

ALAT BANTU PENGAJARAN MATA KULIAH SISTEM KOMUNIKASI BAGIAN MODULASI DIGITAL

Umu Habibah¹; Budi Prasetya²; Bambang Sumajudin³
Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Telkom, Bandung
E-mail: ¹uefci_first@telkom.net, ²bpy@stttelkom.ac.id, ³bsn@stttelkom.ac.id

ABSTRAKSI

Perkembangan teknologi yang begitu pesat memacu munculnya beberapa aplikasi baru termasuk di dalam bidang pendidikan. Salah satunya adalah pengajaran berbantuan komputer yaitu suatu sistem komputer yang digunakan sebagai alat bantu dalam pengajaran melalui interaksi yang dilakukan antara user dengan materi pengajaran yang diprogramkan ke dalam komputer.

Pada penelitian ini dibahas mengenai pembangunan alat bantu pengajaran untuk mata kuliah sistem komunikasi bagian modulasi digital. Materi modulasi digital yang akan dibuat simulasinya adalah Amplitude Shift Keying (ASK), Frekuensi Shift Keying (FSK), Binary Phase Shift Keying (BPSK) dan Quadrature Phase Shift Keying (QPSK). Alat bantu pengajaran ini dibangun dengan mengembangkan materi tutorial, visualisasi dan evaluasi

Dalam pengerjaan penelitian ini melalui beberapa tahapan yaitu. Menyiapkan teori-teori yang berkenaan dengan materi, membuat software simulasi, dan terakhir analisa. Antara teori dan software simulasi disatukan dalam halaman web. Analisa dilakukan di bagian simulasi dan analisa quisioner oleh pemakai.

Kata Kunci: Alat Bantu Pengajaran, Modulasi Digital, ASK, FSK, BPSK, QPSK

1. PENDAHULUAN

Mata kuliah sistem komunikasi adalah mata kuliah wajib bagi semua mahasiswa teknik elektro telekomunikasi. Untuk membantu pemahaman mahasiswa, perlu dibangun suatu alat untuk membantu mengajarkan materi sistem komunikasi, sehingga dapat membantu proses pembelajaran baik untuk mahasiswa maupun pengajar.

2. DASAR TEORI

2.1 Alat Bantu Ajar

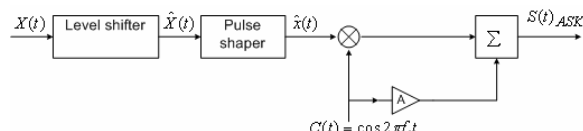
Pengajaran Berbantuan Komputer (PBK) terdiri dari tiga macam perangkat, yaitu:

1. **Perangkat Keras (Hardware)**
Perangkat fisik berupa computer dan perlengkapannya
2. **Perangkat Lunak (Software)**
Khususnya program computer untuk merepresentasikan materi perangkat ajar
3. **Perangkat Manusia (Brainware)**
Berupa pembuat atau pengembang modul, pengajar atau pemakai PBK

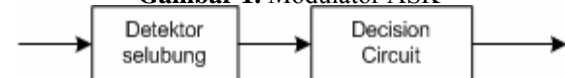
2.2 Konsep Modulasi Digital

2.2.1 Amplitude Shift Keying (ASK)

Modulasi ASK adalah penguncian yang menggeser amplitudo signal pembawa, sesuai dengan tegangan biner.



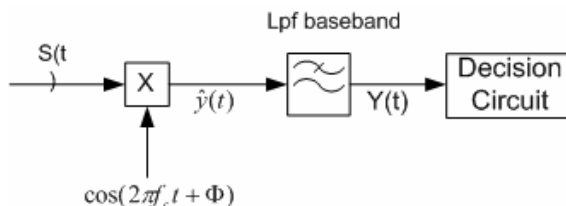
Gambar 1. Modulator ASK



Gambar 2. Demodulator ASK noncoherent

Demodulasi *Coherent* dilakukan dengan menggunakan prinsip perkalian sinyal antara sinyal

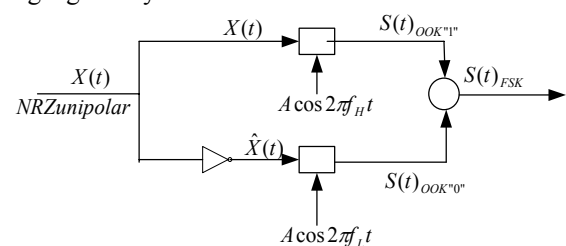
ASK/OOK dengan sinyal pembawa yang sinkron (frekuensi dan fasa sama).



