Biomodeling

Linier Prediction

Oleh :

Eko Agus Suprayitno

Departemen Teknik Biomedik

Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Diketahui :

Sebuah sinyal sample $x(m)$ adalah sinyal hasil perekaman suara.

Ditanya :

Kembangkan program komputer untuk membentuk sinyal hasil *linier prediction*.

Dijawab :

A. Membentuk Sinyal Hasil Linier Prediction

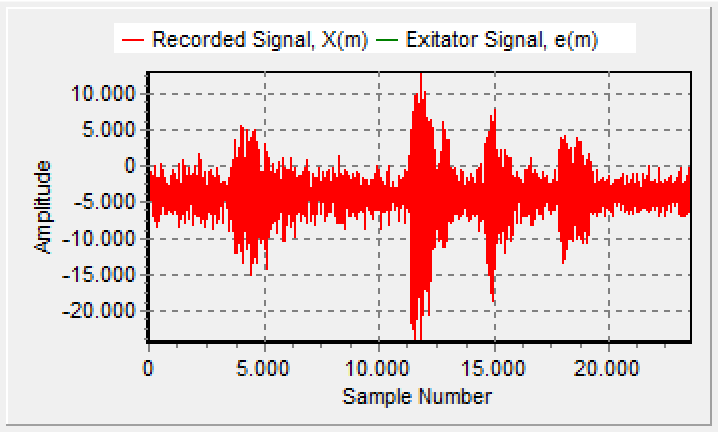
1. Memplot sinyal sample $x(m)$

```
procedure TForm1.SpeedButton13Click(Sender: TObject);
var  i : integer;
begin

  i:=0;
  assignfile(filename,'2_DataSuara.txt');
  reset(filename);
  while not eof(filename) do
  begin
    readln(filename,x[i],x[i]);
    i:=i+1;
  end;
  Ndata:=i-1;
  CloseFile(filename);

  for i := 0 to Ndata-1 do
  begin
    Series1.AddXY(i, x[i]);
  end;
```

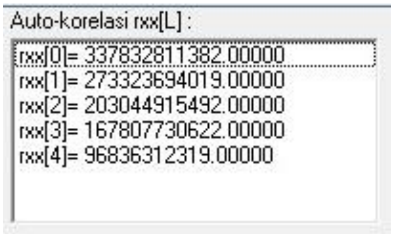
Hasilnya adalah sebagai berikut :



2. Mencari nilai auto-korelasi dari sinyal sample $x(m)$ untuk sejumlah time-lag, $r_{xx}(l)$

$$r_{xx}(l) = \sum_{m=0}^{M-1} x[m].x[m-l] \;\; dimana \; l = 0,1,2,\dots,M-1$$

Hasilnya adalah sebagai berikut :



3. Membentuk matrik R_{xx}

$$R_{xx} = \begin{pmatrix} r_{xx}(0) & r_{xx}(1) & r_{xx}(2) & \dots & r_{xx}(P-1) \\ r_{xx}(1) & r_{xx}(0) & r_{xx}(1) & \dots & r_{xx}(P-2) \\ r_{xx}(2) & r_{xx}(1) & r_{xx}(0) & \dots & r_{xx}(P-3) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{xx}(P-1) & r_{xx}(P-2) & r_{xx}(P-3) & \dots & r_{xx}(0) \end{pmatrix}$$

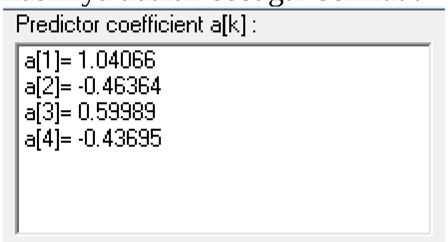
4. Mencari invers matrik R_{xx}

5. Mencari nilai koefisien prediktor, a

$$a = {R_{xx}}^{-1} r_{xx}$$

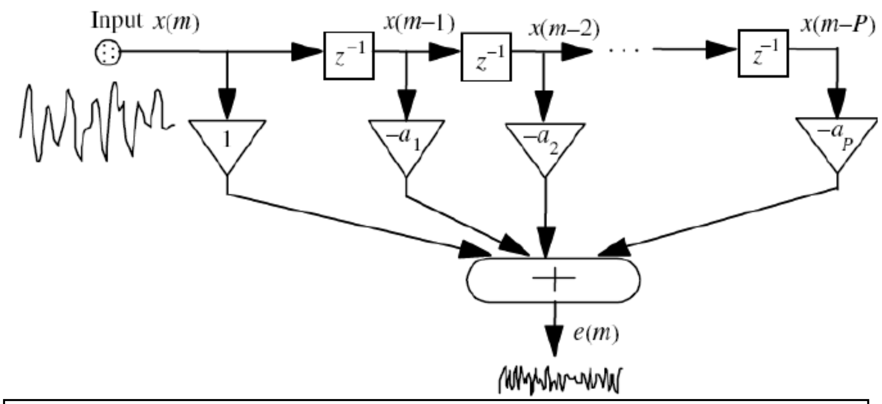
$$\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ \vdots \\ a_P \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{xx}(0) & r_{xx}(1) & r_{xx}(2) & \dots & r_{xx}(P-1) \\ r_{xx}(1) & r_{xx}(0) & r_{xx}(1) & \dots & r_{xx}(P-2) \\ r_{xx}(2) & r_{xx}(1) & r_{xx}(0) & \dots & r_{xx}(P-3) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{xx}(P-1) & r_{xx}(P-2) & r_{xx}(P-3) & \dots & r_{xx}(0) \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} r_{xx}(1) \\ r_{xx}(2) \\ r_{xx}(3) \\ \vdots \\ r_{xx}(P) \end{pmatrix}$$

