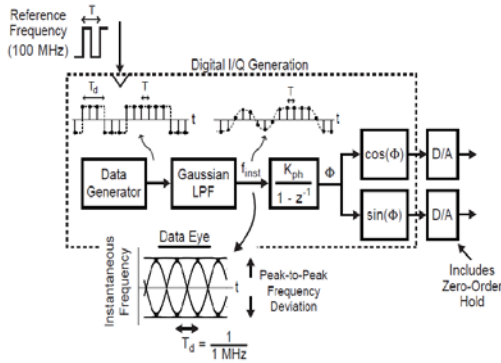
Gambar 13: Transmitter GSMK dan PLL (CppSim)



Gambar 16: Blok penerima sinyal GSMK

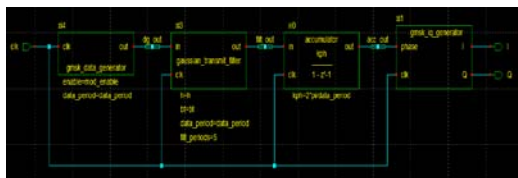
Maka implementasinya pada modul `gmsk_iq_receiver` sebagai berikut:

Pada Blok digital I/Q generator, tersusun blok sebagai berikut:



Gambar 14: Blok Digital I/Q generator

Pada perangkat lunak CppSim diimplementasikan oleh modul `gmsk_dig_iq_generator` sebagai berikut:



Gambar 15: Blok Digital I/Q generator (CppSim)

Sedangkan blok penerima yang memiliki rancangan sebagai berikut:



Gambar 17: Blok penerima sinyal GSMK (CppSim)

4. Kesimpulan

Dari analisa dan pengamatan terhadap output sinyal hasil simulasi yang telah dilakukan dalam Tugas Akhir ini yaitu menilai kinerja modulasi GSMK berbasis perangkat lunak dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Pengubahan nilai BT yang kecil menyebabkan beberapa gejala diantaranya meningkatnya ISI, meningkatnya efisiensi bandwidth dan penghalusan bentuk sinyal.
2. Penggunaan BT yang lebih kecil dari 0.3 tidak disarankan karena menimbulkan ISI.
3. Modulasi GSMK dengan menggunakan metode quadrature baseband method yang menghasilkan sinyal I dan Q.
4. CppSim merupakan perangkat lunak yang dapat membantu dalam proses analisa output suatu sinyal.

5. Daftar pustaka

- [1] Michael H Perrot, 2008: “Behavioral Simulation of a Basic GMSK Transceiver using the CppSim Program.” <http://www.CppSim.com>.
- [2] Haykin, S. 2001: “Communication Systems”. 4th edition. New York, NY. John Wiley & Sons.
- [3] Bernard Sklar, 2001: “Digital Communication Fundamentals and Applications.” 2nd edition. Los Angeles, University of California.
- [4] Dr. Torlak, “Linear vs. Constant Envelope Modulation Schemes in Wireless Communication Systems”.