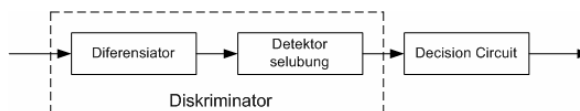
Gambar 3. Demodulator ASK coherent

2.2.2 Frequency Shift Keying (FSK)

Modulasi FSK adalah penguncian yang menggeser frekuensi signal pembawa, sesuai dengan tegangan signal biner.



Gambar 4. Modulator FSK

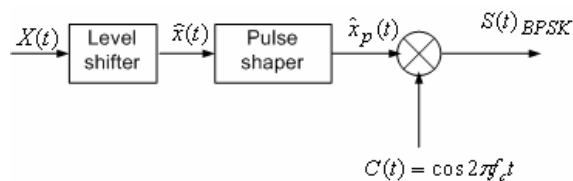


Gambar 5. Demodulator FSK

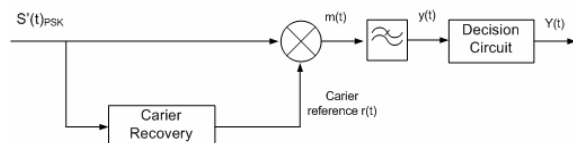
2.2.3 Phase Shift Keying (PSK)

Binary Phase Shift Keying (BPSK)

Modulasi BPSK adalah penguncian yang menggeser fasa signal pembawa, sesuai dengan tegangan signal biner.



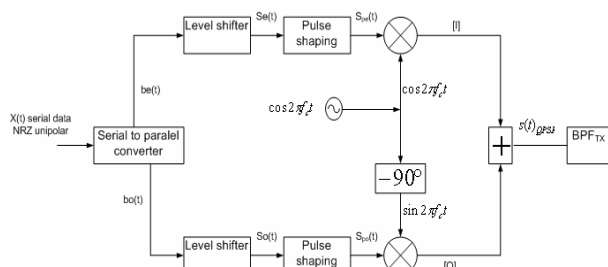
Gambar 6. Modulator BPSK



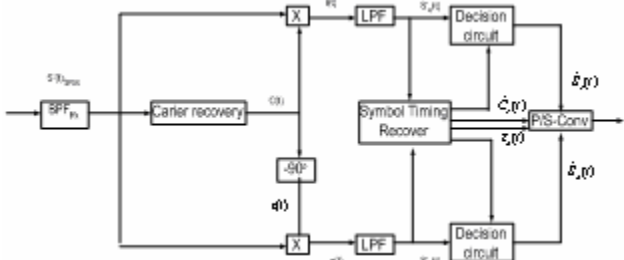
Gambar 7. Demodulator BPSK

Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)

Bit stream data akan berkelompok dalam dua-dua bit [dibit → n=2] sehingga terdapat 2ⁿ = 4 simbol [00;01;10;11] yang akan dimodulasikan pada pola kelakuan fasa sinyal pembawa.



Gambar 8. Modulator QPSK



Gambar 9. Demodulator QPSK

2.2.4 Kanal AWGN

Noise bisa dinyatakan sebagai sinyal elektrik yang muncul secara random dan tidak terprediksi, yang berasal dari dalam (internal) maupun yang berasal dari luar (external). Ketika suatu variable (nilai) random ditambahkan ke informasi yang dibawa oleh sebuah sinyal, informasi tersebut mungkin sekali akan mengalami perubahan atau suatu kondisi terburuk dapat terjadi dimana informasi tersebut tidak dapat dikenali sesuai bentuk aslinya. Noise merupakan hal yang bersifat khusus dan tidak dapat dieliminir sepenuhnya.

Di samping sumber dari resistor, banyak material lain yang merupakan sumber noise yang memiliki karakteristik statistik distribusi Gaussian dan memiliki kerapatan spectral yang membentang datar pada hampir keseluruhan spectrum frekuensi. Sehingga noise ini memiliki karakteristik seperti cahaya putih dan selanjutnya dinamakan *white Gaussian noise*.

