

Filtering Sinyal Menggunakan Band Pass Filter

Azhar Al Havis¹, Liza Fitria²

^{1,2} Prodi Teknik Informatika, Fakultas Teknik Universitas Samudra

Langsa, kode pos 24354, Indonesia 2019

¹azhar.alhavis@gmail.com, ² liza.ti08pnl@gmail.com

Abstrak

Dalam kehidupan kita sehari-hari kita banyak menjumpai filter, filter dari kata itu sendiri adalah penyaring. Filter bermacam-macam, ada filter udara untuk menyaring udara kotor agar menjadi bersih, filter/saringan kopi dan teh untuk menyaring ampas kopi atau teh, dan lain sebagainya. Kesemuanya bertujuan yaitu menyaring sesuatu agar mendapatkan apa yang kita inginkan. Filter disini adalah filter frekuensi, dari namanya terlihat bahwa filter ini akan menyaring frekuensi. Frekuensi yang ada kita saring sehingga mendapatkan frekuensi sesuai yang kita inginkan. Pada penelitian ini akan dilakukan sebuah filtering sinyal menggunakan Band Pass. Band-pass filter akan melewati sinyal dengan frekuensi-frekuensi dalam range tertentu dan meredam sinyal dengan frekuensi-frekuensi yang lainnya. Sampel suara yang digunakan adalah suara kucing dengan 1 sampel saja. Pada Sample ini dilakukan filtering sinyal dengan 5 frekuensi yang berbeda-beda yaitu pada frekuensi 8000, 16000, 32000, 48000 dan 96000. Pengambilan data dan pengolahan sinyal suara dilakukan dengan bantuan software audacity dan Matlab R2010b. Data suara dalam format .wav di filter untuk menghilangkan noise dan di filter menggunakan band pass filter. Noise mengakibatkan suara yang diterima mengalami kerusakan bahkan menghilangkan informasi suara yang dibawa. Hal ini tentu saja mengakibatkan kualitas suara yang diterima kurang baik, sehingga diperlukan pengolahan sinyal suara untuk menghilangkan noise. Kemudian data suara dilakukan pengolahan sinyal suara menggunakan metode FFT (Fast Fourier Transform). Hasil dari penelitian ini adalah keluaran sinyal suara yang bersih dari noise.

Kata Kunci : Noise, filter, bandpass filter, metode FFT

Abstract

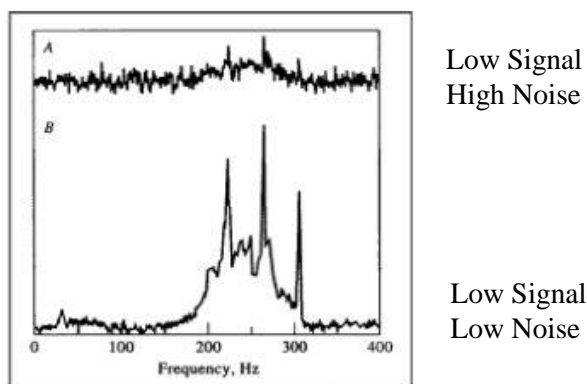
In our daily lives we find many filters, filters from the word itself are filters. Filters vary, there are air filters to filter dirty air to be clean, filters / filters for coffee and tea to filter coffee or tea pulp, and so on. All of them try to filter something to get what we want. The filter here is a frequency filter, from which the filter will filter the frequency. The existing frequency we filter so get the frequency as we want. In this research, signal filtering will be carried out using Band Pass. The band-pass filter will pass signals with frequencies in a certain range and reduce the signal with other frequencies. The sound sample used is the sound of a cat with just one sample. In this sample signal screening is carried out with 5 different frequencies, namely at frequencies of 8000, 16000, 32000, 48000 and 96000. Data retrieval and processing of voice signals are carried out with the help of audacity and Matlab R2010b software. Sound data in the .wav format is filtered to remove noise and filter using a band pass filter. Sounds issued that are received are destructive which eliminate the sound information that is carried. This of course requires that the sound quality received is not good, so it requires sound signal processing to eliminate noise. Then the voice data is processed by voice signal using the FFT (Fast Fourier Transform) method. The results of this study are the output of sound signals that are clean from noise.

