

DESAIN RESONATOR REKURSIF IIR SEBAGAI PEMBANGKIT GELOMBANG

Rahmad Hidayat¹, Yakob Liklikwatil², Farhan Adani³

Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Mandala^{1,2}, Institut Teknologi Nasional³

Abstrak

Dengan memperhatikan kelebihan dan kekurangan filter digital IIR terhadap FIR, terdapat sisi positif yang diterapkan dalam banyak realisasi pada sistem pemrosesan sinyal. Salah satu realisasi tersebut adalah resonator digital yang mampu membangkitkan gelombang (osilator). Dengan bantuan Filter Design Toolbox, pada penelitian ini telah didesain dan ditunjukkan kestabilan filter IIR orde dua sebagai resonator pada frekuensi sampling 12 kHz. Koefisien filter berupa pole dan zero yang berada dalam lingkaran satuan menunjukkan kestabilan tersebut untuk frekuensi puncak yang diambil yaitu sebesar 2 kHz dan 4 kHz pada respon magnitude masing-masing filter yang ada.

Kata Kunci: IIR, resonator, osilator

Abstract

By considering the advantages and disadvantages of IIR digital filter over FIR, there is a positive side that is applied in many realizations in signal processing systems. One such realization is a digital resonator capable of generating waves (oscillator). With the help of the Filter Design Toolbox, this research has designed and demonstrated the stability of a second-order IIR filter as a resonator at a sampling frequency of 12 kHz. The filter coefficients in the form of poles and zeros which are in the unit circle indicate that stability for the peak frequencies taken are 2 kHz and 4 kHz in the magnitude response of each existing filter.

Keywords: IIR, resonator, oscillator

1. PENDAHULUAN

Sebagai rangkaian elektronik, filter berfungsi untuk mengolah frekuensi suatu sinyal dimana frekuensi sinyal tersebut akan diloloskan atau diredam sesuai kebutuhan. Filter infinite impulse response (IIR) adalah jenis filter digital yang bersifat rekursif (*close loop*) atau memiliki feedback untuk dapat mengendalikan kestabilan sistem. Filter IIR memiliki tingkat eksekusi yang lebih cepat dibanding finite impulse response (FIR) dan desainnya yang lebih sederhana dengan prototipe filter analog. IIR memiliki variasi frekuensi selektif yang dapat didesain menggunakan formula desain *closed-form*. Yaitu,

setelah masalah ditentukan dalam istilah yang sesuai untuk metode aproksimasi yang diberikan (misalnya, Butterworth, Chebyshev, atau Elliptic), maka orde filter yang akan memenuhi spesifikasi dapat dihitung, dan koefisien (pole dan zero) filter waktu-diskrit dapat diperoleh dengan substitusi langsung ke dalam satu set persamaan desain. Kesederhanaan prosedur desain semacam ini memungkinkan untuk merancang filter IIR dengan perhitungan manual jika perlu, dan ini mengarah pada program komputer non-iteratif langsung untuk desain IIR. Metode ini terbatas pada filter selektif frekuensi, dan hanya mengizinkan

respons magnitudenya untuk ditentukan. Jika bentuk magnitudo lain yang diinginkan, atau jika perlu untuk mendekati respons fase atau *group delay* yang ditentukan, maka diperlukan prosedur algoritmik tertentu [1, 2].

Salah satu pemanfaatan IIR adalah pada perangkat resonator yang berfungsi sebagai pembangkit gelombang. Tujuan penelitian ini adalah untuk merealisasikan resonator rekursif sebagai bagian dari IIR dalam fungsinya sebagai pembangkit gelombang. Berbagai parameter yang ada padanya kemudian dianalisis untuk mendapatkan pembuktian konsep (*proof of concept*).