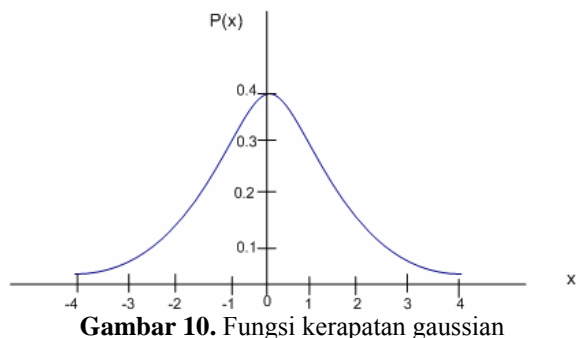
Bentuk umum dari pdf atau kerapatan gaussian mempunyai persamaan sebagai berikut:

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} \tag{1}$$

dimana x merupakan variabel acak, sedangkan m adalah harga rata-rata dan σ² adalah variansi dari variabel acak tersebut. Karena harga rata-rata m dalam sistem komunikasi sama dengan nol dan harga variansi σ² sama dengan satu. Maka harga pdf diatas menjadi:

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} \tag{2}$$

hubungan antara x dan p(x) untuk x=-4 sampai dengan x=4 ditunjukkan pada gambar berikut:

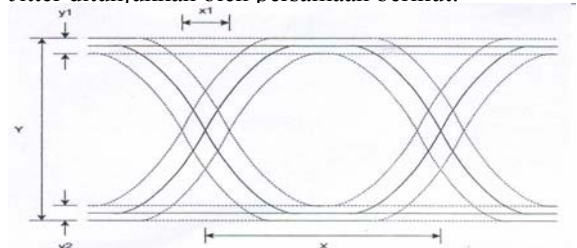


Gambar 10. Fungsi kerapatan gaussian

2.2.5 Eye Pattern

Pola mata sinyal baseband digunakan untuk menilai kualitas sinyal digital biner yang akan ditransmisikan yaitu dengan mengetahui seberapa besar pengaruh derau, *Inter Symbol Interference (ISI)* dan *Jitter* (distorsi fasa) yang menyebabkan sinyal menjadi cacat. Karena adanya cacat akan menyebabkan lebar bukaan mata menjadi sempit. Dan semakin sempit lebar bukaan mata maka semakin besar cacat sinyal tersebut.

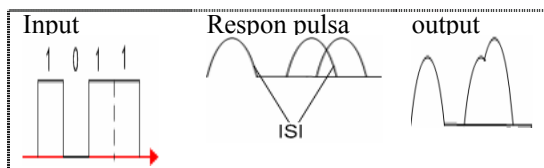
Gambar 11 memperlihatkan salah satu contoh pola mata sinyal baseband 2 level yang terpengaruh oleh ISI dan *Jitter*. Adapun perhitungan ISI dan *Jitter* ditunjukkan oleh persamaan berikut:



Gambar 11. Pengamatan Pola Mata Sinyal Baseband

2.2.6 ISI (Inter Symbol Interference)

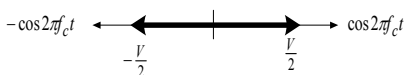
Bandwidth pulsa flat tap akan mendekati tak hingga sehingga perlu dibatasi oleh filter. Filter pembatas tersebut mengakibatkan pelebaran pulsa, sehingga memungkinkan terjadinya interferensi antar simbol yang berdekatan (ISI). ISI selain ditimbulkan oleh efek pemfilteran pada pengirim juga ditimbulkan akibat karakteristik-karakteristik element-element transmisi.



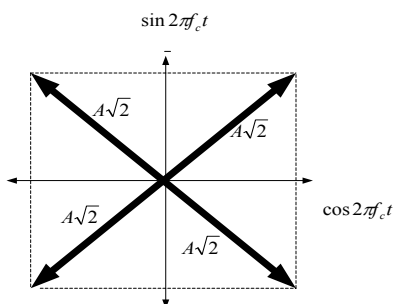
Gambar 12. ISI

2.2.7 **Konstelasi**

Diagram konstelasi adalah sebuah penggambaran vektor yang merepresentasikan proyeksi kompleks dari sinyal berupa amplitudo dan fasa sinyal yang ditransmisikan oleh modulator pada arah sumbu tegak lurus. Pada umumnya sumbu horizontal digunakan untuk menunjukkan komponen sinyal $\cos(2\pi f_c t)$, sedangkan sumbu vertikal digunakan untuk menunjukkan komponen sinyal $\sin(2\pi f_c t)$. Hal ini dapat dilakukan karena sinyal $\sin(2\pi f_c t)$ dan $\cos(2\pi f_c t)$ terpisah 90° sehingga bisa digambarkan secara vektor maka kedua sinyal akan tegak lurus dan disebut sebagai fasa *quadrature*.