Keywords: Noise, filter, bandpass filter, FFT method

1. PENDAHULUAN

Hasil keluaran sinyal dari sensor umumnya masih tercampur dengan noise atau sinyal-sinyal lain yang bukan berasal dari objek yang diukur (parasitic signal). Jika dibiarkan hal ini akan menimbulkan penyimpangan terhadap output data yang dihasilkan sehingga diperlukan sebuah filter yang mampu menghilangkan sinyal-sinyal “parasit” tersebut agar tidak tercampur dengan sinyal data yang diamati. Masalah yang terjadi pada pemrosesan sampling file audio adalah noise, semakin banyak noise yang ada maka akan merubah kualitas file audio. Proses tersebut membutuhkan suatu pemfilteran pada sampel. Salah satu cara untuk mengatasi noise adalah dengan menggunakan metode FIR (Finite Impuls Response). (Bagus Auditiakusuma, 2011).

Proses filter adalah melewatkan sinyal yang diinginkan dengan menggunakan filter dan bertujuan untuk membuang partikel – partikel yang tidak diinginkan atau impuritas. Dalam sinyal prosesing, filter digunakan untuk membuang bagian sinyal yang tidak diinginkan. (Umi Murdika dan Yessi Mulyani, 2017).



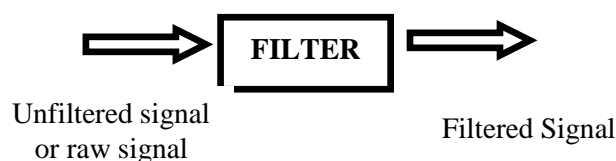
Gambar 1. Spektra Sinyal

Filter digital FIR didesain menggunakan teknik yang serupa dengan teknik yang digunakan pada perancangan filter analog. Pada metode perancangan teknik digital FIR selalu diawali dengan perancangan filter analog terlebih dahulu. Kemudian dirancang filter digital FIR sebagai penandaan dari filter analog. Diharapkan karakteristik dari filter digital yang dibentuk akan sama atau mendekati dengan filter analog. Filter ini memiliki kelebihan diantaranya dapat beradaptasi dengan input yang diberikan sehingga menghilangkan noise yang sifatnya tidak tetap. (Yeffry Handoko Putra, John Adler, dan Gugun Gunawan, 2013).

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Filter (Penyaring)

Filter adalah sebuah rangkaian yang dirancang agar mengalirkan suatu pita frekuensi tertentu dan menghilangkan frekuensi yang berbeda dengan pita ini. Istilah lain dari filter adalah rangkaian yang dapat memilih frekuensi agar dapat mengalirkan frekuensi yang diinginkan dan menahan, atau membuang frekuensi yang lain.

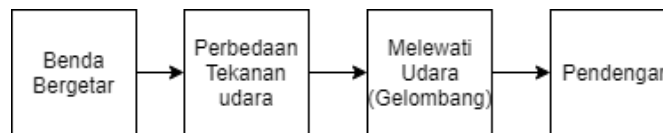


Gambar 2. Skema Sederhana Filter

Jaringan filter bisa bersifat aktif maupun pasif. Perbedaan dari komponen aktif dan komponen pasif yaitu pada komponen aktif dibutuhkan sumber agar dapat bekerja (op-amp dan transistor membutuhkan sumber lagi agar dapat bekerja/digunakan), sedangkan komponen pasif tidak membutuhkan sumber lagi untuk digunakan atau bekerja. (Chattopadhyay.1989)