1.1 Tinjauan Pustaka

Dengan mempertimbangkan filter sederhana orde-dua yang memiliki respon frekuensi didominasi oleh sebuah puncak tunggal pada frekuensi ω_0 [3]. Untuk membuat puncak pada frekuensi $\omega = \omega_0$, kita tempatkan sepasang pole complex-conjugated pada :

$$p_i = r_p e^{\pm j\omega_0} \quad (1)$$

dengan radius $0 < r_p < 1$. Fungsi transfer filter IIR ini dapat dinyatakan dengan :

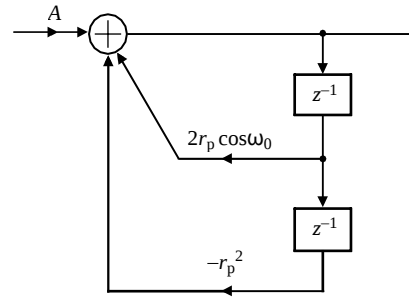
$$H(z) = \frac{A}{(1-r_p e^{j\omega_0} z^{-1})(1-r_p e^{-j\omega_0} z^{-1})} \quad (2)$$

$$H(z) = \frac{A}{1-2r_p \cos(\omega_0)z^{-1}+r_p^2 z^{-2}} \quad (3)$$

$$H(z) = \frac{A}{1+a_1 z^{-1}+a_2 z^{-2}} \quad (4)$$

$x(n)$

$y(n)$



Gambar 1. Alur sinyal pada filter resonator orde-dua

dengan A merupakan penguatan (gain) tetap yang digunakan untuk normalisasi filter ke unit satuan pada ω_0 sehingga $[H(\omega_0)] = 1$. Realisasi bentuk langsung (direct form) diperlihatkan pada gambar 1.

Respon magnitude dari filter ternormalisasi diberikan oleh :

$$\begin{aligned} [H(\omega_0)]_{z=e^{-j\omega_0}} &= \frac{A}{[(1-r_p e^{j\omega_0} e^{-j\omega_0})(1-r_p e^{-j\omega_0} e^{-j\omega_0})]} \\ &= 1 \end{aligned}$$

Kondisi ini dapat digunakan untuk menentukan penguatan (gain) :

$$\begin{aligned} A &= [(1-r_p)(1-r_p e^{-2j\omega_0})] \\ &= (1-r_p) \sqrt{1-2r_p \cos(2\omega_0) + r_p^2} \end{aligned} \quad (5)$$

Bandwidth_{3-dB} filter sebesar :

$$[H(\omega)]^2 = \frac{1}{2} [H(\omega_0)]^2 = \frac{1}{2} \quad (6)$$

Terdapat dua solusi pada kedua sisi ω_0 , dan bandwidth filter (BW) merupakan selisih kedua frekuensi tersebut. Ketika pole-pole terletak di unit lingkaran, BW mendekati harga $BW \approx 2(1-r_p)$ (7)

Kriteria desain ini menentukan harga r_p untuk BW yang ada. Nilai r_p sebesar 1 merupakan puncak yang

lebih tajam. Dari persamaan (4), persamaan Input/Output resonator diberikan dalam:

$$y(n) = Ax(n) - a_1y(n-1) - a_2y(n-2) \quad (8)$$

dimana :

$$a_1 = -2r_p \cos \omega_0 \text{ and } a_2 = r_p^2$$

Osilator rekursif ini adalah cara yang paling efisien untuk menghasilkan bentuk gelombang sinusoidal, terutama jika sinyal kuadratur (sinyal sinus dan kosinus) diperlukan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan *Filter Design Toolbox* yang menyediakan fungsi *iirpeak* untuk mendesain IIR puncak filter dengan syntax berikut:

$$[NUM, DEN] = iirpeak(\omega_0, BW);$$

Metode ini menggunakan resonator dua pole yang sedikit stabil dimana pole-pole terkonjugasi kompleks terletak pada lingkaran satuan ($r_p = 1$). Desain fungsi resonator orde-dua ini memiliki puncak pada frekuensi ω_0 dan bandwidth 3-dB (BW). Di samping itu, dalam keadaan lain dapat digunakan $[NUM, DEN] = iirpeak(\omega_0, BW, Ab)$ untuk mendesain puncak filter dengan bandwidth of BW pada level Ab dalam decibel (dB). Faktor kualitas q untuk filter terkait dengan bandwidth BW adalah $q = \omega_0/BW$.