Gambar 13. Konstelasi BPSK



Gambar 14. Konstelasi QPSK

2.2.8 **Kinerja sistem transmisi digital**

- Secara garis besar terdiri dari beberapa point:
- BER yang merupakan laju kesalahan bit.
 - Laju transmisi dalam bit per detik (bps).
 - Bandwidth transmisi atau lebar spektrum yang dibutuhkan tergantung dari laju bit per detik atau simbol per detik yang dibutuhkan. Sehingga menurunkan laju transmisi berarti pula menurunkan bandwidth yang dibutuhkan.

2.3 **Visualisasi**

Berupa simulasi dari materi tutorial, menampilkan keluaran sinyal dari masing-masing sub blok dari diagram blok baik modulator, kanal maupun demodulator. visualisasi menggunakan GUI M-Files. Ada awalnya *Graphical User Interface* pada MATLAB 5 belum memiliki *Development Environment* sehingga dalam mendesign GUI harus diketik secara manual di M-File, baru pada MATLAB 6.1 *Development Environment* yang dikenal dengan *Graphical User Interface Development Environment (GUIDE)* exist, disini kita tidak perlu mengetik sintaks untuk menampilkan objek GUI, cukup dengan melakukan drag and drop objek-objek yang ada di GUIDE kemudian baru memrogram kelakuannya.

2.4 **Evaluasi**

Bentuk evaluasi yang dapat diterapkan adalah bentuk evaluasi teknik tes objektif. Teknik tes objektif yang dapat diterapkan antara lain:

- Tes Benar-Salah (*True-False*)
- Menjodohkan (*Matching*)
- Tes pilihan ganda (*Multiple Choice Test*)
- Tes penilaian (*Marking question*)

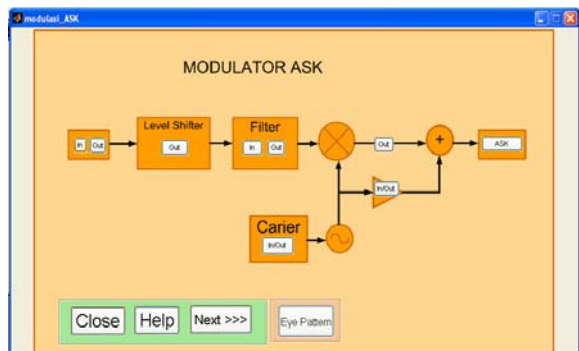
3. **PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI**

Secara garis besar proses perancangan sistem yang akan disimulasikan dalam penelitian ini.

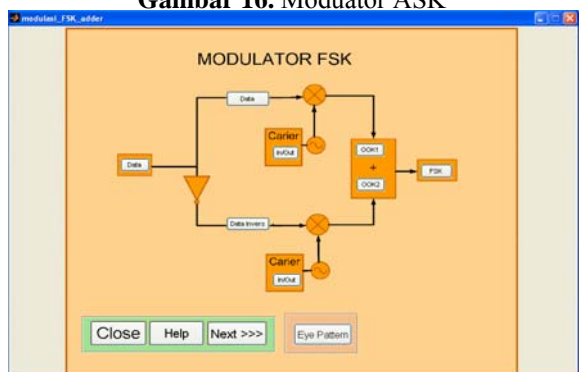


Gambar 15. Pemodelan sistem komunikasi

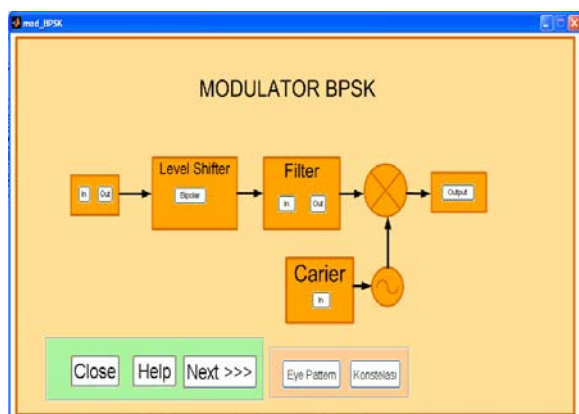
Sesuai dengan diagram blok di atas, maka dibuat *interface* dengan user sebagai berikut:



