



Teknik Pengolahan Sinyal

Dasar Filter FIR dengan Metode Sampling Frekuensi

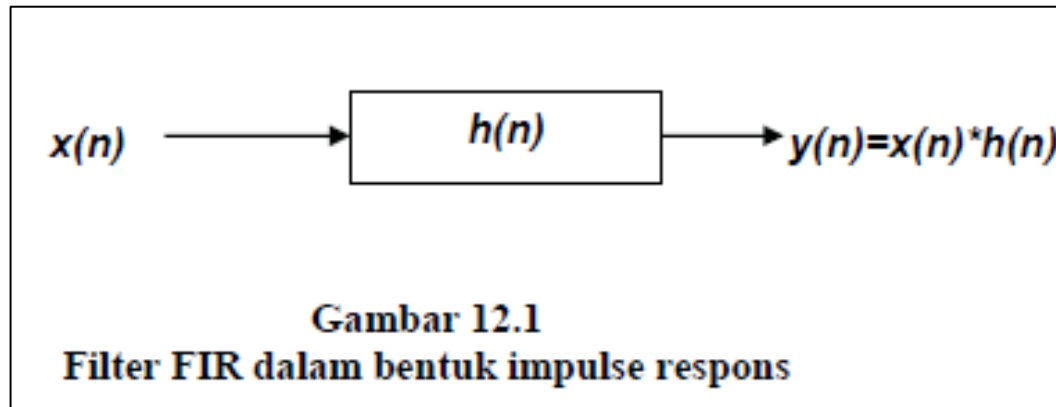
Aqil Aqthobirrobbany, S.T., M.Eng.



Pendahuluan



Kita akan mempelajari beberapa metode untuk mendesain filter FIR. Filter FIR pada umumnya dinyatakan dalam bentuk *impulse response* seperti pada Gambar 12.1, sehingga hasil akhir dari proses desain suatu filter FIR adalah nilai dari $h(n)$.



Filter FIR dapat didesain dengan banyak metode, namun dalam materi ini akan dibahas tiga metode utama:

- 1. Metode Sampling Frekuensi** (Minggu 13)
- 2. Metode Window** (Minggu 14)
- 3. Metode Optimal** (Minggu 15)



Metode yang diajarkan dalam bab-bab ini bertujuan untuk memberikan pengetahuan dasar tentang cara menghitung *impulse response*, $h(n)$, dari filter FIR secara manual. Dalam aplikasi praktisnya $h(n)$ tidak akan selalu dihitung secara manual. Desain filter FIR akan dilakukan dengan menggunakan program komputer karena nilai $h(n)$ yang harus dihitung akan sangat banyak. Ada banyak program komputer yang dapat digunakan untuk menghitung $h(n)$ dari FIR. Pada modul-modul ini kita akan mempelajari juga cara menggunakan Matlab untuk mendesain filter FIR.

