

V. PRAKTIKUM 4— Frekuensi ofset dan Kandidat Frekuensi Pusat

V.1 PENDAHULUAN

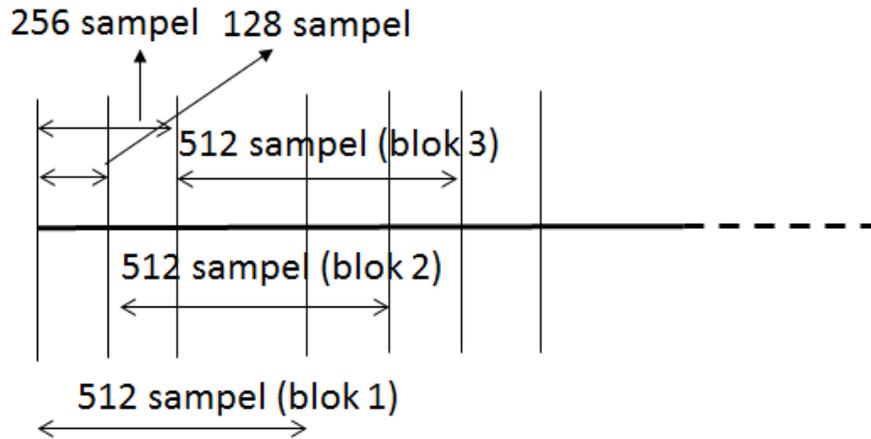
Dalam PRAKTIKUM 4 ini, akan dibahas pelaksanaan offset frekuensi untuk mengompensasi perbedaan frekuensi yang terjadi secara sengaja maupun tidak sengaja antara frekuensi karier yang dibangkitkan oleh osilator lokal disisi pemancar maupun penerima. Offset frekuensi akan menyebabkan gangguan signifikan sistem komunikasi digital. Meskipun penanganan offset frekuensi telah dipelajari dengan seksama bahkan dengan cara yang sangat rinci, namun, bagaimana praktis untuk mengimplementasikannya, masih merupakan tantangan bagi mahasiswa.

PRAKTIKUM 4 akan membahas metode offset frekuensi dengan cara menawarkan beberapa kandidat frekuensi pusat dalam kisaran ± 150 Hz dengan pusat 150 Hz. Untuk melaksanakan proses ini, prosesor melakukan cara-cara sebagai berikut. Pertama, mari kita perhatikan sinyal hasil pengondisian sinyal pada percobaan terdahulu yakni, 2×46080 sampel sinyal AFSK yang kemudian disegmentasi ke dalam blok-blok di mana setiap blok dapat membawa simbolnya masing-masing dengan cara pergeseran frekuensi. Setiap blok kemudian di-*window* dan selanjutnya dianalisis dengan menggunakan metode *Short Time Fourier Analysis* dengan memanfaatkan library FFTW untuk merepresansikan suatu spektrum daya yang mempunyai beberapa maxima lokal spektrum daya, dan selanjutnya harga maksima lokal ini dipakai sebagai kandidat frekuensi pusat (CFC). Spektrum daya rata-rata seluruh seluruh blok (180 blok) adalah landasan untuk menemukan semua kandidat frekuensi pusat. Panjang blok untuk tujuan perhitungan ini adalah 512 sampel dan beringsut dengan 128 sampel. Karena itu, kita memiliki 360 blok spektrum daya, untuk dirata-rata. Sekarang kita memiliki spektrum daya rata-rata yang diwakili oleh 512 titik, yang merupakan daya rata-rata dari seluruh sinyal AFSK dengan bandwidth 375 Hz dan dengan resolusi sebesar 0,7324 Hz per titik (yakni: $375 \text{ Hz} / 512$). Kemudian, dilakukan proses perataan dengan 7 titik jendela, yang dimaksudkan untuk menangkap maksimum lokal di kisaran bandwidth 6 Hz. Namun demikian, untuk mempercepat proses maupun dengan asumsi bahwa offset frekuensi tidak akan lebih jauh dari 300 Hz, maka selanjutnya pemaparan spektrum daya ini dibatasi hingga 300 Hz (yakni: diwakili oleh 411 poin) dengan pusat 150 Hz. Langkah selanjutnya adalah mencari maxima lokal atas spektrum daya untuk menemukan CFC, tetapi jumlahnya dibatasi tidak lebih dari 200.