2.1 Langkah-langkah penelitian

- Menentukan kecepatan sampling sistem, 12 kHz
- Memilih frekuensi puncak pertama yang diinginkan, 2 kHz
- Merumuskan bandwidth filter pertama, 200 Hz

- Memilih frekuensi puncak kedua yang diinginkan, 4 kHz
- Merumuskan bandwidth filter kedua, 100 Hz
- Mendesain filter pertama
- Mendesain filter kedua
- Menganalisis kedua filter

2.2 Pseudocode

```

Fs = 12000; % Kec. Sampling
Wo = 2000/(Fs/2); % Frekuensi
puncak filter pertama
BW = 200/(Fs/2); % Bandwidth
filter pertama
W1 = 4000/(Fs/2); % Frekuensi
puncak filter kedua
BW1 = 100/(Fs/2); % Bandwidth
filter kedua
[b,a] = iirpeak(Wo,BW); % Desain
filter pertama
[b1,a1] = iirpeak(W1,BW1); %
Desain filter kedua
fvtool(b,a,b1,a1); % Analisis

```

2.3 Teknik pengumpulan data

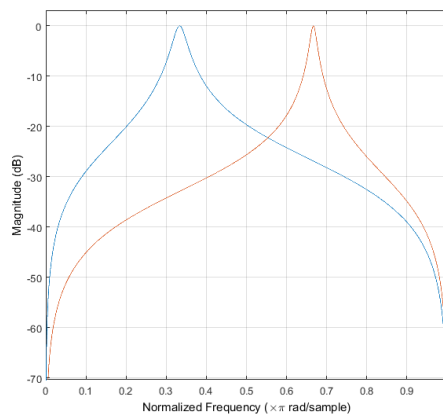
Pengumpulan data tidak lain dari suatu proses pengadaan data primer untuk keperluan penelitian, data yang dikumpulkan harus cukup valid untuk digunakan. Dalam tahap pengumpulan data ini, penulis melakukan beberapa metode berikut:

- Pengumpulan data dengan observasi langsung, yaitu cara pengambilan data dengan menggunakan mata tanpa ada pertolongan alat standar lain untuk keperluan tersebut. Tentunya semua yang akan didata sudah terkonsep dengan baik.
- Pengumpulan data hasil simulasi dan analisis terhadap filter design toolbox
- Pengumpulan data hasil studi literatur dan bibliografi berupa referensi-referensi yang berkaitan dengan desain.

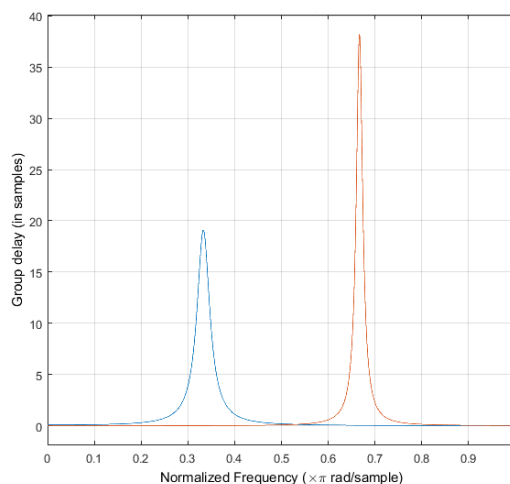
2.4 Teknik analisis

Analisis dilakukan terhadap data yang merupakan tahapan untuk mengetahui dan memahami sistem yang akan dibuat. Selain itu juga dilakukan analisis sistem untuk mengevaluasi kembali terhadap semua tahap penelitian yang dilakukan dan menganalisis hasil yang dicapai, yang menjadi sasaran dalam penelitian ini. Tahap ini diharapkan akan lebih memudahkan di dalam penarikan kesimpulan [4-6].