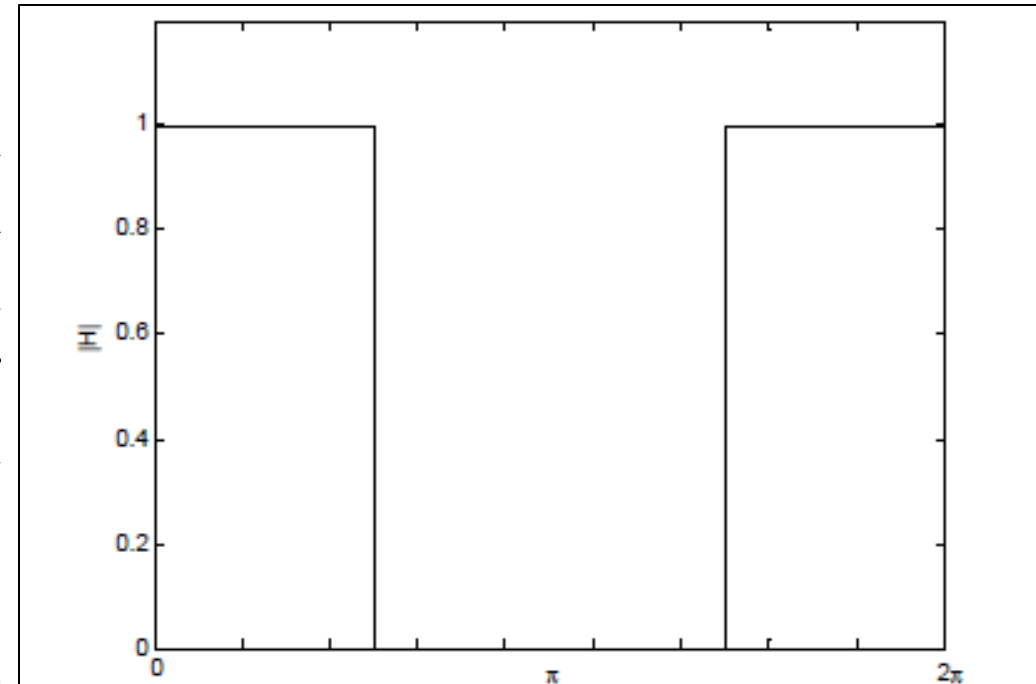
Setelah mempelajari materi pada bab ini maka mahasiswa akan dapat mendesain filter FIR dengan metode sampling frekuensi, baik secara perhitungan manual maupun dengan menggunakan perangkat lunak pendukung.

Metode Sampling Frekuensi



Metode ini adalah metode yang sederhana tetapi menghasilkan respon frekuensi yang tidak terlalu sempurna karena kita tidak dapat dengan mudah menentukan *ripple* baik pada *passband* maupun *stopband*. Metode ini menggunakan langkah-langkah yang akan dijelaskan dengan menggunakan contoh berikut ini dimana kita akan merancang LPF filter dengan orde, $N = 8$, dan $\Omega_c = 8$. Langkah-langkah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Gambarlah respon frekuensi ideal dari filter yang akan dibuat dari 0 sampai 2π . Gambar tersebut dimulai dari $|H| = 1$ sampai titik $5/9\pi$ kemudian turun menjadi $|H| = 0$ sampai π . Gambar sesudah $\Omega = \pi$ adalah pencerminan dari respon frekuensi dari $\Omega = 0$ sampai $\Omega = \pi$.

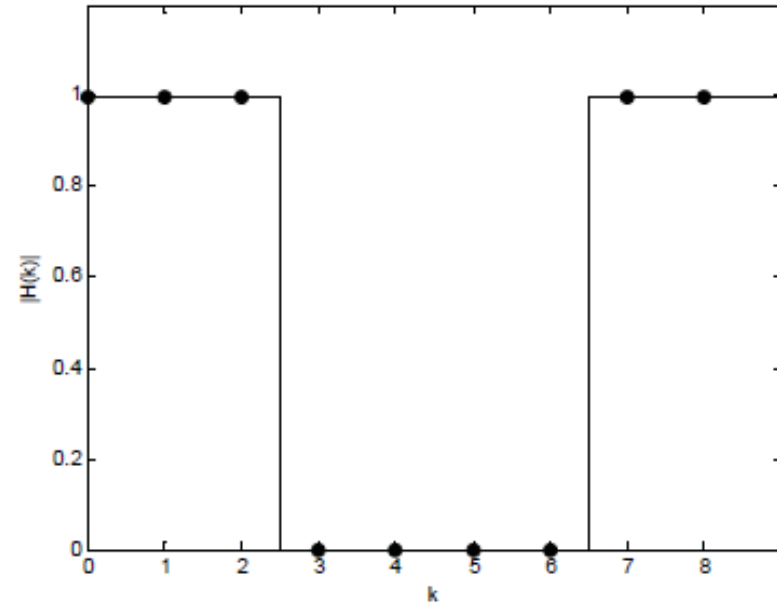


Gambar 12.2
Respon frekuensi ideal dari LPF dengan $\Omega_c = 5/9\pi$.