2.2 Suara

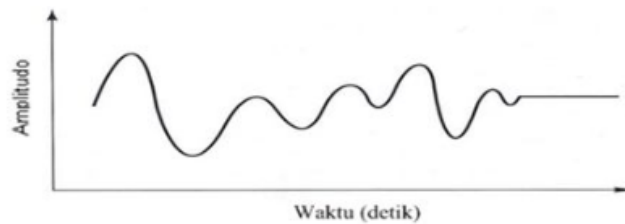
Suara dapat didefinisikan sebagai bunyi yang dikeluarkan dari mulut manusia atau urutan gelombang tekanan yang merambat melalui media kompresibel atau udara/air. (Chris.1996)



Gambar 3. Proses terjadinya suara
(Chris.1996)

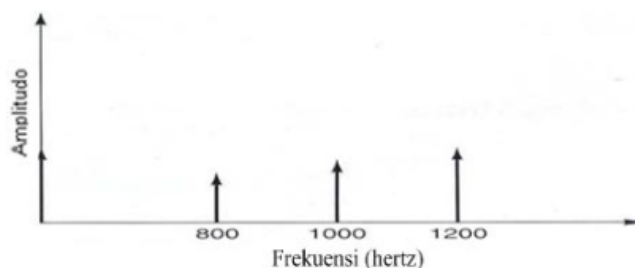
2.3 Sinyal Suara

Sinyal suara merupakan suatu sinyal yang mewakili dari suara, sinyal suara dibentuk dari kombinasi berbagai frekuensi, amplitudo dan fasa. Dalam domain waktu, sinyal suara direpresentasikan dalam bentuk tegangan atau arus dalam fungsi waktu. Sinyal suara dalam domain waktu ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Sinyal suara dalam domain waktu

Sedangkan dalam domain frekuensi, sinyal suara direpresentasikan dalam bentuk amplitudo dan fasa dalam fungsi frekuensi. Sinyal suara dalam domain frekuensi ditunjukkan pada gambar 5.

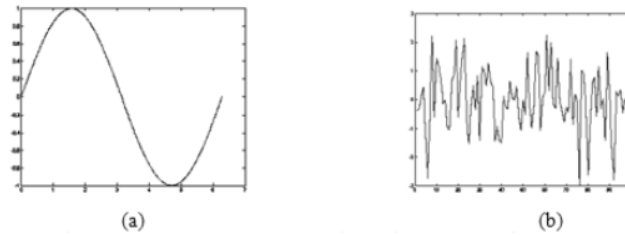


Gambar 5. Sinyal suara dalam domain frekuensi

2.4 Noise

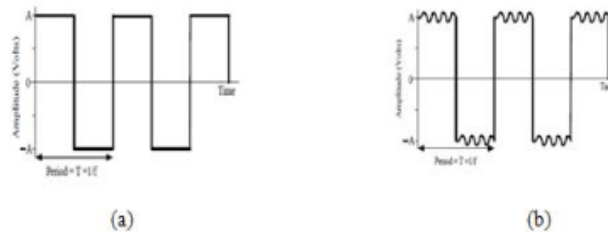
Noise adalah suatu sinyal gangguan yang bersifat akustik (suara), listrik, maupun elektronik yang hadir dalam suatu sistem dalam bentuk gangguan yang bukan merupakan sinyal yang diinginkan. Gangguan yang diakibatkan oleh noise dapat mengubah sinyal informasi, yang menyebabkan gelombang sinus mempunyai sinyal noise yang kecil bergabung

didalamnya. Sehingga penerima tidak dapat membedakan suatu sinyal berupa informasi yang sebenarnya dari noise yang ditambahkan.



