

# ANALISIS PEMILIHAN NILAI SAMPEL BAND TRANSISI PADA FILTER DIGITAL FIR *LOWPASS* YANG DIRANCANG DENGAN METODE FREKUENSI *SAMPLING*

Raisah Hayati<sup>1</sup>, Ikhwanul<sup>2</sup>, Yassir<sup>3</sup>, Taufik<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: raisah@pnl.ac.id<sup>1</sup>, ikhwanulrio@gmail.com<sup>2</sup>, yassirajalil@gmail.com<sup>3</sup>, abu\_tfk@yahoo.com<sup>4</sup>

**Abstrak** – Secara umum sistem komunikasi terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak yang dirancang untuk mengirim informasi dari pemancar ke penerima, dalam pemrosesan pengiriman sinyal informasi dari pemancar ke penerima sering munculnya interferensi yang mengakibatkan gangguan pada sinyal informasi. Sinyal interferensi tersebut dapat dihilangkan dengan menggunakan filter digital. Filter digital dibagi menjadi dua, yaitu filter digital FIR (*Finite Impulse Response*) dan Filter digital IIR (*Infinite Impulse Response*). Untuk menghilangkan sinyal interferensi tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan filter digital FIR. Pada filter digital FIR sendiri terdapat beberapa metode perancangan, salah satunya adalah metode frekuensi *sampling*. Dalam metode frekuensi itu sendiri terdiri dari dua metode desain, yaitu metode desain naif dan metode desain optimum. Unjuk kerja metode frekuensi *sampling* sangat bergantung pada jenis metode desain yang digunakan. Berdasarkan hasil pengujian filter yang dirancang menggunakan metode frekuensi *sampling* dengan menggunakan metode desain naif nilai attenuasi *stopband*-nya lebih besar dibandingkan menggunakan metode desain optimum. Pada metode desain optimum yang di uji menggunakan dua sampel pada band transisi menghasilkan attenuasi *stopband* yang lebih bagus dibandingkan menggunakan satu sampel pada band transisi. Hasil pengujian nilai S/I penggunaan metode desain naif menghasilkan nilai S/I yang paling besar yaitu 6.0334 dB, dan nilai S/I yang paling kecil diperoleh pada saat penggunaan satu sampel pada pita band transisi yaitu 6.0320 dB. Dari nilai S/I tersebut dapat dilihat bahwa nilai paling besar diperoleh pada saat *ripple* pada *passband* tidak memotong sinyal informasi dan interferensi yang tersisa sedikit.

**Kata-kata kunci:** *Filter Digital, Finite Impulse Response, Metode Frekuensi Sampling, Metode Desain Naif, Metode Desain Optimum, Ratio Signal to Interference*

**Abstract** – In general, the communication system includes of hardware and software that have been designed to send information from the transmitter to the receiver, in the processing of sending information signals from the transmitter to the receiver, interference frequently occurs which results in interference with the information signal. The interference signal can be removed by using a digital filter. Digital filters are categorized into two models, namely FIR (*Finite Impulse Response*) digital filters and IIR (*Infinite Impulse Response*) digital filters. Elimination of the interference signal can be accomplished by using a digital FIR filter. There are several design methods for FIR digital filter itself, one of which is the sampling frequency method. In addition, the sampling frequency method is based on two design methods, which are the naive design method and the optimum design method. The performance of the sampling frequency method is highly dependent on the type of applied design method. Based on the results of the filter testing designed using the sampling frequency method and using the naive design method, the stopband attenuation value is greater than using the optimum design method. The optimum design method tested using two samples in the transition band produces a better stopband attenuation than using one sample on the transition band. The results of the S/I value test using the naive design method produces the largest S/I value of 6.0334 dB, and the smallest S/I value is obtained when using one sample in the transition band at 6.0320 dB. From the S/I value, it can be seen that the largest value is obtained when the ripple in the passband does not cut the information signal and the remaining interference is small.

**Keywords:** *Digital Filters, Finite Impuls Response, Sampling Frequency Method, Naive Design Method, Optimum Design Method, Signal to Interference Ratio.*

## I. PENDAHULUAN

Secara umum sistem komunikasi dirancang untuk mengirimkan informasi dari pemancar ke penerima melalui media transmisi. Dalam proses pengiriman informasi dari pemancar ke penerima melalui media transmisi sering munculnya interferensi yang menyebabkan gangguan pada sinyal informasi. Sinyal interferensi tersebut dapat dihilangkan menggunakan

filter digital. Berdasarkan respon impulsnya, filter digital dibagi dua, yaitu Filter Digital FIR (*Finite Impulse Response*), yaitu Filter Digital yang memiliki respon impuls yang panjangnya terbatas, dan Filter Digital IIR (*Infinite Impulse Response*), yaitu Filter Digital yang memiliki respon impuls yang panjangnya tidak terbatas. Salah satu kelebihan filter digital FIR adalah respon phasanya linier.