Gambar 16. Moduator ASK



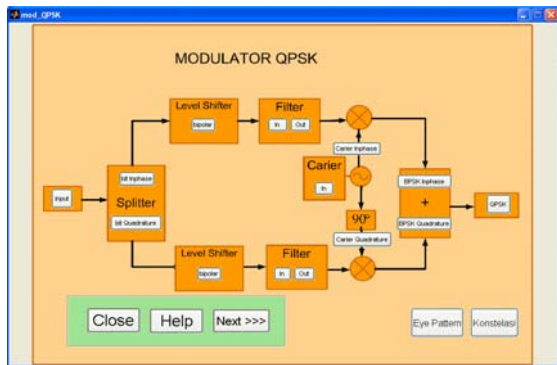
Gambar 17. Moduator FSK



Gambar 18. Moduator BPSK

Q "00" "10"

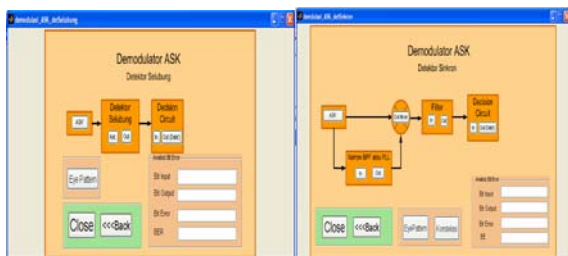
A



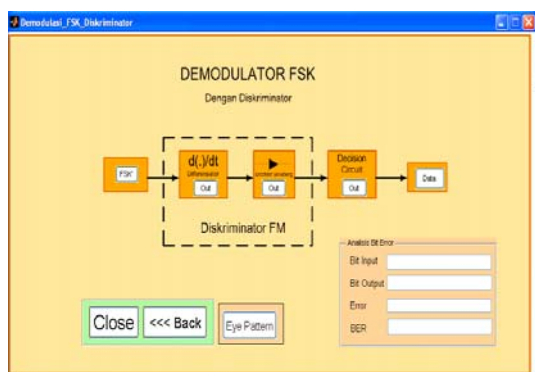
Gambar 19. Moduator QPSK

Demodulator

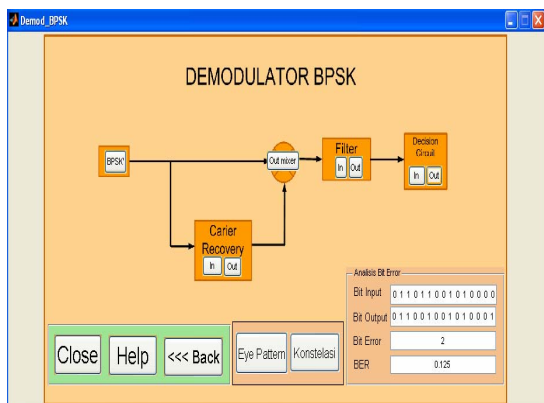
Sesuai dengan diagram blok maka dibuat *interface* dengan user untuk bagian demodulator sebagai berikut:



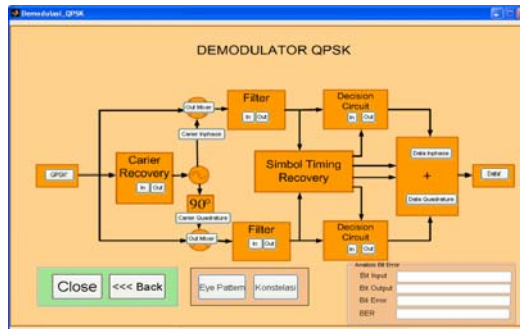
Gambar 20. Demodulator ASK dengan detektor selubung dan detektor sinkron



Gambar 21. Demodulator FSK



Gambar 22. Demodulator BPSK

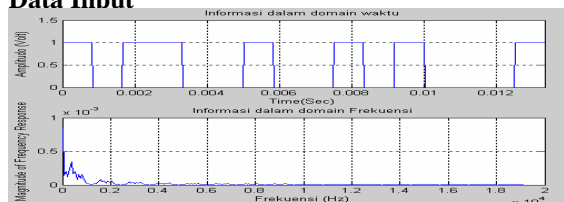


Gambar 23. Demodulator QPSK

4. ANALISA SIMULASI DAN EVALUASI

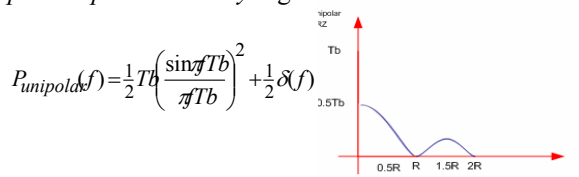
4.1 Modulator

Data Input



Gambar 24. Output data input QPSK

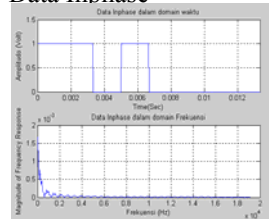
Bit-bit data yang akan dikirimkan direpresentasikan dalam format unipolar NRZ, *power spectral density* digambarkan sebagai berikut:



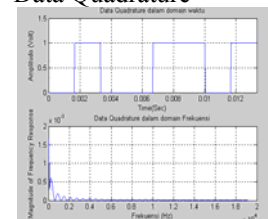
Gambar 25. PSD data unipolarNRZ

Serial to Paralel converter

Data Inphase



Data Quadrature

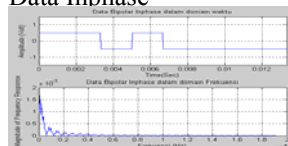


Gambar 26. Output Serial to Paralel converter QPSK

Serial to parallel converter membagi keluaran data input menjadi bagian inphase dan quadrature. Data input: 1011001001010001, kemudian menjadi bagian inphase: 11010000 dan bagian quadrature 01001101. Untuk domain frekuensinya terlihat magnitude nol pertama kali ada pada frekuensi setengah dari bitrate ($0,5 \cdot 1200 = 600$ Hz)

Level shifter

Data Inphase

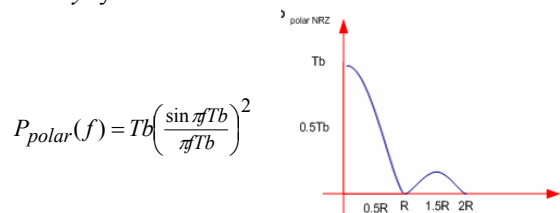


Data Quadrature



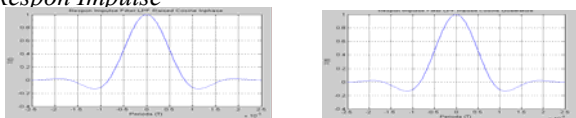
Gambar 27. Output Level shifter QPSK

Dalam domain waktu, *level Shifter* menggeser level amplitudo sebesar setengah amplitudo awal kebawah. Dalam domain frekuensi *power spectral density*nya.



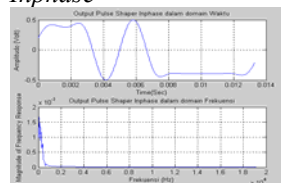
Gambar 28. PSD data bipolar NRZ

Pulse Shaper
Respon Impulse

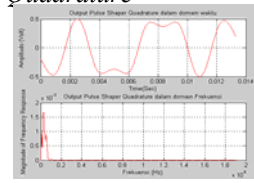


Gambar 29. Respon impulse filter raised cosine QPSK (Inphase dan Quadratur)

Output Pulse Shaper
Inphase



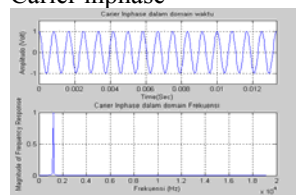
Quadrature



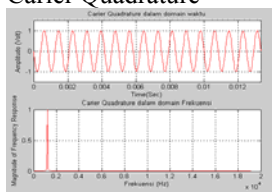
Gambar 30. Output *Pulse Shaper* QPSK

Keluaran level shifter dengan bandwidth tak hingga dibatasi oleh pulse shaper sehingga hanya frekuensi dibawah 600 Hz saja yang akan diloloskan. Pembatasan ini berpengaruh pada bentuk sinyal di domain waktu (adanya pelebaran pulsa).

Carrier
Carrier inphase

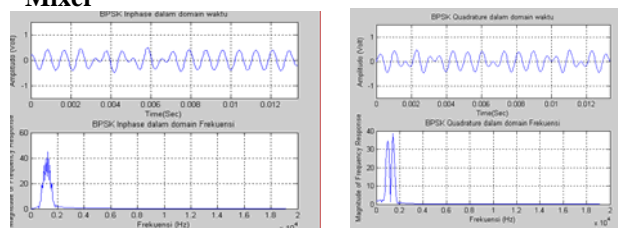


Carrier Quadrature



Gambar 31. Output Carrier QPSK

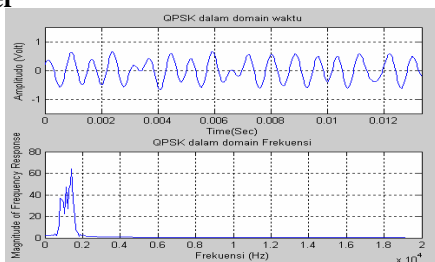
Mixer



Gambar 32. Output Mixer QPSK *inphase* dan *Quadrature*

Output mixer ini merupakan sinyal BPSK, yaitu tiap perubahan bit '0' dan bit '1' ditandai dengan perubahan fasa sebesar 180°.