Gambar 6 (a) Gelombang sinus asli (b) Gelombang sinus karena pengaruh noise

Noise juga dapat merubah bentuk sinyal asli, menambah atau mengurangi amplitudo, memperlambat waktu dan bentuk-bentuk perubahan lainnya. Noise tidak hanya merusak sinyal analog tetapi juga merusak sinyal digital.[5]



Gambar 7. (a) Pulsa digital asli, (b) Pulsa digital karena pengaruh noise

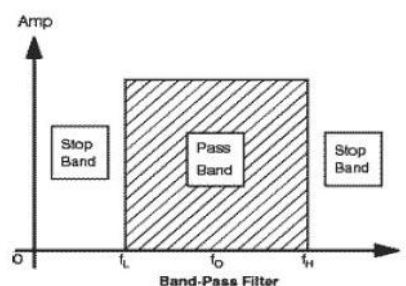
2.5 Aplikasi MATLAB

Matlab merupakan *software* yang handal untuk menyelesaikan berbagai permasalahan komputasi numerik yang diproduksi oleh The Mathwork, Inc. Solusi dari permasalahan yang berhubungan dengan vektor dan matriks dapat diselsaikan dengan mudah dan sederhana menggunakan *software* ini.

Matlab menyediakan lingkungan kerja terpadu layaknya bahasa pemrograman lainnya. Lingkungan terpadu ini senantiasa dilengkapi fitur yang canggih seiring dengan pembaharuan versinya.

Lingkungan terpadu ini terdiri beberapa *form/window* yang memiliki fungsi masing-masing. Matlab juga menyediakan fasilitas untuk *interfacing* dengan perangkat lunak lain yang hasilnya dapat dilihat secara *real time*. *Interfacing* dengan perangkat luar dapat berupa komunikasi serial komunikasi paralel dan *interfacing sound card*. (Bruce, 2000).

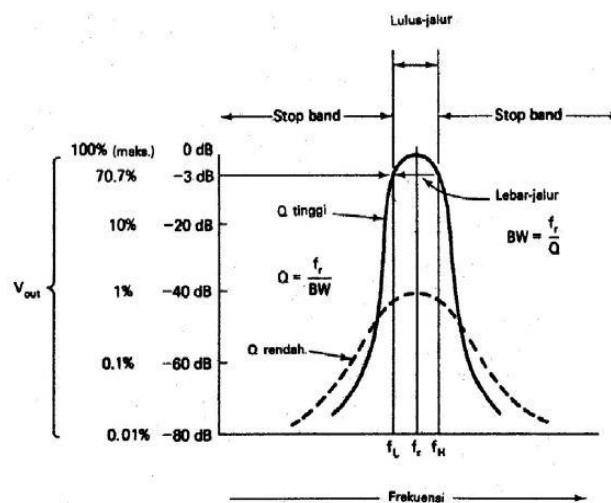
2.6 Band Pass Filter



Gambar 8. Band-pass filter

Band Pass filter (BPF) merupakan rangkaian yang melewatkan frekuensi pada daerah tertentu di antara frekuensi cut-off pertama dan frekuensi cut-off kedua dan meredam frekuensi di luar daerah tersebut. Selain itu Band Pass filter dirancang untuk melewatkan frekuensi dalam batasan tertentu dan menolak frekuensi lain diluar frekuensi yang dikehendaki. Dan Band Pass filter merupakan gabungan antara highpass dan low pass filter. Filter band pass akan meneruskan sinyal-sinyal dengan frekuensi antara (median frequency) dan menahan frekuensi di bawah dan di atas median tersebut.

Band-pass filter akan melewatkan sinyal dengan frekuensi-frekuensi dalam range tertentu dan meredam sinyal dengan frekuensi-frekuensi yang lainnya. Kurva respons frekuensi yang khas dari band-pass filter diperlihatkan pada gambar 2.8. Tegangan output maksimum pada filter tipe ini didapat pada nilai frekuensi yang dikenal sebagai frekuensi resonansi (f_r).