Banyak penelitian yang berhubungan dengan filter digital FIR yang telah dilakukan, diantaranya: penelitian Neilcy T. Mooniarsih tahun 2010, berjudul “Desain dan Simulasi Filter Digital FIR menggunakan metode *windowing*”. Dalam penelitian tersebut direalisasikan filter digital FIR yang dirancang dengan metode window untuk melewatkan frekuensi yang diinginkan dan meredam frekuensi lainnya [1]. Dan penelitian Kania Sawitri tahun 2018 berjudul “Desain *Bandpass* Filter Digital FIR dengan Metode Kaiser Window untuk memfilter Sinyal Pinger 37.5 kHz”. Dalam penelitian tersebut untuk mendeteksi sinyal pinger yang mempunyai frekuensi sebesar 37.5 kHz digunakan *hydrophone* [2].

Umumnya penelitian yang telah dilakukan, filter digital FIR dirancang dengan metode *windowing*. Pada perancangan filter digital FIR dengan metode *windowing* memiliki beberapa kelemahan, yaitu pertama kita tidak dapat menentukan spesifikasi *band* frekuensi dengan tepat, jadi kita harus menerima nilai apapun yang diperoleh setelah perancangan, kedua, kita tidak dapat menentukan faktor *ripple* pada *passband* dan *stopband* secara bersamaan dan ketiga, aproksimasi error, yaitu perbedaan antara respon ideal dan respon aktual tidak terdistribusi secara seragam pada keseluruhan band. Dengan pendistribusian *error* yang seragam kita dapat memperoleh orde filter yang lebih rendah yang memenuhi spesifikasi yang sama.

Pada penelitian ini filter digital FIR akan dirancang dengan metode frekuensi *sampling*. Dalam perancangan filter digital FIR dengan metode frekuensi *sampling* terdapat metode desain naif dan metode desain optimum. Dengan metode desain optimum, kita dapat memperkecil attenuasi *stopband* (*ripple* pada *stopband* hampir rata) dengan cara penentuan nilai dan jumlah sampel pada band transisi. Semakin kecil attenuasi *stopband*, interferensi akan lebih banyak terbuang. Selanjutnya akan dilakukan pengujian performansi filter digital tersebut dalam menghilangkan sinyal interferensi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Filter Digital FIR

Filter Digital adalah suatu prosedur matematika/ algoritma yang mengolah sinyal masukan digital dan menghasilkan sinyal keluaran digital yang memiliki sifat tertentu sesuai dengan tujuan filter. Berdasarkan Respon impulsnya filter digital dibagi menjadi dua, yaitu Filter Digital FIR (*Finite Impulse Response*) dan Filter Digital IIR (*Infinite Impulse Response*). Filter Digital FIR disebut sebagai filter non rekursif.

Filter digital FIR memiliki beberapa kelebihan diantaranya:

- a. Mudah didesain, karena memiliki fasa linier
- b. Stabil
- c. Mudah diimplementasikan
- d. Pengaruh kesalahan karena pembulatan dan pemotongan dapat dengan mudah diminimumkan dalam implementasi.

Filter Digital FIR juga memiliki kekurangan, yaitu memerlukan lebih banyak perhitungan untuk mendapatkan karakteristik respon filter yang diinginkan, sehingga membutuhkan lebih banyak memori bila filter diimplementasikan pada *hardware* (*Digital Signal Processor*).

Fungsi sistem Filter FIR adalah [3]:

$$H(z) = b_0 + b_1z^{-1} + \dots + b_{M-1}z^{1-M} = \sum_{n=0}^{M-1} b_nz^{-n} \quad (1)$$

dan representasi persamaan bedanya untuk Sistem FIR adalah [3]:

$$y(n) = b_mx(n - m) \quad (2)$$

2.2 Perancangan Filter Digital FIR dengan Metode Frekuensi Sampling

Pada pendekatan perancangan Filter Digital FIR dengan metode Frekuensi *Sampling* digunakan fakta bahwa fungsi sistem H(z) dapat diperoleh dari sampel-sampel H(k) dari respon frekuensi  $H(e^{j\omega})$ . Jika diberikan respon impuls h(n) dari sebuah filter FIR M titik, H(k) sebagai DFT M titik, dan H(z) sebagai fungsi sistemnya, maka diperoleh [4]:

$$H(z) = \sum_{n=0}^{M-1} h(n)z^{-n} = \frac{1-z^{-M}}{M} \sum_{k=0}^{M-1} \frac{H(k)}{1-z^{-1}e^{j2\pi k/M}} \quad (3)$$

dan

$$H(e^{j\omega}) = \frac{1-e^{-j\omega M}}{M} \sum_{k=0}^{M-1} \frac{H(k)}{1-e^{-j\omega}e^{j2\pi k/M}} \quad (4)$$

dengan

$$H(k) = H(e^{j2\pi k/M}) = \begin{cases} H(0), & k = 0 \\ H^*(M - k), & k = 1, \dots, M - 1 \end{cases}$$

