

# Perbandingan Kinerja Filter Butterworth Berdasarkan Spesifikasi Frekuensi untuk Pengolahan Sinyal Suara

## *Butterworth Filter Performance Comparison Based on Frequency Specifications for Voice Signal Processing*

Anugrayani Bustamin<sup>1</sup>, A. Ais Prayogi<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Departemen Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar

E-mail: <sup>1</sup>anugrayani@unhas.ac.id, <sup>2</sup>aisprayogi@unhas.ac.id

### Abstrak

Sinyal suara terkadang masih mengandung noise pada saat dilakukan proses pengolahan. Filter dilakukan untuk menyaring sinyal-sinyal suara yang tidak dibutuhkan ataupun dianggap mengganggu (noise). Penelitian ini bertujuan untuk melakukan preprocessing sinyal suara dengan membandingkan kinerja filter Infinite Impulse Respon (IIR) pada desain filter Butterworth berdasarkan frekuensi yang dilewatkan. Tujuan yang ingin dicapai dari tahap preprocessing yaitu mengolah suara agar dapat diambil karakteristik atau cirinya. Sinyal suara sampel yang akan difilter yaitu perekaman suara laki-laki pada frekuensi sampling 16000Hz. Pada penelitian ini filter Infinite Impulse Respon (IIR) digunakan dengan respon filter Butterworth. Validasi dilakukan dengan menghitung Signal Noise to Ratio (SNR) dari masing-masing jenis filter berdasarkan frekuensi yang dilewatkan. Hasil yang diperoleh berdasarkan nilai SNR tertinggi yaitu 29,9321 dB pada orde filter 6. Nilai dari SNR ini juga menunjukkan bahwa BPF lebih baik dibandingkan dengan LPF dan HPF.

Kata kunci: Butterworth, Preprocessing, Sinyal Suara, Speech Recognition

### Abstract

*The voice signal sometimes still contains noise during processing. The filter is done to filter out the voice signals that are not needed or considered disturbing (noise). This study aims to preprocess the sound signal by comparing the performance of the Infinite Impulse Response (IIR) filter on the Butterworth filter design based on the frequency passed. The goal to be achieved from the preprocessing stage is to process sound so that characteristics or characteristics can be taken. The sample sound signal to be filtered is male voice recording at a sampling frequency of 16000Hz. In this study, the Infinite Impulse Response (IIR) filter is used with the Butterworth filter response. Validation is done by calculating the Signal Noise to Ratio (SNR) of each type of filter based on the frequency passed. The results obtained based on the highest SNR value is 29.9321 dB in order filter 6. The value of this SNR also shows that BPF is better than LPF and HPF.*

Keywords: Butterworth, Preprocessing, Speech Signal, Speech Recognition

## 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi terutama dalam hal komunikasi, pengolahan sinyal suara menjadi bagian penting dalam terciptanya kecanggihan dunia informasi saat ini. Semakin pentingnya kebutuhan akan informasi mendorong berbagai penelitian terkait khususnya pengolahan sinyal digital. Salah satunya adalah pengenalan suara.

Sebuah sinyal suara mengandung entitas yang mengandung informasi [1]. Namun, terkadang sinyal suara tersebut rusak atau terganggu oleh noise. Oleh karena itu diperlukan proses filter sinyal suara. Filter sinyal suara merupakan proses yang penghapusan noise pada sinyal suara yang rusak. Ada banyak aplikasi filter di bidang Telekomunikasi, Digital Signal Processing, Image Processing dan Wireless komunikasi. Di bidang Digital Signal Processing, fungsi utama dari filter adalah untuk menghilangkan komponen yang tidak diinginkan dari sinyal noise [2].

Pada penelitian yang dilakukan pada tahun 2013 oleh Dyah Titisari dkk melakukan filter suara paru-paru pada anak-anak dengan menggunakan Band Pass Filter Butterworth. Sinyal suara

paru-paru sebagai masukan terkontaminasi dengan suara jantung. Sehingga diperlukan proses filter untuk mereduksi suara jantung tersebut. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini, hasil terbaik pada orde ke 4 dengan frekuensi cut-off pada 600 dan 1000 Hz dengan nilai SNR sebesar 43,3896 dB [3].