V.2 MENYIAPKAN KANDIDAT FREKUENSI PUSAT

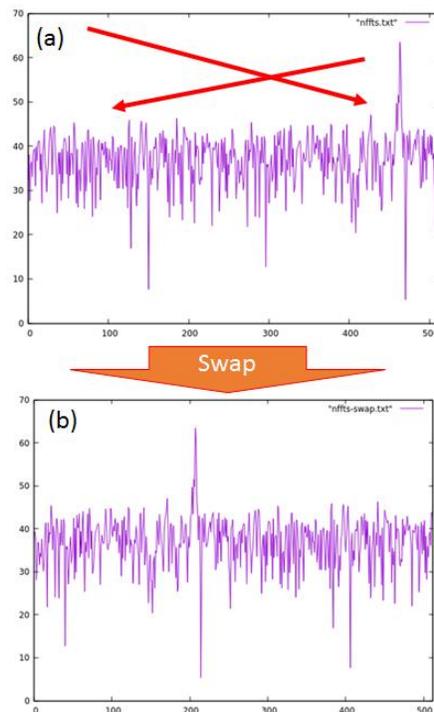
Telah disebutkan pada PRAKTIKUM 3 bahwa dari pengondisian sinyal didapat sinyal sefasa dan quadratur di domain waktu dengan panjang 46080 sampel, dengan frekuensi sampling 387 Hz, yang merepresentasi 180 blok simbol. Dengan demikian 1 blok simbol terdiri dari 256 sampel. Selanjutnya proses mencari frekuensi pusat dilaksanakan dengan analisis Transformasi Fourier setiap 2 blok (2×256 sampel) atau 512 sampel, dengan bergeser $\frac{1}{2}$ blok, sehingga diperlukan loop

sebanyak $nfft$ s atau $360 \left[\left\{ \left(\frac{46080}{512} \right) * 4 \right\} - 1 \right]$ loop. Ilustrasi pergeseran blok untuk analisis frekuensi dapat dilihat pada Gambar V-1 dibawah ini.

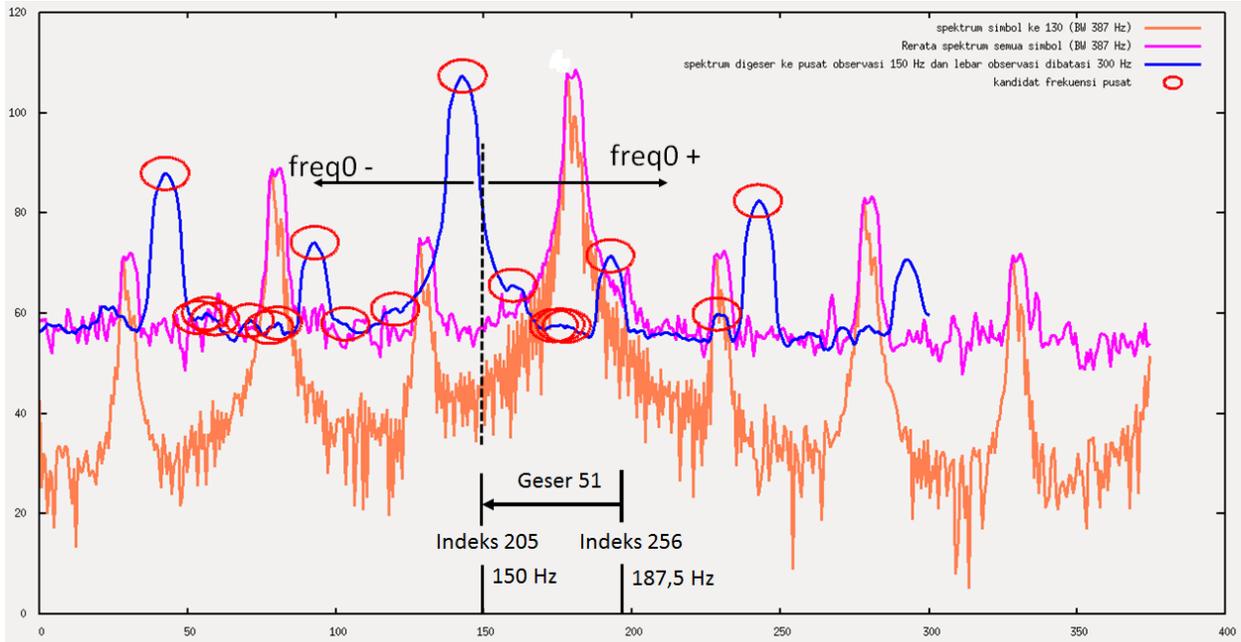


Gambar V-1: Ilustrasi geseran blok untuk analisis frekuensi. Lebar blok 512 dan beringsut sejauh 128 sampel untuk analisis blok selanjutnya.