Gambar 9. Kurva respon frekuensi band-pass filter

Diatas dan dibawah merupakan frekuensi resonansi (f_r) yang memiliki tegangan output (V_{out}) sebesar 70,7 % dari tegangan output maksimum yang merupakan batas-batas yang menentukan bandwidth dari filter. Frekuensi pada batas atas tempat titik itu terjadi disebut sebagai f_H , sedangkan frekuensi batas bawahnya disebut sebagai f_L . Apabila bandwidth kurang dari 10% frekuensi resonansi (f_r), maka dikatakan band pass filter narrow band. Sebaliknya, bila bandwidth lebih dari 10% frekuensi resonansi (f_r), dikatakan band-pass filter wide band. Semakin sempit bandwidth dari suatu filter, maka semakin selektif pemilihan frekuensinya. Tingkat pemilihan frekuensinya dinyatakan dalam factor kualitas atau Q dari rangkaian tersebut. Faktor kualitas atau Q dari rangkaian dapat dicari dengan membagi frekuensi resonansi dengan bandwidth-nya.

$$Q = \frac{f_r}{BW} \quad (1)$$

Bandwidth dari rangkaian filter dapat dicari dengan cara yang sama.

$$BW = \frac{f_r}{Q} \quad (2)$$

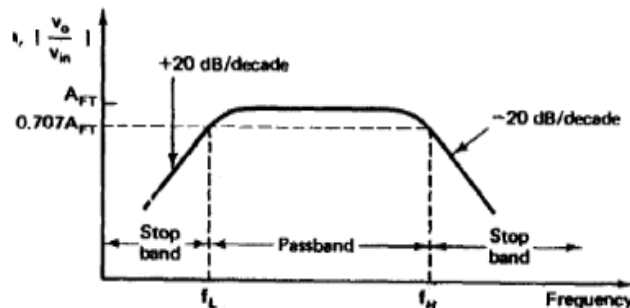
Filter dengan Q yang tinggi memiliki bandwidth yang sempit dan tegangan output yang besar. Sedangkan filter dengan Q yang rendah, memiliki bandwidth yang lebar dan tegangan output yang kecil. Garis putus-putus pada gambar 2.8 (kurva respon frekuensi) menunjukkan suatu filter dengan factor kualitas (Q) yang rendah.

Band Pass Filter yang melewati suatu range frekuensi. Dalam perancangannya diperhitungkan nilai Q (faktor mutu).

Q = faktor mutu

Fo = frekuensi cutoff

B = lebar pita frekuensi



Gambar 10. Gelombang Band Pass

2.7 Filter Digital

Filter Digital adalah suatu sistem yang berfungsi untuk menyaring frekuensi, serta memodifikasi sefrekuensi di suatu sinyal sehingga diperoleh tujuan yang diinginkan. Sefrekuensi ini adalah suatu grafik dimana dalam grafik itu menggambarkan bentuk-bentuk suatu sinyal yang merupakan kumpulan sinyal-sinyal sinusoidal dengan amplitudo dan frekuensi yang berbeda-beda yang membentuk suatu sinyal.

Ada beberapa macam klasifikasi filter yaitu :

1. Berdasarkan sinyal yang difilter terdapat dua macam yaitu Filter Analog dan Filter Digital.
2. Berdasarkan respon frekuensi yaitu, LPF (low pass filter), HPF (high pass filter), BPF (band pass filter), BSF (band stop filter).
3. Berdasarkan bentuk respon frekuensi nya yaitu Hamming, Kaiser, Firls, Blackman dan Fir2.
4. Berdasarkan respon impulsnya yaitu, FIR (finite impulse response)

Filter digital finite impulse response (FIR) merupakan sistem open loop atau dikenal juga dengan sistem non-recursive. Pada sistem yang bersifat open loop/tanpa feedback, kestabilan sistem tidak dapat dikendalikan, sehingga untuk memperoleh hasil respon yang lebih baik/stabil daerah kerja dari filter FIR harus dibatasi. Beberapa persyaratan yang harus diperhatikan antara lain :

1. Panjang filter (N) pada filter digital FIR sama dengan orde.
2. Daerah kerja redaman, pada daerah batas tertentu akan terjadi osilasi.
3. Dipilih daerah kerja yang mempunyai Phase delay linear.[2].