Prajoy Podder dkk juga mendesain dan mengimplementasikan filter pada sinyal suara. Desain filter yang menjadi bahan perbandingan yaitu Butterworth, Chebyshev-I dan filter Elliptic. Hasil dari penelitiannya memaparkan bahwa desain filter dengan Butterworth memberikan hasil yang lebih baik jika dibandingkan dengan Chebyshev-I dan Elliptic berdasarkan hasil keluaran sinyal spektrumnya [4]. Perbandingan kinerja respon filter yang dilakukan oleh Prajoy juga dilakukan oleh Aung dkk pada tahun 2019. Perancangan desain filter dilakukan pada LabVIEW. Hasil yang diperoleh mengurutkan performa dari ketiga respon filter Butterworth, Chebyshev-I dan Elliptic [5]. Perancangan desain filter untuk sinyal bicara dengan pengolahan sinyal multirate dilakukan pada tahun 2018 oleh Sangeetha dan Kannan. Respon filter yang dibandingkan yaitu Butterworth dan Chebyshev namun hanya pada Low Pass Filter dan High Pass Filter. Berdasarkan frekuensi filter yang dilewatkan, juga diterapkan metode windowing Hamming, Hanning, Blackman, Rectangular, dan Kaiser. Berdasarkan hasil penelitiannya diperoleh nilai *Signal to Quantization Noise Ratio* (SQNR) tertinggi pada respon filter Chebyshev HPF [6].

Wirawan dan Edy juga melakukan penelitian untuk menghilangkan noise pada sinyal suara dengan metode Noise Gate dan low pass filter. Hasil yang diperoleh menunjukkan peningkatan keberhasilan pada pengenalan suara hingga 3,5 kali lipat jika dibandingkan dengan pengenalan suara tanpa penghilangan *noise* pada sinyal suara. Selain itu juga diimplementasikan metode *silent removal* untuk menghilangkan informasi yang tidak dibutuhkan dalam proses pengenalan [7].

Penelitian serupa juga dilakukan pada tahun berikutnya oleh Salih dengan menggunakan Low Pass Filter untuk mereduksi noise pada file audio. Pengolahan dilakukan pada software Matlab dengan menggunakan data audio berformat *.wav*. Dengan menggunakan metode ini memberikan hasil yang sangat baik dalam menghilangkan *noise* pada sinyal [8]. Penghapusan derau/*noise* untuk sinyal bicara juga dilakukan pada tahun 2018 oleh Alfrarizi dkk untuk menghilangkan gangguan dengan menggunakan *dual microphone system* (DMS). Algoritma yang diperkenalkan pada penelitiannya yaitu Transformasi Kosinus Diskrit *Least Mean Square*. Metode ini dirancang dalam meningkatkan konvergensi dan *Signal Noise to Ratio* (SNR) dengan menghasilkan *stepsize* optimal di 0,2 dan dengan besaran nilai SNR optimal yaitu 16,1906 dB [9].

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, desain filter Butterworth dapat melakukan filter pada sinyal suara. Oleh karena itu, penelitian ini akan berfokus membandingkan hasil filter Butterworth berdasarkan frekuensi yang dilewatkan seperti Low Pass Filter (LPF), Band Pass Filter (BPF) dan High Pass Filter (HPF).

## 2. METODE PENELITIAN

Filter adalah sebuah sistem yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas sinyal dengan mengubah karakteristiknya. Karakteristik yang dimaksud bisa saja dalam bentuk gelombang, fasa, frekuensi dan amplitudo dari sinyal. Selain itu filter juga berfungsi untuk menghilangkan noise yang ada pada sinyal, memisahkan hasil kombinasi dari dua atau lebih sinyal dan juga memperoleh informasi yang terdapat pada sinyal [10]. Dalam proses komunikasi, *noise* dapat menjadi faktor pengganggu dalam hasil penyampaian informasi. Begitupun ketika diimplementasikan ke dalam pengolahan sistem pengenalan suara. Data yang digunakan sebaiknya melalui filter *noise* terlebih dahulu.

