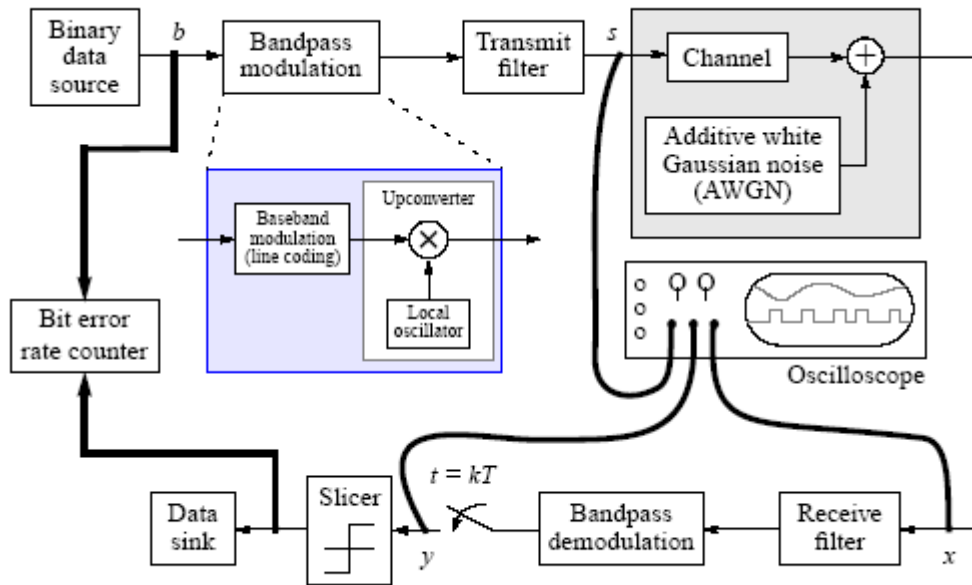


Percobaan 3

Modulasi Digital Bandpass



Gambar 1: Diagram konseptual

TUJUAN :

Percobaan ini merupakan pengembangan konsep dari Percobaan 1 dan 2 dalam konteks transmisi digital bandpass. Khususnya akan dipelajari :

- Bentuk umum dari modulasi bandpass dan kaitannya dengan kode saluran baseband;
- Perbedaan antara deteksi koheren dan nonkoheren.
- Efek kesalahan fase (*error phase*) dan pergeseran frekuensi (*frequency drift*) pada demodulasi koheren
- Laju kesalahan bit sistem akibat adanya derau Gaussian aditif.

REFERENSI :

- [1] S. Haykin, *Communication Systems*, 4th edition, John Wiley, 2001, pp. 344-420 (pp. 473-563 in the 3rd edition).
- [2] B. Sklar, *Digital Communications*, 2nd edition, Englewood Cliffs:prentice Hall, 2001.

TUGAS PRA-PERCOBAAN :

1. Urutan biner $b = \{1, 0, 1, 0, 0, 1\}$ akan ditransmisikan melalui kanal bandpass pada laju 1 kb/dtk dan amplitudo puncak sinyal 1 V.
 - (a) Gambar gelombang ASK representasi dari urutan b bila frekuensi gelombang pembawanya (*carrier frequency*) adalah 5 kHz.

- (b) Gambar gelombang PSK representasi dari gelombang b bila frekuensi pembawanya 10 kHz.
 - (c) Suatu modulator FSK menggunakan *mark* dan *space* masing-masing dengan frekuensi 4 kHz dan 6 KHz. Gambar gelombang FSK representasi dari urutan b .
2. Gambar kerapatan spektral daya dari setiap sinyal termulasi pada pertanyaan 1 dan cek bentuknya.
 3. Bila suatu sinyal ASK diinputkan pada detektor koheren seperti terlihat pada gambar 2, gambar gelombang output tiap blok bila dikirim urutan bit dari pertanyaan 1.
 4. Ulangi pertanyaan 3 untuk detektor nonkoheren seperti diperlihatkan pada gambar 3.