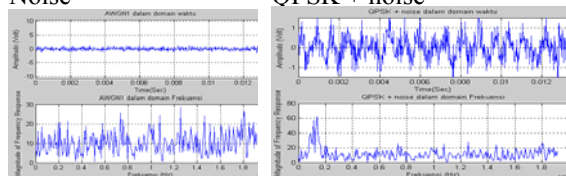
Adder



Gambar 33. Output QPSK

Output adder ini merupakan sinyal QPSK, yaitu tiap perubahan 2 bit data yang dikirimkan ada beda fasa sebesar 90°.

Kanal
Noise

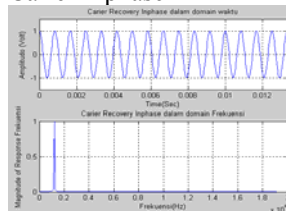


Gambar 34. Output Kanal QPSK

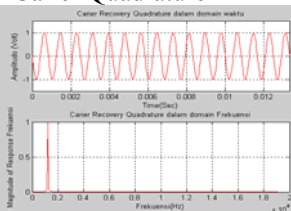
Penambahan noise disini dimaksudkan untuk memberikan gangguan pada sinyal QPSK. Di domain waktu terlihat sinyal yang telah tercampur dengan noise, sedangkan didomain frekuensi terlihat bandwidth sinyal semakin lebar.

4.2 Demodulator

Carrier Inphase



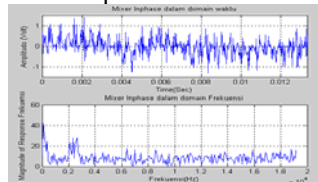
Carrier Quadrature



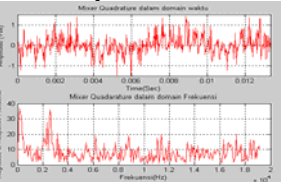
Gambar 35. Output carrier demodulator QPSK

Mixer

Mixer Inphase



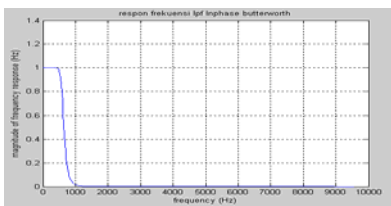
Mixer Quadrature



Gambar 36. Output mixer demodulator QPSK

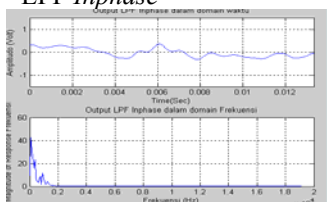
Di domain waktu output mixer ini terlihat sinyal semakin rapat sedangkan untuk domain frekuensi, muncul nilai magnitude yang besar di frekuensi 0 dan di frekuensi 2400 Hz.