Spektrum frekuensi hasil analisis setiap blok masih harus diswap terlebih dahulu sebelum dilaksanakan pemrosesan lebih lanjut. Gambar spektrum sebelum dan sesudah proses swap dapat dilihat pada Gambar V-2(a) dan (b).



Gambar V-2: Spektrum power tipikal dari suatu blok simbol sebelum dan sesudah proses swap



Gambar V-3: Plotting dari tipikal spektrum rata-rata dari 180 blok sinyal. Lingkaran merah menunjukkan kandidat frekuensi pusat yang akan diuji oleh algoritma correlation receiver untuk menguji validitas keberadaannya.

Pemanfaatan library FFTW untuk analisis FFT secara cepat dan berulang maka perlu persiapan seperti dibawah ini,

```
fftin=(fftwf_complex*) fftwf_malloc(sizeof(fftwf_complex)*512);
fftout=(fftwf_complex*) fftwf_malloc(sizeof(fftwf_complex)*512);
PLAN3 = fftwf_plan_dft_1d(512, fftin, fftout, FFTW_FORWARD, PATIENCE);
```

Dimana fftin terdiri dari fftin[i][0] dan fftin[i][1] adalah input FFT bilangan kompleks, sedangkan fftout juga terdiri dari fftout[i][0] dan fftout[i][1] adalah output FFT yang berupa bilangan kompleks juga, dengan jumlah unit pemrosesan adalah 512, selanjutnya disimpan dalam rencana proses PLAN3 untuk menunggu eksekusi. Jika fftin sudah siap maka tinggal mengeksekusi saja dengan fungsi sbb,

```
fftwf_execute(PLAN3);
```

untuk menghasilkan fftout[i][0] dan fftout[i][1].

Proses ini terus berulang hingga nffts(360) kali, sbb,

```
for (i=0; i<nffts; i++) { /* loop */
```

Selanjutnya menghitung rerata semua simbol dengan formula sbb,

$$A_j = \sum_{i=0}^{nffts-1} P_j(i)$$

Dimana,

A_j : spektrum rerata untuk semua frekuensi indeks j .

i : urutan indeks analisis yang diproses.

$nfft_s$: jumlah analisis frekuensi yang dihitung setiap 2 blok dengan pergeseran $\frac{1}{2}$ blok, sehingga $nfft_s$ adalah 360.

$P_j(i)$: spektrum power untuk blok analisis ke i .

```
for (i=0; i<512; i++) psavg[i]=0.0;
for (i=0; i<nfft_s; i++) {
    for (j=0; j<512; j++) {
        psavg[j]=psavg[j]+ps[j][i];
    }
}
```

Plotting dari rerata semua simbol $psavg[j]$ dapat dilihat pada kurva ungu dalam Gambar V-3.

Proses selanjutnya adalah melaksanakan proses smoothing 7 titik serta pembatasan wilayah observasi hanya pada batas -150 Hz s/d +150 Hz. Frekuensi resolusi df pada langkah ini adalah 0,7324 Hz yang berasal dari 375 Hz dibagi 512 titik (375/512). Sehingga 7 titik identik dengan BW 5,8592 Hz. Tujuan smoothing ini adalah filter menangkap sinyal dengan BW maksimum 6 Hz. Hasil proses smoothing nampak pada Gambar disamping. Proses smoothing 7 titik dilakukan seperti pada persamaan dibawah ini,

$$S_i = \sum_{j=-3}^{j=+3} A_{i+51+j}$$

Dimana,

S_i adalah spektrum power hasil proses smoothing 7 titik.

i adalah indeks dari 0 s/d 411.

A_i adalah spektrum power rerata dengan indeks frekuensi i

Perhatikan Gambar V-3, angka 411 dimaksudkan untuk mentranslasi wilayah observasi atau bandwidth dari 375 Hz menjadi 300 Hz dengan titik tengah 150 Hz atau frekuensi indeks 205,

dengan struktur sintak sbb,

```

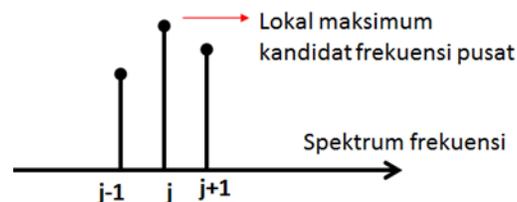
/** Smoothing dengan 7-point window dan dibatasi spectrum to +/-150 Hz */
int window[7]={1,1,1,1,1,1,1};
float smspec[411];

float plot[411],xplot=7;
for (i=0; i<411; i++) {
    smspec[i]=0.0;
    plot[i]=0.0;
    for(j=-3; j<=3; j++) {
        k=256-205+i+j;
        smspec[i]=smspec[i]+(window[j+3]*psavg[k]);
        plot[i]=plot[i] + (window[j+3]*psavg[k]/xplot); /* xplot hanya untuk
                                                    keperluan plotting */
    }
}

```

Hasil dari proses smoothing dan pergeseran kekiri dengan 51 indeks dengan maksud untuk mentranslasi pusat frekuensi dari 187,5 Hz menjadi 150 Hz. Spektrum hasil proses translasi ini ditunjukkan oleh kurva biru pada Gambar V-3.