LANGKAH-LANGKAH PERCOBAAN

1. Pembangkitan sinyal termulasi bandpass

- 1.1 **Amplitudo Shift Keying.** Bangkitkan urutan biner dengan 6 bit pertama {1, 0, 1, 0, 0, 1}, dan set laju data biner $F_d = 1$ kbps dan laju sampling $F_s = 50$ kHz.

```
>> global Fd Fs;
>> Fd=1000;
>> Fs=50000;
>> b=[1 0 1 0 0 1 round(rand(1,994))];
```

modulasikan urutan ini menjadi sinyal ASK dengan frekuensi pembawa 5 kHz dengan terlebih dahulu membangkitkan sinyal s (NRZ unipolar) dari urutan b , kemudian campur urutan ini dengan osilator lokal dengan frekuensi 5 kHz.

```
>>s=modul(b,'unipolar_nrz');
>>sa=mix_lo(s,5000,0);
```

Tampilkan 6 mdtk pertama sinyal s dan sa yang bersesuaian dengan 6 bit pertama dari urutan biner b . Teliti hubungan antara kedua sinyal.

```
>>clf, subplot(211), scope(s,'one-shot',0.006);
>>subplot(212), scope(sa,'one-shot',0.006);
```

- 1.2 Plot kerapatan spektral daya dari s dan sa antara 0 sampai 10 kHz.

```
>>[Ss,f]=psd(s,2500,Fs,'mean');
>>clf, subplot(211), plot(f(1:500),Ss(1:500));
>>title('Grafik 1-a: PSD dari NRZ Unipolar');
>>[Ssa,f]=psd(sa,2500,Fs,'mean');
>>subplot(212), plot(f(1:500),Ssa(1:500));
>>title('Grafik 1-b: PSD dari ASK');
```

Cetak gambar ini

1.3 Phase Shift Keying. Bangkitkan sinyal PSK dengan terlebih dahulu memodulasi b menjadi sinyal unipolar NRZ s dan kemudian mencampur (mix) s dengan osilator lokal 5 kHz.

```
>>s=modul(b,'bipolar_nrz');  
>>sp=mix_lo(s,5000,0);
```

Tampilkan 6 mdtk pertama sinyal s dan sp yang bersesuaian dengan 6 bit pertama dari urutan biner b . Teliti hubungan antara kedua sinyal.

```
>>clf, subplot(211), scope(s,'one-shot',0.006);  
>>subplot(212), scope(sp,'one-shot',0.006);
```

Bagaimanakah perbedaan fase antara sp dan gelombang pembawa (*carrier*) selama periode bit pertama dan kedua?

Jawab =

1.4 Sekarang plot kerapatan spektral daya dari s dan sp :

```
>>[Ss,f]=psd(s,2500,Fs,'mean');  
>>clf, subplot(211), plot(f(1:500),Ss(1:500));  
>>title('Grafik 1-c: PSD dari NRZ bipolar');  
>>[Ssp,f]=psd(sp,2500,Fs,'mean');  
>>subplot(212), plot(f(1:500),Ssp(1:500));  
>>title('Grafik 1-d: PSD dari PSK');
```

Cetak gambar ini

Bagaimanakah hubungan kerapatan spektral daya antara s dan sp ?

Jawab :

1.5 Sekarang bandingkan spektrum daya dari ASK dan PSK.

```
>>clf, subplot(211), plot(f(1:500),Ssa(1:500));  
>>title('Grafik 2-a: PSD dari ASK');  
>>subplot(212), plot(f(1:500),Ssp(1:500));  
>>title('Grafik 2-b: PSD dari PSK');
```

Ubah sumbu (*axes property*) kedua gambar hingga berada dalam ukuran yang sama dan cukup detil untuk diamati. Catat perbedaan dan kesamaan yang anda dapatkan.

Jawab :

Cetak gambar ini

- 1.6 **Frequency- Shift Keying.** Bangkitkan sinyal FSK juga mulai dengan sinyal bipolar NRZ (s dari langkah terdahulu) yang kemudian diinputkan pada input VCO (*Voltage-controlled oscillator*) frekuensi referensi 5 kHz dengan sensitivitas 2 kHz/V.

```
>>sf=vco(s,5000);
```

Tampilkan 6 mdtk pertama gelombang s dan sf :

```
>>clf, subplot(211), scope(s,'one-shot',0.006);  
>>subplot(212), scope(sf,'one-shot',0.006);
```

Tampilkan kerapatan spektral daya dari sf :

```
>>[Ssf,f]=psd(sf,2500,Fs,'mean');  
>>clf, plot(f(1:500),Ssf(1:500));  
>>title('Grafik 3: PSD dari FSK');
```