Data yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu data sinyal suara dari masing-masing 5 responden. Sinyal suara yang akan digunakan disimpan dalam format *.wav*. Masing-masing responden akan merekam suara sebanyak 5 kali. Data ini akan selanjutnya disiapkan untuk sistem pengenalan suara.

Proses filter pada sinyal suara adalah proses penyaringan sinyal-sinyal suara yang tidak dibutuhkan ataupun dianggap mengganggu (*noise*). Filter digital terbagi atas dua yaitu Infinite Impulse Respon (IIR) dan Finite Impulse Respon (FIR) [8]. Filter IIR merupakan filter dengan loop umpan balik sehingga tanggapan impulsenya mempunyai batasan waktu yang tidak berhingga atau biasa disebut dengan filter rekursif. Filter IIR dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$y[n] = \sum_{i=1}^N a_i y[n-1] + \sum_{k=0}^M b_k x[n-k] \quad (1)$$

Dimana :

M = orde filter

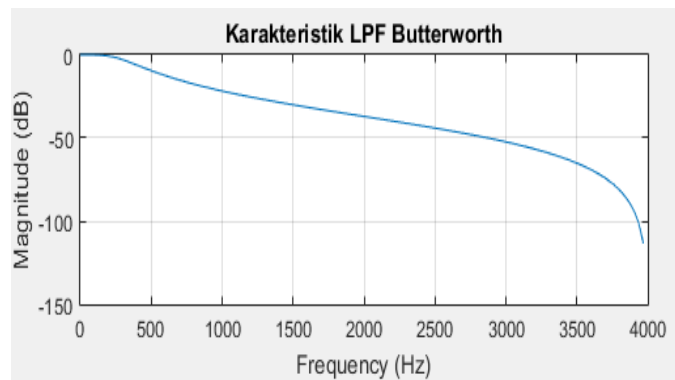
i,j = filter indeks

bi = koefisien feed forward IIR filter

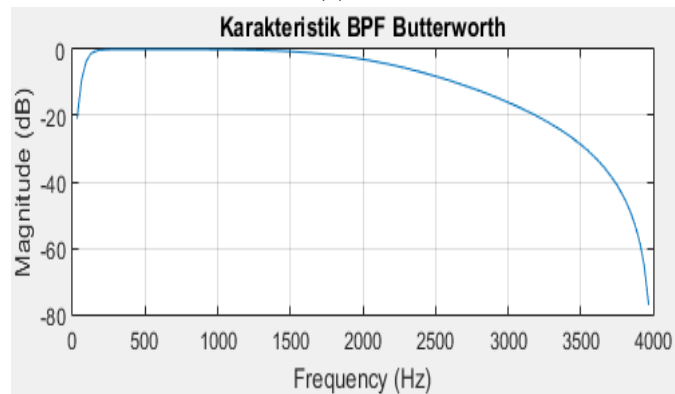
ai = koefisien feed back IIR filter

M+N+1, menentukan banyaknya (total koefisien), sedangkan untuk order filter biasanya ditetapkan sebagai nilai N.

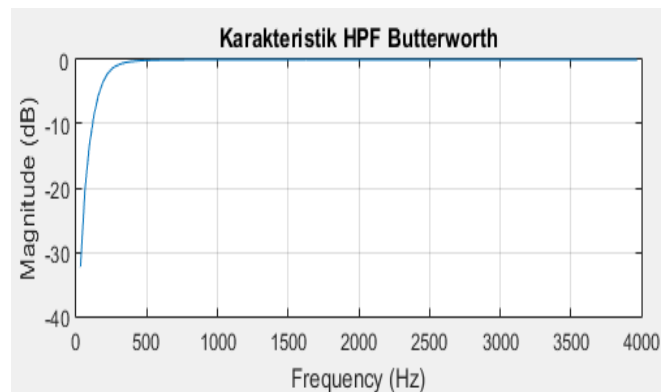
Pada penelitian ini akan membanding hasil filter sinyal suara berdasarkan Low Pass Filter (LPF), Band Pass Filter (BPF) dan High Pass Filter dengan memanfaatkan filter IIR dengan desain Butterworth seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