2.8 Transformasi Fourier

Transformasi fourier adalah suatu model transformasi yang mengubah domain spasial atau domain waktu menjadi domain frekuensi. Transformasi fourier merupakan suatu proses yang banyak digunakan untuk mengubah domain dari suatu fungsi atau obyek ke dalam domain frekuensi.

Fast Fourier Transform (FFT) adalah suatu algoritma transformasi fourier yang dikembangkan dari algoritma Discrete Fourier Transform (DFT). Dengan metode Fast Fourier

Transform, kecepatan komputasi dari perhitungan transformasi Fourier dapat ditingkatkan. Dengan menerapkan metode Fast Fourier Transform perhitungan Discrete Fourier Transform dapat dipersingkat dengan cara mereduksi proses looping. Ada dua macam metode Fast Fourier Transform yaitu Decimation In Time (DIT) dan metode Decimation In Frekuensi (DIF) yang memiliki fungsi yang sama yaitu untuk mentransformasi sinyal menjadi frekuensi dasarnya.

Fast Fourier Transform (FFT) diperoleh dengan modifikasi Discrete Fourier Transform (DFT), perubahan yang dilakukan adalah dengan cara mengelompokkan batas n ganjil dan n genap sehingga N point DFT menjadi $(N/2)$ point. Persamaan 1 merupakan FFT Decimation In Time.

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)W_N^{kn} \quad k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (3)$$

Kemudian membagi persamaan 1 menjadi dua bagian sehingga diperoleh persamaan seperti persamaan 2.

$$X(k) \sum_{n=2r}^{N-2} X(n) W_N^{kn} + \sum_{n=1}^{N-1} X(n) W_N^{kn} \quad (4)$$

$$\begin{array}{ll} n \text{ genap} & n \text{ ganjil} \\ n=2r & n= 2r + 1 \end{array}$$

Dengan

$$W_N^{2rk} = (W_N^2)^{rk} = \left(e^{-\frac{i\pi}{N}} \right)^{2rk} = \left(e^{-\frac{i2\pi}{N}} \right)^{rk} = W_{\frac{N}{2}}^{rk}$$

$$W_{\frac{N}{2}}^{m+N/2} = (W_{\frac{N}{2}})^m W_{\frac{N}{2}}^{N/2} = W_{\frac{N}{2}}^m$$

$$W^m = e^{-2\pi i} = \cos(-2\pi) + i \sin(-2\pi) = 1$$

Dengan :

Sehingga

$$X(k) = \sum_{r=0}^{\frac{N}{2}-1} X(2r) W_{\frac{N}{2}}^{rk} + W_N^k \sum_{r=0}^{\frac{N}{2}-1} X(2r+1) W_{\frac{N}{2}}^{rk} \quad (5)$$

Dengan :

$G(k) =$ DFT $N/2$ titik data dengan indek genap dan $H(k) =$ DFT $N/2$ titik data dengan indek ganjil.

Persamaan 4 dapat dituliskan.

$$X(k) = G(k) + W_N^k H(k) \quad (6)$$

3. PEMBAHASAN

Suara yang kita dapatkan dari rekaman sering kali terdapat noise yang diakibatkan oleh berbagai faktor. Maka diperlukan sebuah Filter pada yang berfungsi untuk menyaring noise agar suara yang didengar jelas seperti aslinya.

3.1 Membaca file

```
[f,fs]=wavread('kucing.wav');
```

Dimana f merupakan frekuensi suara yang direkam sedangkan fs merupakan frekuensi sampling yang akan kita gunakan. Syntak format .wav diatas merupakan File rekaman yang akan digunakan.