Selanjutnya yang dicatat adalah CFC yang terjaring oleh operasi pencarian lokal maksimum seperti pada Gambar V-4 dibawah ini. Kandidat frekuensi pusat ditentukan dengan cara mencari lokal maksimum dari 3 sampel frekuensi yang berdampingan. Ilustrasi dari proses mencari lokal maksimum dapat dilihat pada Gambar V-4 dibawah ini.



Gambar V-4: Menentukan lokal maksimum berdasarkan perbandingan level power dari 3 sampel frekuensi yang berdampingan

Sintak untuk memperoleh nilai lokal maksimum dapat dilihat pada penjelasan dibawah ini,

```

for(j=1; j<410; j++) {
    candidate = (smspec[j]>smspec[j-1]) &&
                (smspec[j]>smspec[j+1]) &&
                (npk<200);
    if ( candidate ) {
        freq0[npk]=(j-205)*df; /* freq0[npk] adalah nilai relatif
                                terhadap 150 Hz (i=205) kekiri(-)
                                atau kekanan (+) */

        fplot[npk]=j*df;
        pplot[npk]=plot[j];
        snr0[npk]=10*log10(smspec[j])-snr_scaling_factor;
        npk++;
    }
}

```

Nilai `freq0[npk]` yang diperoleh adalah nilai relatif terhadap indeks 205 (150 Hz). Jika `freq0[npk]` positif artinya CFC terletak disebelah kanan atau lebih besar dari 150 Hz, dan jika negatif artinya CFC tersebut berada di sebelah kiri atau lebih kecil dari 150 Hz. Hal ini akan memudahkan jika nanti kembali untuk menganalisis spektrum semula yang mempunyai frekuensi pusat observasi pada 187,5 Hz atau indeks 256 (tinggal menambahkan angka 256).

Namun demikian dengan pendekatan heuristik (pengalaman praktek) jumlah kandidat dapat dibatasi maksimum 200 atau frekuensi drift tidak lebih dari +/- 110 Hz atau lebar daerah observasi 220 Hz, tidak perlu sampai +/- 150 Hz atau lebar daerah observasi 300 Hz.

V.7 LANGKAH PERCOBAAN

1. Siapkan modul Raspberry Pi.
2. Nyalakan modul Raspberry Pi hingga siap menerima perintah.
3. Buka command terminal, masuk ke direktori "PRAKTIKUM-CAND".
4. Jalankan program "wsprd" dengan argumen file wav atau raw yang sudah pernah direkam pada praktikum-praktikum sebelumnya.

```
%> ./wsprd xxxxx.WAV \r  
%> ./wsprd xxxxx.raw \r
```
5. Hitunglah terdapat berapa kandidat frekuensi pusat yang ada dengan cara menghitung jumlah lingkaran merah.
6. Lakukan langkah 4 untuk beberapa file wav atau raw.
7. Cari blok sintak yang mencari kandidat (candidate) dengan cara mencari lokal maksimum.
8. Sisipkan "printf()" untuk melihat kemungkinan lokal maksimum seperti pada Gambar V-3, selanjutnya dengan menyisipkan `getchar()`, hitunglah secara manual jumlah lokal maksimum yang terlihat pada upaya manual ini.

V.8 LAPORAN PRAKTIKUM

1. Jelaskan fungsi dari masing masing baris pada blok sintak dibawah ini,

```
fftin=(fftwf_complex*) fftwf_malloc(sizeof(fftwf_complex)*512);  
fftout=(fftwf_complex*) fftwf_malloc(sizeof(fftwf_complex)*512);  
PLAN3 = fftwf_plan_dft_1d(512, fftin, fftout, FFTW_FORWARD, PATIENCE);  
  
fftwf_execute(PLAN3);
```
 2. Bagaimana cara program ini untuk melaksanakan proses smoothing.
 3. Bagaimana cara mendapatkan kandidat frekuensi pusat.
 4. Laporan dikumpulkan sebelum PRAKTIKUM 5 dilaksanakan.
-