Hasilnya adalah sebagai berikut :



6. Mencari nilai error $e(m)$ dengan menggunakan *inverse filtering*,

$\left(a^{inv}\right)^T$ = $[1, -a_1, -a_2, -a_1, \dots., -a_p]$



Hand out kuliah teknik pemrosesan sinyal lanjut 2011, Achmad Arifin P.hD

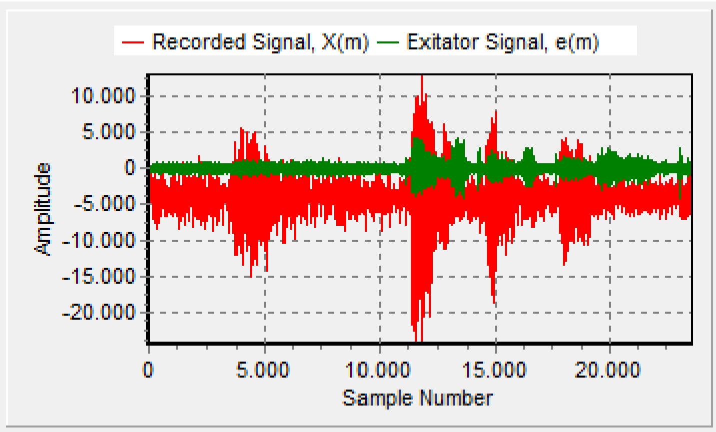
Sesuai diagram sistem *inverse filtering* diatas bisa dihasilkan persamaan error sebagai berikut :

$$e(m) = x(m)1 + \left(-a_1 x(m-1) - a_2 x(m-2) - \cdots - a_p x(m-p)\right)$$

$$= x(m) - \sum_{k=1}^{p} a_k x(m-k)$$

$$= \left(a^{inv}\right)^T x$$

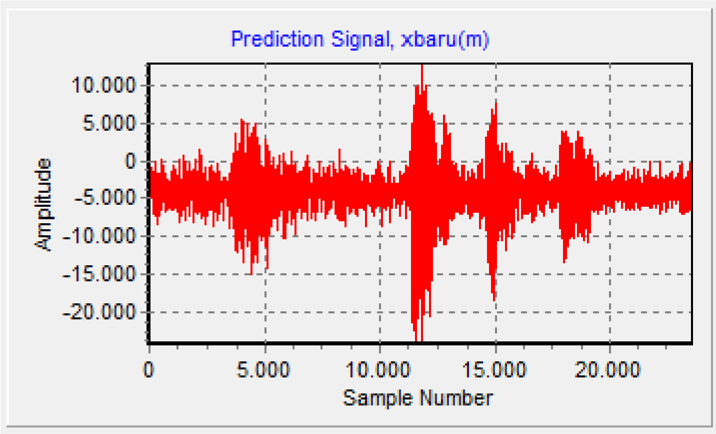
Tampilan sinyal untuk error $e(m)$ (warna hijau) dengan menggunakan *inverse filtering* adalah sebagai berikut:



7. Membentuk sinyal hasil *linier prediction*, $x(m)_{baru}$:

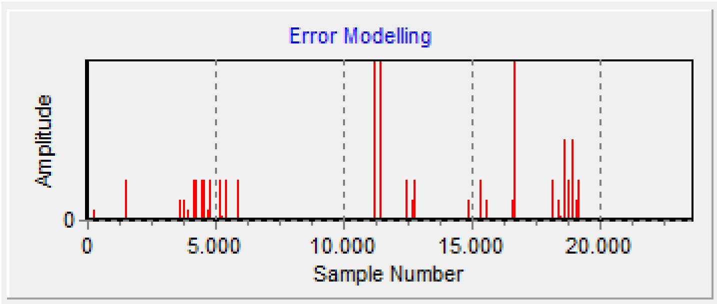
$$x(m)_{baru} = \sum_{k=1}^{P} a_k\, x(m-k) + e(m)$$

Sinyal hasil *linier prediction* $x(m)_{baru}$ adalah sebagai berikut :



8. Menghitung error model dengan persamaan : $x(m) - x(m)_{baru}$

   Sinyal hasil error model adalah sebagai berikut :