3.2 Memutar suara

```
sound (f,fs);
```

3.3 Menampilkan sinyal

```
N = size(f,1);  
subplot(2,1,1);  
stem(1:N, f(:,1));
```

N merupakan jumlah sampel yang akan kita hasilkan dalam proses sampling.

3.4 Melihat distribusi frekuensi

```
df=fs/N;  
w=(-(N/2):(N/2)-1)*df;  
y=fft(f(:,1),N)/N;  
y2=fftshift(y);  
figure(3)  
plot(w,abs(y2));
```

Menggunakan Fast Fourier Transform atau transformasi fourier

3.5 Membuat filter jenis Bandpass filter

```
n=7;  
beginFreq = 700/(fs/2);  
endFreq = 12000/(fs/2);  
[b,a]= butter(n,[beginFreq, endFreq], 'bandpass')
```

Dimana beginFreq dan endFreq merupakan rentang frekuensi yang akan kita lakukan filter.

Matriks pada sample dengan frekuensi 32000 Ghz yaitu :


```

b =
Columns 1 through 9
0.1137    0 -0.7956    0  2.3867    0 -3.9778    0
3.9778
Columns 10 through 15
0 -2.3867    0  0.7956    0 -0.1137

a =
Columns 1 through 9
1.0000 -2.9532  1.1914  3.0185 -0.3651 -4.1898  0.5777
2.7222  0.0936
Columns 10 through 15
-1.2750 -0.1836  0.3306  0.0837 -0.0382 -0.0129

```

Matriks pada sample dengan frekuensi 48000 Ghz yaitu :

```

b =
Columns 1 through 9
0.0119    0 -0.0833    0  0.2500    0 -0.4166    0
0.4166
Columns 10 through 15
0 -0.2500    0  0.0833    0 -0.0119

a =
Columns 1 through 9
1.0000 -6.7558  20.7258 -39.1306  52.3817 -53.9360
44.1867 -28.8584  15.0155
Columns 10 through 15
-6.2562  2.0457 -0.4933  0.0851 -0.0106  0.0004

```

Matriks pada sample dengan frekuensi 96000 Ghz yaitu :

```

b =
Columns 1 through 9
0.0002    0 -0.0017    0  0.0050    0 -0.0083    0
0.0083
Columns 10 through 15
0 -0.0050    0  0.0017    0 -0.0002

a =
Columns 1 through 9
1.0000 -10.4848  51.2572 -155.0352  324.4379 -497.2926
576.0665 -512.5134  351.9735
Columns 10 through 15
-185.6975  74.0892 -21.6754  4.3952 -0.5529  0.0325

```

Berdasarkan hasil keluaran matriks dari beberapa hasil frekuensi diatas yang mana terdapat beberapa frekuensi yaitu frekuensi pada 32000, 48000 dan 96000 menggunakan Band Pass Filter dapat dianalisa bahwa suatu sinyal yang memiliki frekuensi yang berbeda akan menampilkan nilai matriks frekuensi yang berbeda-beda juga. Sedangkan pada frekuensi 8000 dan 16000 dengan menggunakan Band Pass Filter tidak dapat menampilkan hasil nilai matriks nya dari frekuensi tersebut karena pada Band Pass memiliki nilai frekuensi dari 32000 dan seterusnya. Jika ingin menampilkan nilai matriks pada frekuensi 8000 dan 16000 harus menggunakan Low Pass Filter yang memiliki frekuensi yang rendah.