Untuk sebuah Filter FIR Fasa Linier, syaratnya:

$$h(n) = \pm h(M - 1 - n), \quad n = 0, 1, \dots, M - 1$$

dimana tanda positif adalah untuk filter FIR Fasa Linier tipe 1 dan tipe 2, sedangkan tanda negatif adalah untuk Filter FIR Fasa Linier tipe 3 dan tipe 4, dan H(k) adalah [3]:

$$H_r(k) = H_r \left( \frac{2\pi k}{M} \right) e^{j\angle H(k)} \quad (5)$$

dimana

$$H_r \left( \frac{2\pi k}{M} \right) = \begin{cases} H_r(0), & k = 0 \\ H_r \left( \frac{2\pi(M-k)}{M} \right), & k = 1, \dots, M - 1 \end{cases} \quad (6)$$

dan

$$\angle H(k) = \begin{cases} -\left(\frac{M-1}{2}\right)\left(\frac{2\pi k}{M}\right), & k = 0, \dots, \left[\frac{M-1}{2}\right] \\ +\left(\frac{M-1}{2}\right)\frac{2\pi}{M}(M-k), & k = \left[\frac{M-1}{2}\right] + 1, \dots, M - 1 \end{cases}, (Tipe 1&2) \quad (7)$$

$$\angle H(k) = \begin{cases} \left(\pm\frac{\pi}{2}\right) - \left(\frac{M-1}{2}\right)\left(\frac{2\pi k}{M}\right), & k = 0, \dots, \left[\frac{M-1}{2}\right] \\ -\left(\pm\frac{\pi}{2}\right) + \left(\frac{M-1}{2}\right)\frac{2\pi}{M}(M-k), & k = \left[\frac{M-1}{2}\right] + 1, \dots, M - 1 \end{cases}, (Tipe 3&4) \quad (8)$$

Akhirnya diperoleh:

$$h(n) = IDFT[H(k)] \quad (9)$$

Ide dasarnya adalah jika diberikan suatu filter *lowpass* ideal  $H_d(e^{j\omega})$  dan dipilih panjang filter  $M$ , maka  $H_d(e^{j\omega})$  akan dicuplik sebanyak  $M$  sampel dengan rentang antar sampel frekuensi seragam antara  $0$  dan  $2\pi$ . Respon aktual  $H(e^{j\omega})$  merupakan hasil interpolasi sampel-sampel  $H(k)$  yang diberikan pada persamaan (4). Langkah-langkah yang sama berlaku pula pada filter-filter frekuensi selektif yang lain.

Terdapat dua pendekatan perancangan. Pertama, digunakan ide dasar dimana tidak terdapat kekangan atau batasan *error* aproksimasi, yaitu akan diterima berapapun *error* yang dihasilkan dari perancangan. Pendekatan ini disebut dengan suatu metode perancangan Naif. Pendekatan kedua, *error* akan diminimalisasi pada *stopband* dengan mengubah-ubah nilai-nilai sampel pita transisi, yang akan menghasilkan desain yang jauh lebih baik. Pendekatan ini disebut dengan suatu metode perancangan optimum.

### 2.3 Sinyal Interferensi

Interferensi adalah hadirnya sinyal yang lain yang frekuensinya berdekatan yang tidak diinginkan yang mengganggu penerimaan sinyal dari frekuensi yang diinginkan. Interferensi dapat mengganggu sinyal yang diinginkan, menyebabkan kerugian sinyal, atau dapat mempengaruhi kualitas suara dan gambar.

Interferensi merupakan masalah serius yang harus diminimalisasi, karena nilai interferensi yang besar akan menurunkan rasio Signal to Interference Ratio (SIR) ke level yang sangat rendah, sehingga akan menurunkan performansi dari sistem secara keseluruhan. Interferensi dapat terjadi secara terus menerus dan dapat juga terjadi hanya sesaat sebagai akibat refraksi dan difraksi permukaan bumi atau lapisan udara (troposphere).