9. Melakukan evaluasi error dengan menghitung

   - Mean Squared Error (MSE) = $\frac{\sum_{m=0}^{N-1}(x(m) - x(m)_{baru})^2}{N-1}$

10. Menampilkan response frekuensi.

    Pada linier prediction fungsi transfernya adalah sebagai berikut :

$$H(z) = \frac{1}{1-\sum_{k=1}^{P} a_k z^{-k}}$$

Kemudian dicari magnitudo $|H(\Omega)|$ dengan persamaan berikut ini :

$H(\Omega) = H(z)|z = e^{j\Omega}$ dengan nilai

1. $z = \cos\Omega + j \sin\Omega$
2. $z^{-1} = \cos\Omega - j \sin\Omega$
3. $z^{-2} = \cos 2\Omega - j \sin 2\Omega$

$$H(z) = \frac{1}{1-[a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \dots + a_p z^{-p}]}$$

Dengan mensubstitusikan nilai z pada $H(z)$ didapatkan :

$$H(\Omega) \quad = \frac{1}{1-[a_1(\cos\Omega - j\sin\Omega) + a_2(\cos 2\Omega - j\sin 2\Omega) + \ldots + a_p(\cos \mathrm{p}\Omega - j\sin \mathrm{p}\Omega)]}$$

$$= \frac{1}{1-[a_1\cos\Omega + a_2\cos 2\Omega + \ldots + a_p\cos \mathrm{p}\Omega \; - \; a_1 j\sin\Omega - a_2 j\sin 2\Omega - \cdots - a_p j\sin \mathrm{p}\Omega\,]}$$

Dengan mengingat permisalan 1 – (a – bj) = 1 – a + bj, bagian real & imajiner pada persamaan diatas dapat dipisahkan sehingga

$$H(\Omega) = \frac{1}{1-\,(a_1\cos\Omega + a_2\cos 2\Omega + \ldots + a_p\cos \mathrm{p}\Omega) + j\,(\,a_1 j\sin\Omega + a_2 j\sin 2\Omega + \cdots + a_p j\sin \mathrm{p}\Omega)}$$

Memisah bagian real dan imajiner kemudian menguadratkan ruas kiri kan kanan persamaan

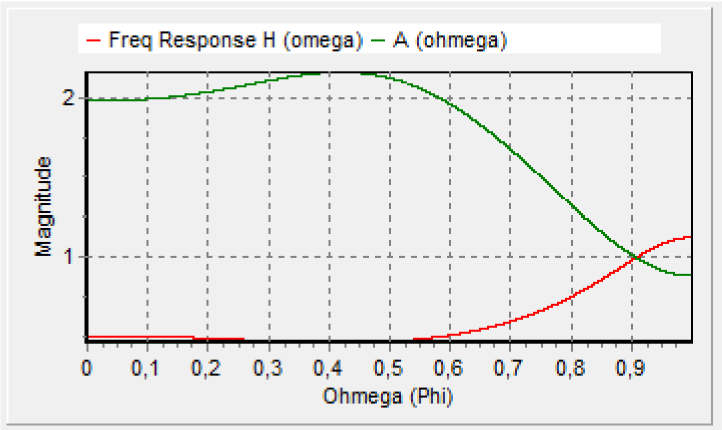
$$(H(\Omega))^2 = \frac{1}{[1-\,(a_1\cos\Omega + a_2\cos 2\Omega + .. + a_p\cos \mathrm{p}\Omega)]^2 + [j\,(\,a_1 j\sin\Omega + a_2 j\sin 2\Omega + .. + a_p j\sin \mathrm{p}\Omega)]^2}$$

$$|H(\Omega)| = \frac{1}{\sqrt{[1-\,(a_1\cos\Omega + a_2\cos 2\Omega + . + a_p\cos \mathrm{p}\Omega)]^2 + |(j)^2|[(\,a_1 j\sin\Omega + a_2 j\sin 2\Omega + .. + a_p j\sin \mathrm{p}\Omega)]^2}}$$

Sehingga nilai **magnitudonya** adalah sebagai berikut :

$$|H(\Omega)| = \frac{1}{\sqrt{[1-\,a_1\cos\Omega - a_2\cos 2\Omega - .. - a_p\cos \mathrm{p}\Omega]^2 + [(\,a_1 j\sin\Omega + a_2 j\sin 2\Omega + .. + a_p j\sin \mathrm{p}\Omega)]^2}}$$

Sehingga tampilan response frekuensinya adalah sebagai berikut :



Analisa :

- Perbandingan nilai sinyal rekaman dengan sinyal hasil prediksi

Sinyal hasil prediksi x_baru[i] adalah sinyal yang dibentuk dengan menggunakan sinyal eksitator, e(m) hasil dari *invers filtering*. Jika dibandingkan antara nilai sinyal hasil prediksi, x_baru[i] dengan sinyal rekaman, x[i] maka menghasilkan perbandingan seperti pada gambar sebagai berikut :