LPF

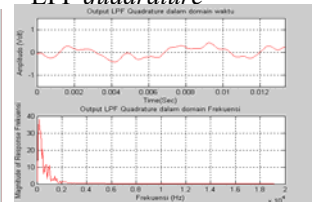


Gambar 37. Respon Filter demodulator QPSK

**Output LPF
LPF Inphase**



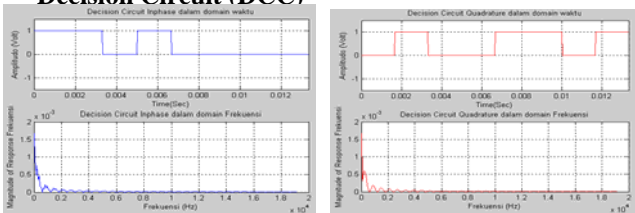
LPF quadrature



Gambar 38. Output LPF demodulator QPSK

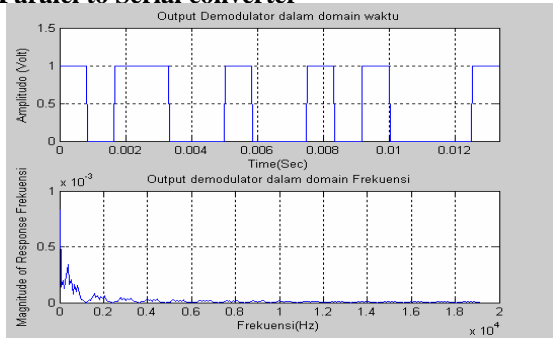
Fungsi dari LPF demodulator ini adalah meloloskan sinyal dibawah 600 Hz saja, kalau diperhatikan spektrum frekuensi tidak tepat meredam pada frekuensi 600 Hz tetapi lebih, hal ini disebabkan karena respon filter yang tidak ideal.

Decision Circuit (DCC)



Gambar 39. Output DCC QPSK Inphase dan Quadrature

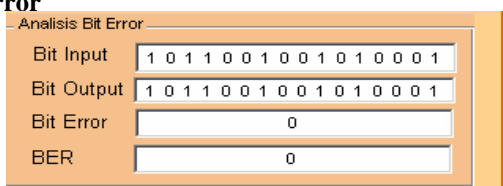
Paralel to Serial converter



Gambar 40. Output Demodulator QPSK

Bagian *parallel to serial converter* ini menggabungkan keluaran *decision circuit*. Dan didapatkan output input yang sama dengan input data, tidak adanya error disini disebabkan bit yang masuk ke LPF demodulator masing-masing baik dengan *inphase* maupun dengan *quadrature* hanya 8 bit, jadi respon fasa yang tidak linear masih bisa diatasi oleh clock sampling.

Error



Gambar 41. Error QPSK

4.3 Pengujian sistem

Pengujian sistem yang dilakukan merupakan analisa kualitatif, dengan menyebarkan *questioner* kepada responden sebanyak 20 orang. Setelah dilakukan pengolahan data terhadap jawaban dari responden, dihasilkan nilai indikator sebagai berikut:

- Tampilan keseluruhan menurut user setelah menggunakan alat bantu ajar ini adalah menunjukkan respon positif dengan nilai indikator 78,5 %. Artinya user dapat menerima dengan baik tampilan alat bantu ajar ini baik dari segi warna, sistem navigasi, alur pengajaran petunjuk pemakaian, informasi dan pesan kesalahan pada evaluasi materi.
- Isi alat Bantu ajar. Berdasarkan respon yang diberikan user, didapatkan nilai indikator 81,8%, yang berarti user menunjukkan respon positif terhadap apa yang disampaikan alat bantu ajar ini. Variabel yang ditanyakan kepada responden meliputi penyajian dan pemilihan topik-topik materi perangkat ajar, kedalaman materi, urutan materi bahasan dari materi dasar sampai materi yang lebih spesifik, kalimat yang digunakan pada materi dalam perangkat ajar, penjelasan materi secara visualisasi dan pertanyaan-pertanyaan pada menu evaluasi.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari Penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Penyajian materi dengan tutorial, visualisasi dan evaluasi dapat membantu siswa memahami materi yang disajikan.
- Pemodelan dan simulasi dengan menggunakan GUI M-files, user dapat mengamati dengan jelas perubahan bentuk sinyal tiap titik pada sistem komunikasi digital.
- Berdasarkan hasil quisioner, 78,5 % user memberikan tanggapan positif terhadap tampilan keseluruhan alat bantu ajar dan 81,833 % user memberikan tanggapan positif terhadap isi alat bantu ajar ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Hanselman, Duane & Bruce Littlefield. *Matlab Bahasa Komputasi Teknis*. Pearson Education Asia.
- Modul Pelatihan Advance matlab*. Digital Signal Processing Laboratory. STT Telkom. Bandung. 2005
- Modul Pelatihan Matlab Dasar*. Laboratorium Pengolahan Sinyal Digital STT Telkom. Bandung. 2003.
- Modul Praktikum Sistem Komunikasi* Laboratorium Sistem Komunikasi STT Telkom. Bandung. 2005.
- Miersa, I Gde, *Simulasi Interferensi Co-Channel dan Multipath pada sistem Komunikasi Bergerak dengan Modulasi QPSK*, STT Telkom, 1996.
- Sumajudin, Bambang, Ir. MT, *Diktat Sistem Komunikasi Analog dan Digital*, STT Telkom, Bandung, 2001.