(a)



(b)



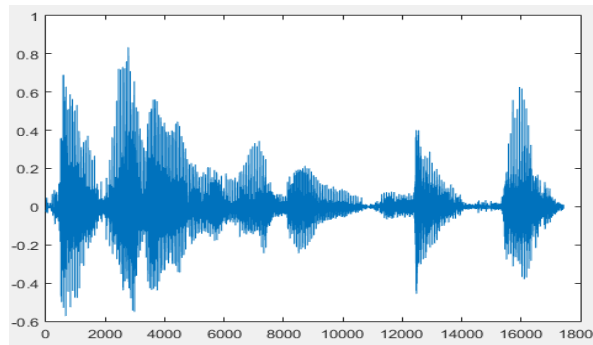
(c)

Gambar 1 Karakteristik filter berdasarkan frekuensi yang dilewatkan (a) Low Pass Filter (LPF), (b) Band Pass Filter (BPF), dan (c) High Pass Filter (HPF)

Sinyal suara sebagai masukan pada proses filter ini terdiri dari 5 kalimat yang direkam dengan frekuensi sampling sebesar 16000 Hz. Jenis karakteristik filter yang digunakan antara lain:

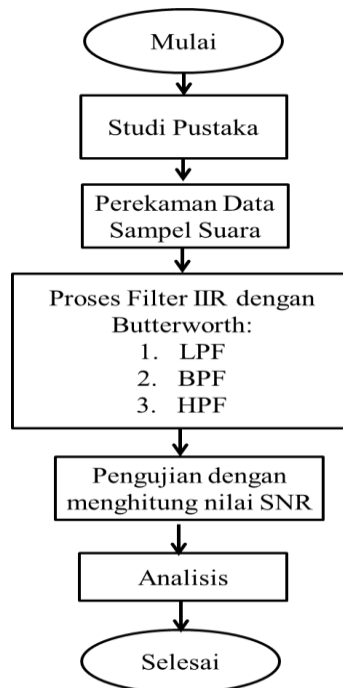
- LPF : Frequency Cutoff sebesar 300Hz.
- BPF : Frequency Cutoff sebesar 300Hz dan 7000Hz.
- HPF : Frequency Cutoff sebesar 7000Hz.

Proses filter akan menggunakan variasi beberapa orde untuk memperoleh filter yang tepat berdasarkan Signal to Noise Ratio (SNR) terbesar. Gambar 2 menunjukkan sinyal suara hasil perekaman dengan Frekuensi Sampling sebesar 16000Hz.



Gambar 2 Sinyal suara hasil perekaman “Bang Ali menabung di Bank Bali”

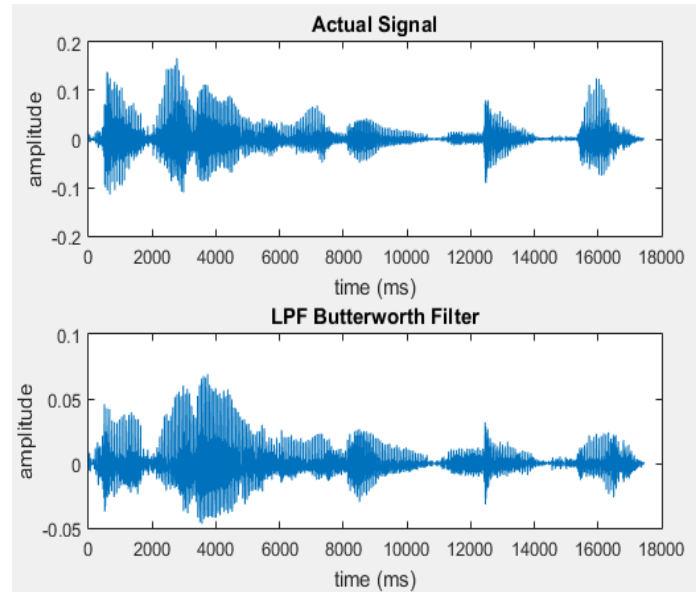
Sinyal suara pada Gambar 2 akan melalui proses filter.. Adapun alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