Rasio sinyal terhadap interferensi (SIR atau S/I) adalah hasil bagi antara daya sinyal dari sasaran yang diinginkan dengan daya dari sinyal interferensi pada *output* filter [5].

$$SIR = \frac{s}{i} \quad (10)$$

$$SIR(dB) = 10 \log_{10} \left( \frac{s^2}{i^2} \right) \quad (11)$$

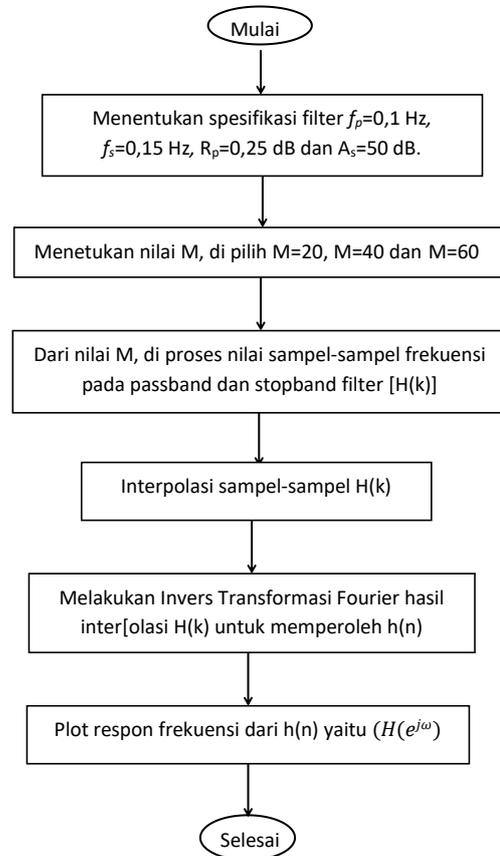
dimana:  $s$  = sinyal dari sasaran yang diinginkan  
 $i$  = sinyal interferensi

### III. METODOLOGI

Pada penelitian ini dilakukan simulasi filter digital FIR yang dirancang dengan metode frekuensi *sampling*, untuk berbagai kondisi sinyal *input* menggunakan Matlab. Langkah-langkah penelitiannya adalah sebagai berikut:

1. Menentukan parameter sinyal dari sasaran yang diinginkan dan parameter sinyal interferensi (*jamming*).
2. Membangkitkan sinyal dari sasaran yang diinginkan dan *jamming* sesuai dengan parameter yang telah ditentukan menggunakan Matlab.

3. Menentukan spesifikasi filter digital FIR yang akan dirancang.
4. Merancang filter digital FIR menggunakan metode frekuensi *sampling*, algoritmanya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gbr. 1 Flowchart Perancangan Filter Digital FIR dengan Metode Frekuensi *Sampling*

5. Mensimulasikan filter yang dirancang untuk mengolah sinyal input yang terdiri dari sinyal gema dari sasaran yang diinginkan dan *jamming*.
6. Menganalisis *output* filter yang dihasilkan untuk menghitung rasio S/I pada sinyal *output* filter.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

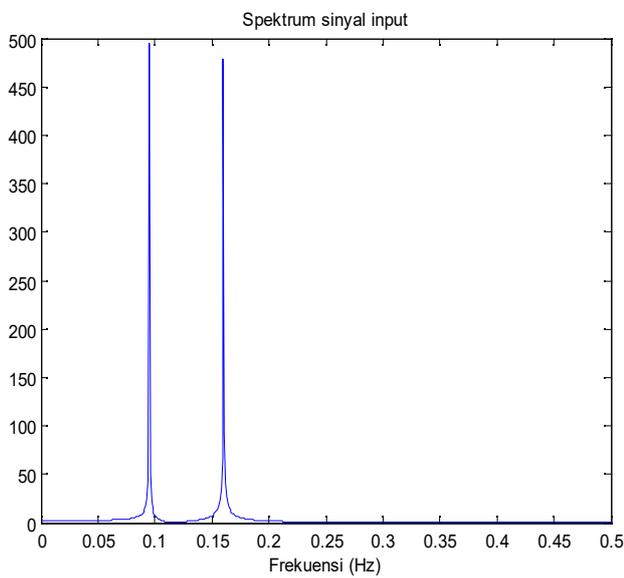
Proses pengujian menggunakan sinyal *input* yang sama. Sinyal *input* tersebut difilter dengan menggunakan filter digital FIR yang dirancang dengan metode frekuensi *sampling*. Ada 4 karakteristik filter digital FIR yang akan diuji, dengan spesifikasi seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

Untuk pengujian pertama, sinyal *input* yang akan diuji merupakan gabungan sinyal informasi dan sinyal interferensi, frekuensi sinyal informasi 0.095 Hz dan frekuensi sinyal interferensi 0.16 Hz, dapat dilihat pada Gambar 2(a). Filter digital *lowpass* FIR dirancang menggunakan metode naif, dengan spesifikasi  $f_p = 0.1$  Hz,  $f_s = 0.15$  Hz,  $R_p = 0.25$  dB, dan  $A_s = 50$  dB dengan menggunakan orde  $M = 20$ , dapat dilihat pada Gambar 2(b). *Output filter* dapat dilihat pada Gambar 2(c). Rasio