4. HASIL PENGUJIAN

Berdasarkan hasil table 4.1 merupakan hasil dari filtering sebuah sinyal suara kucing. Pada Sample ini dilakukan filtering sinyal dengan 5 frekuensi yang berbeda-beda yaitu pada frekuensi 8000, 16000, 32000, 48000 dan 96000. Pengambilan data dan pengolahan sinyal suara dilakukan dengan bantuan software audacity dan Matlab R2010b. Data suara dalam format .wav di filter untuk menghilangkan noise dan di filter menggunakan band pass filter. Pada tabel pada frekuensi 8000 menghasilkan length yaitu antara -4000 sampai 4000×10^5 . Pada frekuensi 16000 menghasilkan length yaitu antara -8000 sampai 8000×10^5 . Pada frekuensi 32000 menghasilkan length yaitu antara -1,6 sampai 1.6×10^4 . Pada frekuensi 48000 menghasilkan length yaitu antara -2,4 sampai 2.4×10^4 . Dan pada frekuensi 96000 menghasilkan length yaitu antara -4,8 sampai 4.8×10^4 . Jadi beda frekuensi maka beda pula length yang dihasilkan.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sample Suara terhadap beberapa Frekuensi

No.	Nama Sampel	Frekuensi Sampel	Keterangan
1.	Kucing	8000	Length -4000 sampai 4000×10^5
		16000	Length -8000 sampai 8000×10^5
		32000	Length -1,6 sampai 1.6×10^4
		48000	Length -2,4 sampai 2.4×10^4
		96000	Length -4,8 sampai 4.8×10^4

5. KESIMPULAN

1. Manfaat dari filter disini adalah sebagai anti-aliasing yaitu menghindari fenomena aliasing yang terjadi ketika frekuensi sampling kurang dari dua kali frekuensi maksimum dari sinyal untuk dijadikan sampel. Kemudian sebagai reconstruction yaitu Proses menghasilkan sinyal dari sinyal mentah yang terpengaruh "parasit" menjadi sinyal terfilter untuk pemrosesan sinyal lebih lanjut. Dan Untuk menghilangkan frekuensi-frekuensi tertentu.
2. Filter band pass akan meneruskan sinyal-sinyal dengan frekuensi antara (median frequency) dan menahan frekuensi di bawah dan di atas median tersebut. Dan band pass filter juga merupakan gabungan antara highpass dan lowpass filter.
3. Pada Sample ini dilakukan filtering sinyal dengan 5 frekuensi yang berbeda-beda yaitu pada frekuensi 8000, 16000, 32000, 48000 dan 96000. Pengambilan data dan pengolahan sinyal suara dilakukan dengan bantuan software audacity dan Matlab R2010b.
4. Pada hasil percobaan diatas nilai matriks akan muncul dengan menggunakan band pass filter pada frekuensi 32000, 48000 dan 96000, Band pass Filter hanya bisa menampilkan nilai matriks dari frekuensi diatas 32000. Sedangkan pada frekuensi 8000 dan 16000 nilai matriks tidak muncul, jika ingin menampilkan nilai matriks pada frekuensi 8000 dan 16000 menggunakan Low Pass Filter.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alaydrus, Mudrik. 2011. “Perancangan Filter Band Pass Terkopel Paralel dengan Bantuan Matlab”. Prosiding SNPPTI.
- [2] Astuti, Dian Widi, Juwanto dan MudrikAlaydrus. 2013. *A Band Pass Filter Based on Square Open Loop Resonator at 2,45 GHz*. ICICI-BME 2013, November 2013, Bandung.
- [3] Fitrianto, Rifan. Dkk. 2017. RancanganBangun Band Pass Frekuensi 1.127 Ghz untuk Teknologi Synthetic Aperture Radar. Universitas Telkom, Institut Sumatera.
- [4] Permatasari, Oropila Dhadhani. Dkk. 2017. Ekstrasi Frekuensi Sinyal Gamelan menggunakan Band pass Filter untuk transkripsi. Jurusan Teknik Elektro FTI. Surabaya.
- [5] Yuwono, Bambang. 2010. Image Smoothing Menggunakan Mean Filtering, Median Filtering, Modus Filtering dan Gaussian Filtering. *Telematika*. 7(1). 65-75