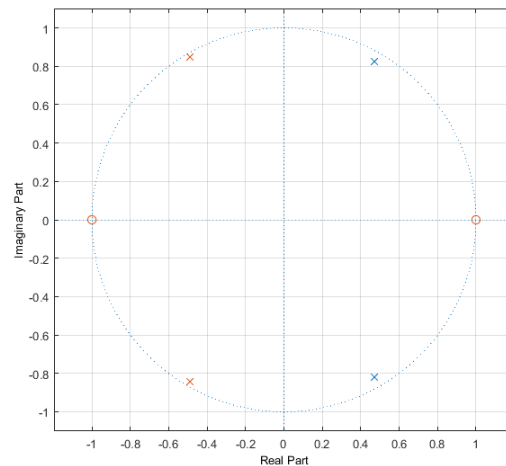
3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2. Reson magnitude



Gambar 3. Group delay



Gambar 4. Plot pole-zero

Dari harga spesifikasi yang diambil dalam penelitian ini, baik filter pertama maupun filter kedua, merupakan IIR waktu diskrit jenis filter Direct-form II transposed dengan panjang numerator dan denominator masing-masing 3 pada keduanya. Kestabilan keduanya ditunjukkan oleh posisi pole-zero yang ada, dimana semua pole berada di dalam lingkaran satuan. Sementara itu dengan memperhatikan posisi pole-pole yang ada tersebut, filter kedua dengan bandwidth lebih kecil menempatkan kedua polenya lebih mendekati lingkaran satuan meskipun dengan faktor kualitas yang lebih besar dibanding filter pertama (40 terhadap 10).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Resonator rekursif IIR telah dirancang dan ditampilkan sesuai spesifikasi yang diinginkan yaitu pada frekuensi 2 kHz dan 4 kHz yang pada dasarnya merupakan osilator recursive pada sistem pemrosesan sinyal guna menghasilkan bentuk gelombang sinusoidal dengan kestabilan tinggi khususnya dalam format sinyal kuadratur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hidayat, R., Syafruddin, Ramady, G.D. (2020). DESAIN LOW PASS FILTER BUTTERWORTH DENGAN KOMPONEN AKTIF VOLTAGE CONTROLLED VOLTAGE SOURCE. *Jurnal Isu Teknologi*, vol.15, no.2, pp. 31-36. <https://www.ejournal.sttmandalabdg.ac.id/index.php/JIT/article/view/185>.
- [2] Oppenheim, Alan V.,. Discrete-time signal processing, Prentice–Hall, Inc., second edition, New Jersey.
- [3] Hidayat, R. (2017) *Matlab pada Sistem Pemrosesan Sinyal dan Komunikasi Digital: Simulasi berbagai aplikasi teknik*, 1st editio. Malang: Penerbit Gunung Samudera [Grup Penerbit PT Book Mart Indonesia].
- [4] Hidayat, R. (2016) Desain dan Analisis Patch Sirkular untuk Aplikasi Antena Tag RFID dengan Algoritma Propagasi Balik Jaringan Syaraf Tiruan. *Prosiding SNaPP: Sains, Teknologi*, vol.6, no.1, pp.1-8.
- [5] Anung dan Hidayat, R. (2014) MENINGKATKAN EFISIENSI KONVERTER DC-DC PENAIK TEGANGAN DENGAN TEKNIK ZERO VOLTAGE SWITCHING (ZVS) UNTUK KOREKSI FAKTOR DAYA BEBAN NONLINIER, *Jurnal Isu Teknologi*, vol. 7, no. 1, pp. 1–14. <http://www.ejournal.sttmandalabdg.ac.id/index.php/JIT/article/view/2>
- [6] Hidayat, R., Setiawan, H., Liklikwatil, Y., Santoso, S., Lestari, N.S. (2017) Antena Cerdas untuk Mitigasi Interferensi dengan Algoritma Least Mean Square. *Setrum*, vol.6 no.1, pp.97-105. <http://dx.doi.org/10.36055/setrum.v6i1.1439>