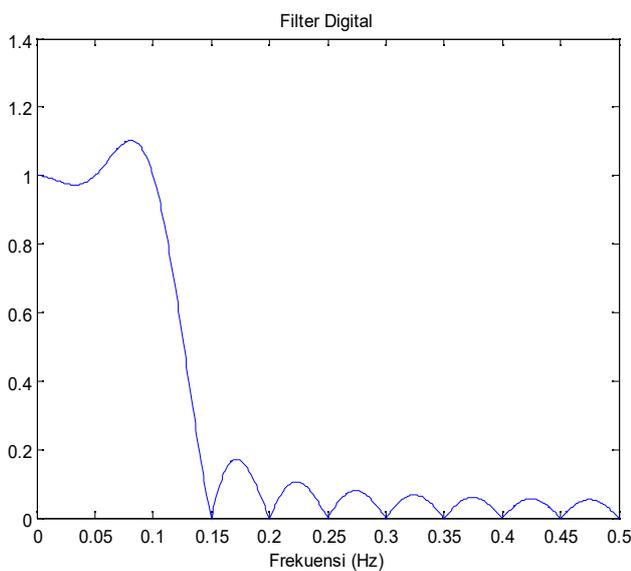
S/I yang di peroleh pada *output* filter sebesar 4,0118 atau 6,0334 dB.

Tabel I  
Spesifikasi Sinyal *Input* dan Filter Digital FIR

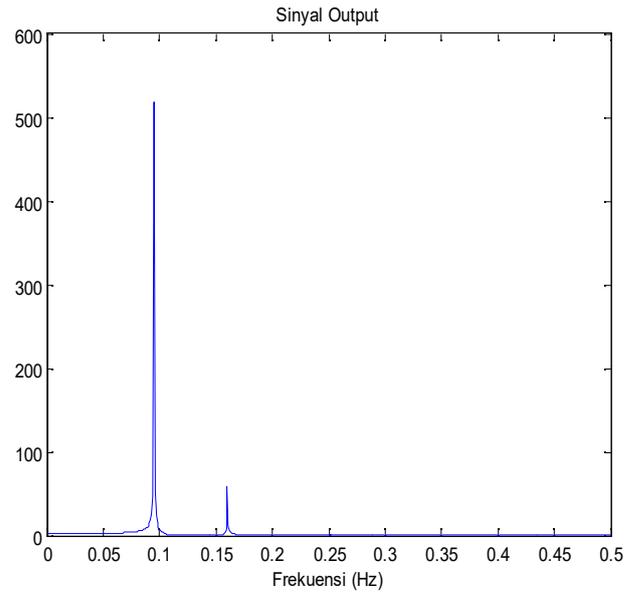
| Sinyal <i>Input</i>        |                               | Filter Digital |       |       |       |          |       | Sampel pada Pita Band Transisi |     |
|----------------------------|-------------------------------|----------------|-------|-------|-------|----------|-------|--------------------------------|-----|
| Frekuensi Sinyal Informasi | Frekuensi Sinyal Interferensi | $f_p$          | $f_s$ | $R_p$ | $A_s$ | Orde (M) | $T_1$ | $T_2$                          |     |
|                            |                               |                |       |       |       |          | 0.095 | 0.16                           | 0.1 |
| 0.095                      | 0.16                          | 0.1            | 0.15  | 0.25  | 50    | 40       | 0.3   | -                              |     |
| 0.095                      | 0.16                          | 0.1            | 0.15  | 0.25  | 50    | 40       | 0.5   | -                              |     |
| 0.095                      | 0.16                          | 0.1            | 0.15  | 0.25  | 50    | 60       | 0.592 | 0.109                          |     |



(a)



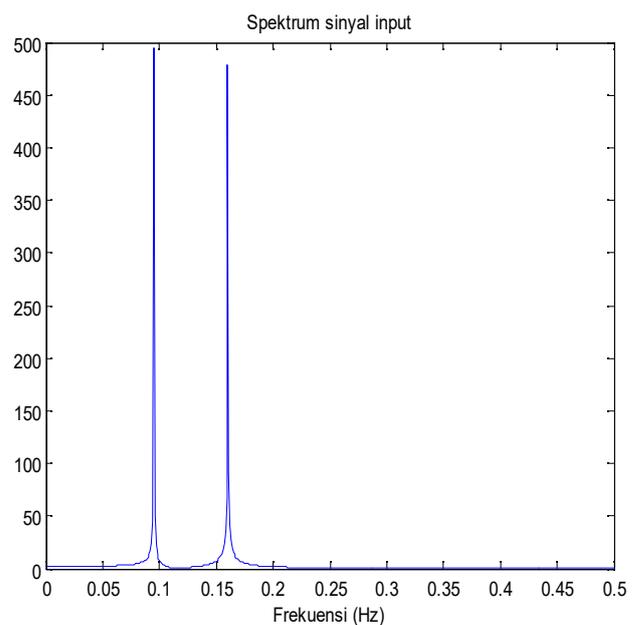
(b)