Cetak gambar ini

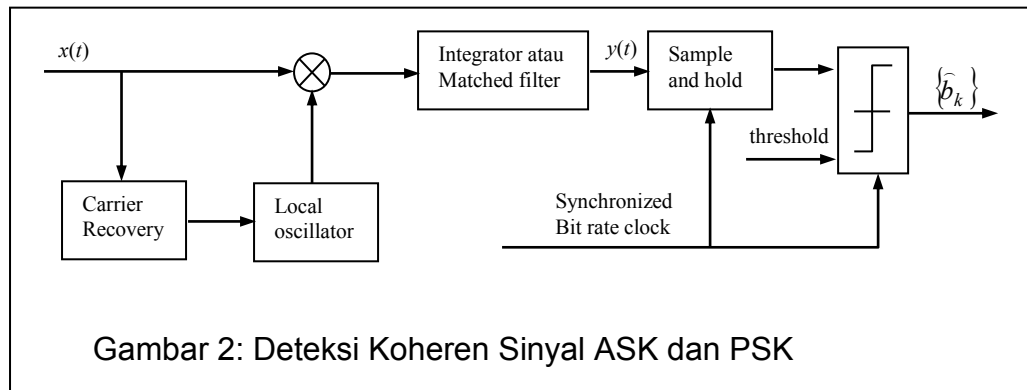
Jelaskan bentuk dari spektrum daya yang didapatkan.

2. Deteksi Koheren dari Sinyal Digital Termodulasi Bandpass

Gambar 2 menggambarkan struktur dari detektor koheren yang dapat diterapkan pada sinyal-sinyal ASK dan PSK.

- 2.1 Untuk demodulasi sinyal ASK, s_a , mulai dengan mencampurnya dengan sinyal carrier yang dihasilkan oleh osilator lokal dengan frekuensi dan fase sama dengan LO asal. Tampilkan gelombang yang dihasilkan, x_a , untuk 6 periode bit (6 mdtk) pertama. Juga, hasilkan dan tampilkan fungsi kerapatan spektral daya x_a dalam interval [0, 15 kHz].

```
>>xa=mix_lo(sa,5000,0);  
>>clf, subplot(211), scope(xa,'one-shot',0.006);
```



```
>>[Sxa,f]=psd(xa,2500,Fs,'mean');
>>subplot(212), plot(f(1:750),Sxa(1:750));
```

Beri nama grafik ini dengan Grafik 4 dan jelaskan hasilnya.

Cetak gambar ini

Inputkan `xa` ke matched filter unipolar NRZ dan tampil 6 periode pertama dari gelombang output.

```
>>ya=afilter(xa,matched('unipolar_nrz'));
>>subplot(212), scope(ya,'one-shot',0.006);
```

2.2 Selanjutnya akan dipelajari kinerja dari deteksi koheren terhadap pengaruh derau.

Pertama, bangkitkan urutan biner sebanyak 10000-bit dan modulasikan menjadi gelombang ASK:

```
>>Fs=20000;
>>b=round(rand(1,10000));
>>sa=mix_lo(modul(b,'unipolar_nrz'),5000,0);
```

Kirimkan `sa` melalui kanal dengan daya derau aditif sebesar 0.5 W.

```
>>x=bbchannel(s,1,0.5,8000);
```

Dengan prinsip deteksi koheren, demodulasikan `x` dan tampilkan pola mata.

```
>>y=afilter(mix_lo(x,5000,0),matched('unipolar_nrz'));
>>clf, subplot(211), scope(y(1:4000),'continuous',0.002);
```

Dapatkan saat sampling optimal dan level ambang dan proses untuk perhitungan BER.

```
>>detect(y,<threshold>,<sampling_time>,b)
```

Ulangi percobaan dengan menggunakan gelombang PSK. Untuk membangkitkan dan mendemodulasikan gelombang PSK, gunakan prosedur yang sama seperti

ASK tetapi pada modul dan matched ganti 'unipolar_nrz' dengan 'bipolar_nrz'. Tampilkan lagi pola mata dan dapatkan saat sampling optimum dan threshold untuk kondisi PSK.