Metode Sampling Frekuensi



2. Tandailah sebanyak $N+1$ titik sample (dengan interval frekuensi yang sama) pada gambar respons frekuensi tersebut dimana N adalah orde dari filter yang akan dibuat. Karena kita akan merancang filter dengan orde, $N=8$, maka kita menandai 9 titik seperti pada Gambar 12.3. Catatlah nilai dari sample-sample tersebut. Titik-titik sample ini disebut $H(k)$ untuk $k = 0 \dots N-1$.



Gambar 12.3

Titik sample pada respons frekuensi LPF dengan $\Omega_c = 5/9 \pi$.

Nilai $H(k)$ adalah sebagai berikut:

$H(0) =$	1
$H(1) =$	1
$H(2) =$	1
$H(3) =$	0
$H(4) =$	0
$H(5) =$	0
$H(6) =$	0
$H(7) =$	1
$H(8) =$	1

Metode Sampling Frekuensi



2. Hitunglah $h(n)$ dengan menggunakan

$$h(n) = \frac{1}{2M+1} \left\{ H(0) + 2 \sum_{k=1}^M H(k) \cos\left(\frac{2\pi k(n-M)}{2M+1}\right) \right\}$$

dimana $M = \frac{1}{2} N$, jadi untuk contoh ini, $M = \frac{1}{2} (8) = 4$

maka

$$h(n) = \frac{1}{9} \left\{ 1 + 2 \sum_{k=1}^4 H(k) \cos\left(\frac{2\pi k(n-4)}{9}\right) \right\}$$

sehingga

$$h(0) = \frac{1}{9} \left\{ 1 + 2 \left(H(1) \cos\left(\frac{2\pi 1(0-4)}{9}\right) + H(2) \cos\left(\frac{2\pi 2(0-4)}{9}\right) \right) \right\}$$

$$h(0) = \frac{1}{9} \left\{ 1 + 2 \left(\cos\left(\frac{-8\pi}{9}\right) + \cos\left(\frac{-16\pi}{9}\right) \right) \right\} = 0.0725$$

$$h(1) = \frac{1}{9} \left\{ 1 + 2 \left(\cos\left(\frac{-6\pi}{9}\right) + \cos\left(\frac{-12\pi}{9}\right) \right) \right\} = -0.1111$$

$$h(2) = \frac{1}{9} \left\{ 1 + 2 \left(\cos\left(\frac{-4\pi}{9}\right) + \cos\left(\frac{-8\pi}{9}\right) \right) \right\} = -0.0591$$

$$h(3) = \frac{1}{9} \left\{ 1 + 2 \left(\cos\left(\frac{-2\pi}{9}\right) + \cos\left(\frac{-4\pi}{9}\right) \right) \right\} = 0.3199$$