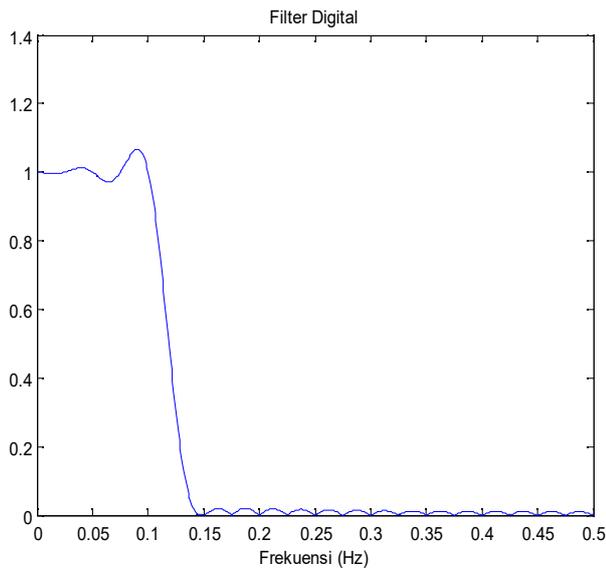
(c)

Gbr. 2 Hasil Simulasi menggunakan Filter Digital FIR yang dirancang menggunakan Metode Naif

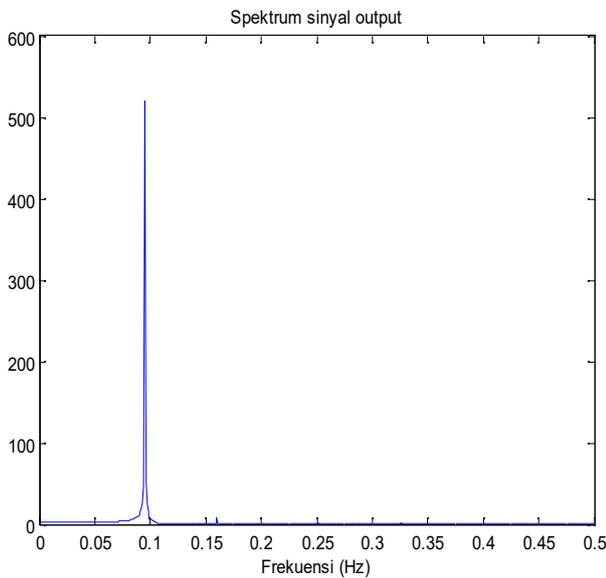
Untuk pengujian kedua, sinyal *input* yang akan diuji merupakan gabungan sinyal informasi dan sinyal interferensi, frekuensi sinyal informasi 0.095 Hz dan frekuensi sinyal interferensi 0.16 Hz dapat dilihat pada Gambar 3(a). Filter digital *lowpass* FIR dirancang menggunakan metode desain optimum, dengan spesifikasi  $f_p = 0.1$  Hz,  $f_s = 0.15$  Hz,  $R_p = 0.25$  dB, dan  $A_s = 50$  dB dengan menggunakan orde  $M = 40$  dan satu sampel pada band transisi  $T_1 = 0.3$ . Hasil rancangan filternya dapat dilihat pada Gambar 3(b). *Output Filter* dapat dilihat pada Gambar 3(c). Rasio S/I yang di peroleh pada *output filter* sebesar 4.0099 atau 6.0314 dB.



(a)



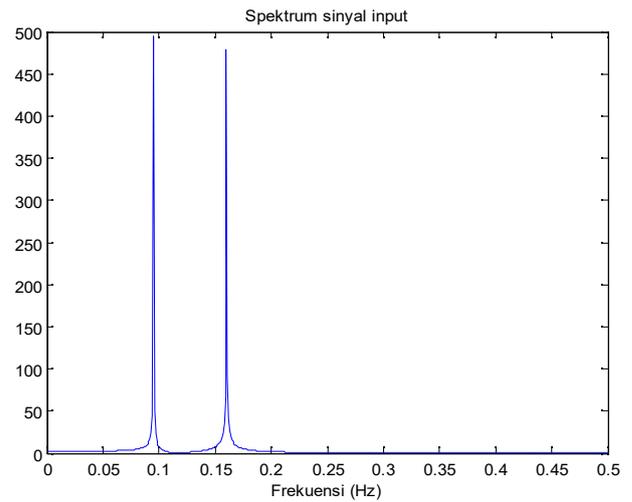
(b)