Tabel 1. BER ASK dan PSK

Daya Derau	P_e - ASK	P_e - PSK
0.5 W		
1 W		
2 W		
3 W		

Kesulitan utama dalam mengimplementasikan deteksi koheren terletak pada osilator lokal, karena pemancar dan penerima harus sinkron, atau setidaknya pemancar menginformasikan fase dan frekuensi dari L.O. (osilator lokal) pemancar (ada pemborosan bandwidth). Pada kenyataan, deteksi koheren tidak pernah bebas dari masalah *phase jitter* dan *frequency drift*.

2.3 Kesalahan Fase (phase error) : Ulangi percobaan di atas dengan gelombang PSK untuk daya derau 1 W dan dengan tambahan kesalahan fase pada proses modulasi, misal :

```
>>y=afilter(mix_lo(x,5000,<phase_error>),
    matched('bipolar_nrz'));
```

di mana kesalahan fase dinyatakan dalam derajat. Karena untuk 0° sudah dilakukan pada percobaan sebelumnya, selanjutnya amati pengaruh kesalahan fase untuk harga kesalahan fase yang telah diberikan pada Tabel 2 dan catat P_e yang dihasilkan.

2.4 Frekuensi drift. Bangkitkan urutan biner 500-bit dan modulasikan untuk menghasilkan gelombang ASK:

```
>>b=round(rand(1,500));
```

Error Phase	0°	5°	10°	25°	50°	75°
P_e						

```
>>s=mix_lo(modul(b,'unipolar_nrz'),5000,0);
```

Demodulasikan sinyal tersebut dengan menggunakan LO dengan frekuensi (5 kHz) dan dengan menggunakan LO yang mengalami pergeseran frekuensi (4.975 kHz).

```
>>y=afilter(mix_lo(s,5000,0),matched('unipolar_nrz'));
>>yd=afilter(mix_lo(s,4975,0),matched('unipolar_nrz'));
```

amati dan bandingkan dua gelombang untuk 50 periode bit pertama:

```
>>clf, subplot(211), scope(y,'one-shot',0.05);
>>subplot(212), scope(yd,'one-shot',0.05);
```

Beri nama gambar tersebut dengan Gambar 5.

Cetak gambar ini

Dari gambar tentukan frekuensi dari selubung sinyal output matched filter, y_d .

Frekuensi Selubung = [Hz]

2.5 Selanjutnya modulasikan urutan b yang telah dibangkitkan di atas untuk menghasilkan gelombang PSK:

```
>>s=mix_lo(modul(b,'bipolar_nrz'),5000,0);
```

Demodulasikan s seperti yang telah dilakukan pada gelombang ASK di atas menggunakan frekuensi osilator lokal sbb: {4999.5, 4999.4, 4999.3, 4999.2, 4999.1, 4999.0} Hz. Ingat gunakan matched filter yang sesuai untuk pulsa bipolar NRZ. Dapatkan laju bit error P_e untuk tiap kondisi. Gunakan lagi diagram pola mata untuk menentukan waktu *sampling optimum* dan *threshold*. Catat asil percobaan di Tabel 3.

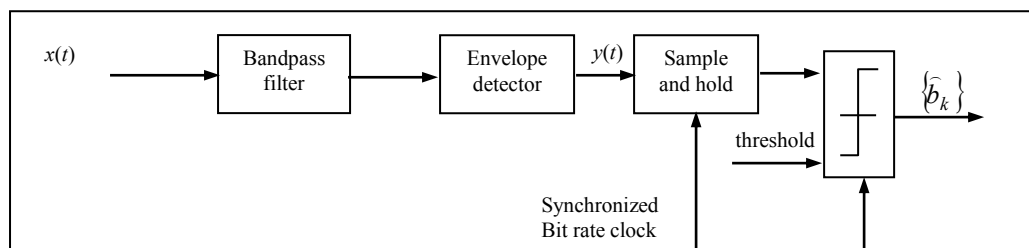
Tabel 3. BER vs. Error Frequency Sinyal PSK

Frekuensi LO [Hz]	4999.5	4999.4	4999.3	4999.2	4999.1	4999.0
P_e						

3. Deteksi Nonkoheren Sinyal Digital Termodulasi Bandpass

Gambar 3 menggambarkan struktur penerima nonkoheren untuk sinyal ASK. Deteksi nonkoheren tidak memerlukan sinkronisasi antara osilator lokal dengan carrier. Sehingga P_e yang diperoleh dengan penerima nonkoheren secara umum lebih tinggi daripada P_e yang diperoleh dengan penerima koheren dengan osilator benar-benar sinkron.