$$h(4) = \frac{1}{9} \{ 1 + 2(\cos(0) + \cos(0)) \} = 0.5556$$

$$h(5) = h(3) = 0.3199$$

$$h(6) = h(2) = -0.0591$$

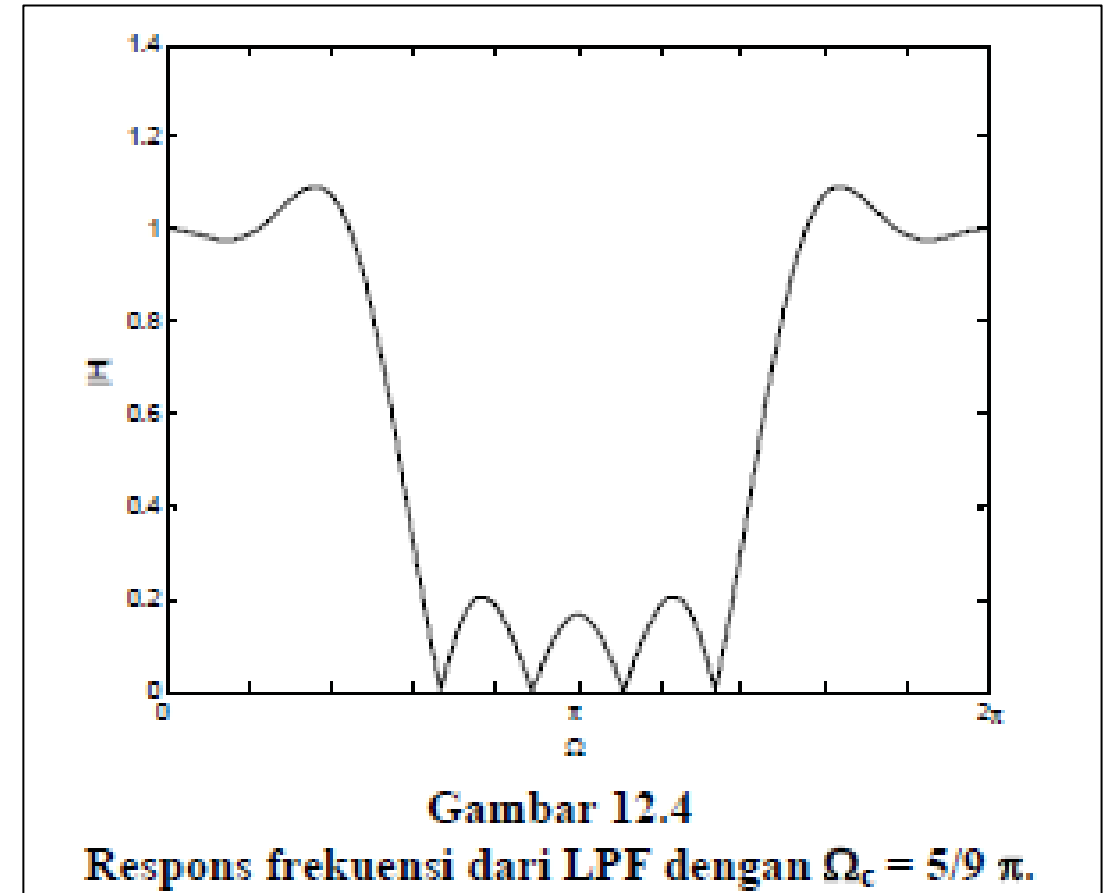
$$h(7) = h(1) = -0.1111$$

$$h(8) = h(0) = 0.0725$$

Metode Sampling Frekuensi

Dengan melakukan 3 langkah di atas maka kita telah selesai mendesain filter FIR orde 8 dengan $\Omega_c = 5/9 \pi$

Untuk memastikan respon frekuensi dari filter yang baru didesain, maka $h(n)$ tersebut ditransformasi ke domain frekuensi dengan FFT dengan bantuan *zero padding* dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 12.4.



Metode Sampling Frekuensi



Gambar 12.4 menunjukkan bahwa filter hasil desain ini memiliki respon frekuensi yang tidak persis sama dengan respon frekuensi yang diharapkan pada Gambar 12.2. Terdapat *ripple* baik pada passband maupun pada stopband. Inilah kelemahan dari metode desain dengan sampling frekuensi. Kita tidak dapat dengan mudah mengatur besarnya ripple dan lebarnya transition band. Metode desain ini memiliki kelebihan yaitu memungkinkan kita merancang filter dengan bentuk respon frekuensi yang sangat bervariasi. Jika filter FIR yang akan kita rancang memiliki orde yang bernilai besar maka digunakan rumus:

$$h(n) = \frac{1}{2M+1} \left\{ H(0) + 2 \sum_{k=1}^{M-\frac{1}{2}} H(k) \cos\left(\frac{2\pi k(n-M)}{2M+1}\right) \right\}$$