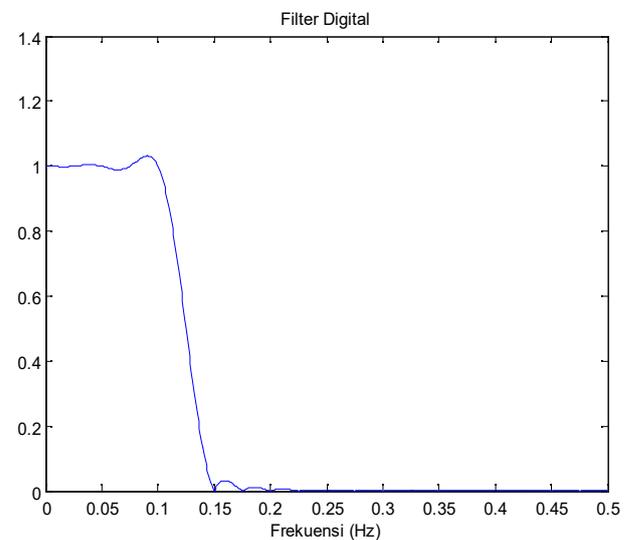
(c)

Gbr. 3 Hasil Simulasi menggunakan Filter Digital FIR yang dirancang menggunakan Metode Desain Optimum dengan satu sampel pada band transisi,  $T1 = 0.3$

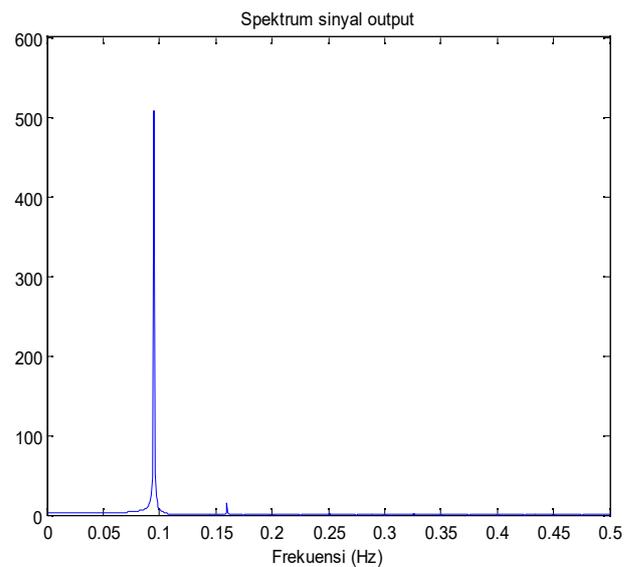
Untuk pengujian ketiga, sinyal *input* yang akan diuji merupakan gabungan sinyal informasi dan sinyal interferensi, frekuensi sinyal informasi 0.095 Hz dan frekuensi sinyal interferensi 0.16 Hz, dapat dilihat pada Gambar 4(a). Filter digital *lowpass* FIR dirancang dengan spesifikasi  $f_p = 0.1$  Hz,  $f_s = 0.15$  Hz,  $R_p = 0.25$  dB, dan  $A_s = 50$  dB dengan menggunakan orde  $M = 40$ , dan di sini menggunakan metode desain optimum dengan satu sampel pada band transisi  $T1 = 0.5$ . Hasil rancangan filternya dapat dilihat pada Gambar 4(b). *Output Filter* dapat dilihat pada Gambar 4(c). Rasio S/I yang di peroleh pada *output filter* sebesar 4.0105 atau 6.0320 dB.



(a)



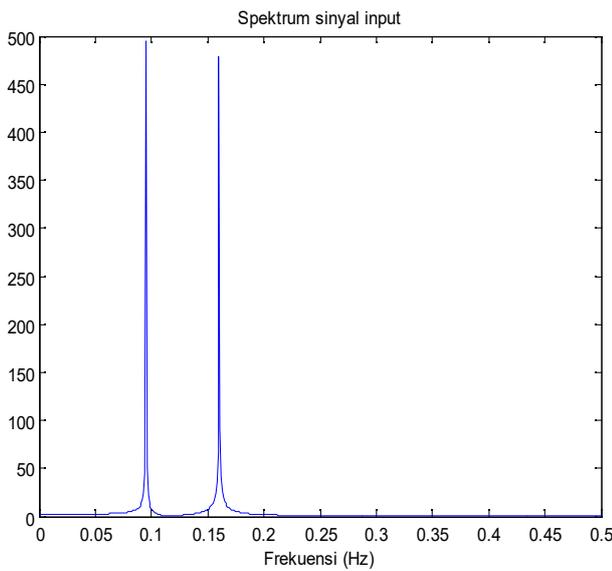
(b)



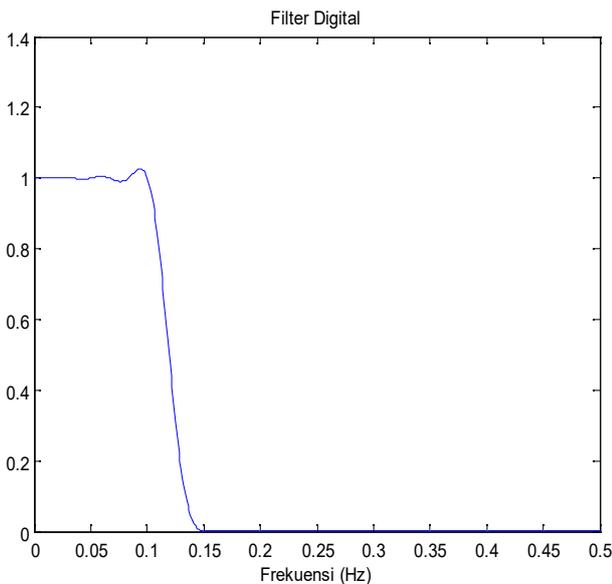
(c)

Gbr. 4 Hasil Simulasi menggunakan Filter Digital FIR yang dirancang menggunakan metode desain Optimum dengan satu sampel pada band transisi,  $T1 = 0.5$ .