Filter bandpass umumnya mempunyai bandwidth $1/T$ dan membatasi derau *out-of-band* dan interferensi yang terjadi dalam sistem. Detektor selubung terdiri dari penyearah diikuti dengan filter lowpass dengan frekuensi cut-off f_o . Penting untuk diingat bahwa f_o dipilih dalam interval $[W, f_c]$, di mana W adalah bandwidth sinyal dan f_c adalah frekuensi pembawa.



Gambar 3. Deteksi Nonkoheren Sinyal ASK Menggunakan *Envelope-Detector*

- 3.1 Buat gelombang ASK dan demodulasikan dengan menggunakan penerima nonkoheren di mana *envelope detector* mempunyai frekuensi cut-off 3500 Hz.

```
>>b=[1 0 1 0 0 1 1 0 round(rand(1,12))];
>>sa=mix_lo(modul(b,'unipolar_nrz'),5000,0);
>>ya=envelope(sa,3500);
```

Tampilkan 8 periode bit pertama dari kedua gelombang termodulasi dan output *envelope detector*. Beri nama gambar tersebut dengan Gambar 6.

Cetak gambar ini

Dapatkah pendekodean ambang (*threshold decoding*) diaplikasikan pada output detektor?

- 3.2 Ulangi bagian ASK pada Bagian 2.2 dengan daya derau 0.05 W untuk kedua detektor koheren dan nonkoheren. Untuk deteksi nonkoheren, demodulator harus diganti dengan envelope detection. Seperti pada Bagian 3.1. Gunakan urutan 10000 bit:

```
>>b=round(rand(1,10000));
```

Untuk deteksi koheren gunakan threshold dan harga t_{opt} yang telah ditentukan pada Bagian 2.2, sedangkan untuk deteksi nonkoheren tampilkan pola matanya.

ASK koheren, $\sigma_n^2 = 0.05 \text{ W} \Rightarrow P_e =$

ASK nonkoheren, $\sigma_n^2 = 0.05 \text{ W} \Rightarrow P_e =$

TUGAS PASCA-PERCOBAAN

1. Apakah memungkinkan menghasilkan sinyal FSK dengan menggunakan dua modulator ASK? Jelaskan.
2. Bila kriteria desain yang paling penting adalah efisiensi penggunaan bandwidth dan kinerja BER, maka yang manakah dari skema modulasi berikut : ASK, PSK dan FSK, yang akan anda pilih ?
3. Dalam deteksi koheren, matched filter yang digunakan sama dengan yang digunakan untuk unipolar_NRZ, mengapa? Jelaskan bagaimana cara kerjanya?
4. Suatu sinyal ASK dengan frekuensi carrier f_c didemodulasi dengan mencampurnya dengan output osilator local dengan frekuensi f_o yang sedikit berbeda ($f_o \neq f_c$). Hal ini mengakibatkan selubung (*envelope*) dari output *matched filter* menjadi dimodulasi oleh sinusoida dengan frekuensi rendah. Tentukan secara analitik frekuensi dari modulasi parasitik tersebut sebagai fungsi dari f_c dan f_o .

5. Berdasarkan hasil yang anda peroleh di Tabel 3, beri pendapat anda seberapa presisi frekuensi sebuah osilator lokal pada penerima agar diperoleh unjuk kerja yang andal. Anda mendapatkan hasil tersebut pada periode pengamatan 0.5 detik (yaitu 500 bit pada 1 kb/dtk). Apakah laju kesalahan bit akan berubah banyak jika kita perbesar periode pengamatan menjadi 1 bit? Jelaskan. Petunjuk: mulai dari persamaan sinyal yang didemodulasi yang termasuk di dalamnya pengaruh kesalahan frekuensi.
6. Untuk dua keadaan (ASK dan PSK) yang kita bahas di bagian 2.2, hitung laju kesalahan bit teoritis. Ingat bahwa:

$$S_n(f) = N_0/2 = \sigma_n^2/(2 \times \text{bandwidth sistem})$$

di mana bandwidth sistem dalam hal ini adalah 8 kHz. Petunjuk: untuk menentukan E_b anda harus menghitung energi dari pulsa RF,

7. Gambarkan susunan dari sebuah detektor non-koheren untuk FSK. Sebutkan sumber yang anda gunakan.