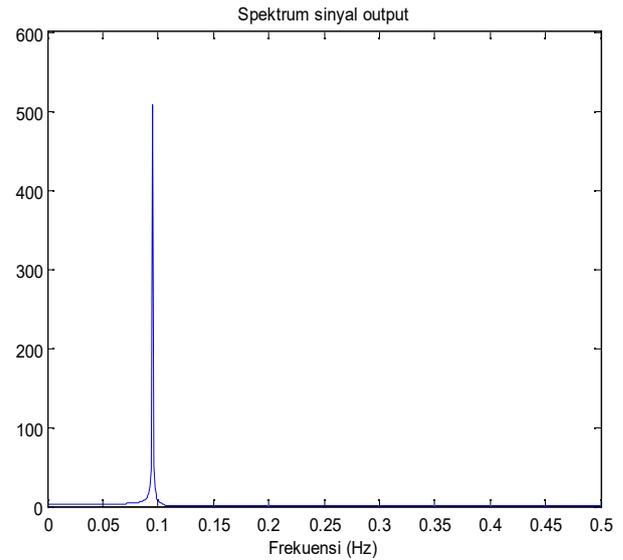
Untuk pengujian keempat, sinyal *input* yang akan diuji merupakan gabungan sinyal informasi dan sinyal interferensi, frekuensi sinyal informasi 0.095 Hz dan frekuensi sinyal interferensi 0.16 Hz, dapat dilihat pada Gambar 5(a). Filter digital *lowpass* FIR dirancang dengan spesifikasi  $f_p = 0.1$  Hz,  $f_s = 0.15$  Hz,  $R_p = 0.25$  dB, dan  $A_s = 50$  dB dengan menggunakan orde  $M = 60$ , dan di sini menggunakan metode desain optimum dengan dua sampel pada band transisi  $T1 = 0.5925$  dan  $T2 = 0.1099$ . Filter hasil rancangannya dapat dilihat pada Gambar 5(b). *Output Filter* dapat dilihat pada Gambar 5(c). Rasio S/I yang di peroleh pada *output filter* sebesar 4.0099 atau 6.0313 dB



(a)



(b)



(c)

Gbr. 5 Hasil Simulasi menggunakan Filter Digital FIR yang dirancang menggunakan metode desain Optimum dengan dua sampel pada band transisi,  $T1 = 0.5925$  dan  $T2 = 0.1099$ .

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Untuk hasil pengujian filter menggunakan metode desain naif dan metode desain optimum, filter dengan metode desain optimum menghasilkan attenuasi *stopband* yang lebih baik.
2. Untuk pengujian menggunakan metode desain optimum menggunakan dua sampel pada *band* transisi menghasilkan attenuasi *stopband* yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan satu sampel pada *band* transisi.
3. Dari hasil pengujian nilai S/I diperoleh, penggunaan metode desain naif menghasilkan nilai S/I yang paling besar yaitu = 6.0334 dB, dan nilai S/I yang paling kecil diperoleh pada saat penggunaan satu sampel pada pita *band* transisi yaitu = 6.0320 dB.
4. Dari nilai S/I tersebut dapat dilihat bahwa nilai paling besar diperoleh pada saat *ripple* pada *passband* tidak memotong sinyal informasi (tidak ada informasi yang terpotong pada saat proses pemfilteran) dan interferensi yang tersisa sedikit.

REFERENSI

[1] Mooniarsih, N. T. (2010). Desain dan Simulasi Filter FIR Menggunakan Metode Windowing. *Jurnal ELKHA*, 2(1), 41-47.

[2] Sawitri, K., & Rustamaji, R. (2018). Desain Bandpass Filter Digital FIR dengan Metode Kaiser Window untuk Memfilter Sinyal Finger 37,5 kHz. *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 20(2), 64-70.

- [3] Proakis, J. G. & Manolakis, D. G. (1996). Digital Signal Processing, Principles, Algorithms, and Applications. Prentice Hall International, Inc.
- [4] Ingle, V. K., & Proakis, J. G. (2010). Digital Signal Processing Using Matlab. Cengage Learning.
- [5] Couch, L. W. (2013). Digital and Analog Communication Systems. Pearson Education, Inc.