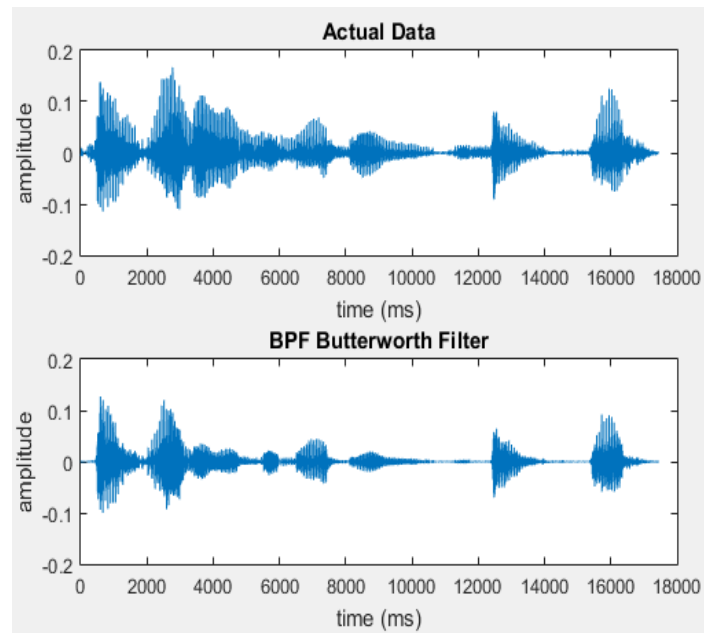
Gambar 3 Blok Diagram Sistem

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

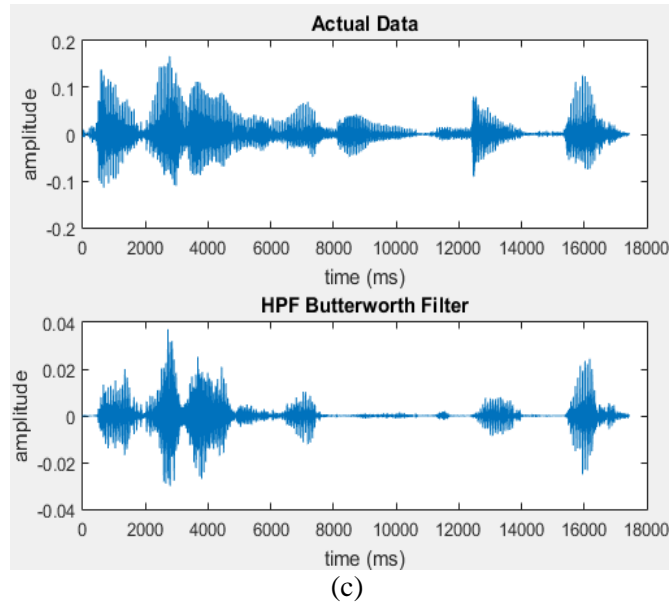
Berdasarkan proses filter Butterworth yang telah dilakukan, adapun hasil yang diperoleh ditunjukkan dengan data aktual berupa masukan sinyal asli dan data hasil filter dengan LPF, BPF dan HPF seperti pada Gambar 4.



(a)



(b)



Gambar 4 Tampilan Sinyal Suara hasil Filter dengan 2 orde (a) *Low Pass Filter* (LPF), (b) *Band Pass Filter* (BPF), dan (c) *High Pass Filter* (HPF)

Berdasarkan dari Gambar 4, pengujian dilakukan dengan mengukur nilai Signal to Noise Ratio (SNR) dengan persamaan berikut:

$$SNR_{db} = 10 \log_{10} \left( \frac{A_{signal}}{A_{noise}} \right)^2 \tag{2}$$

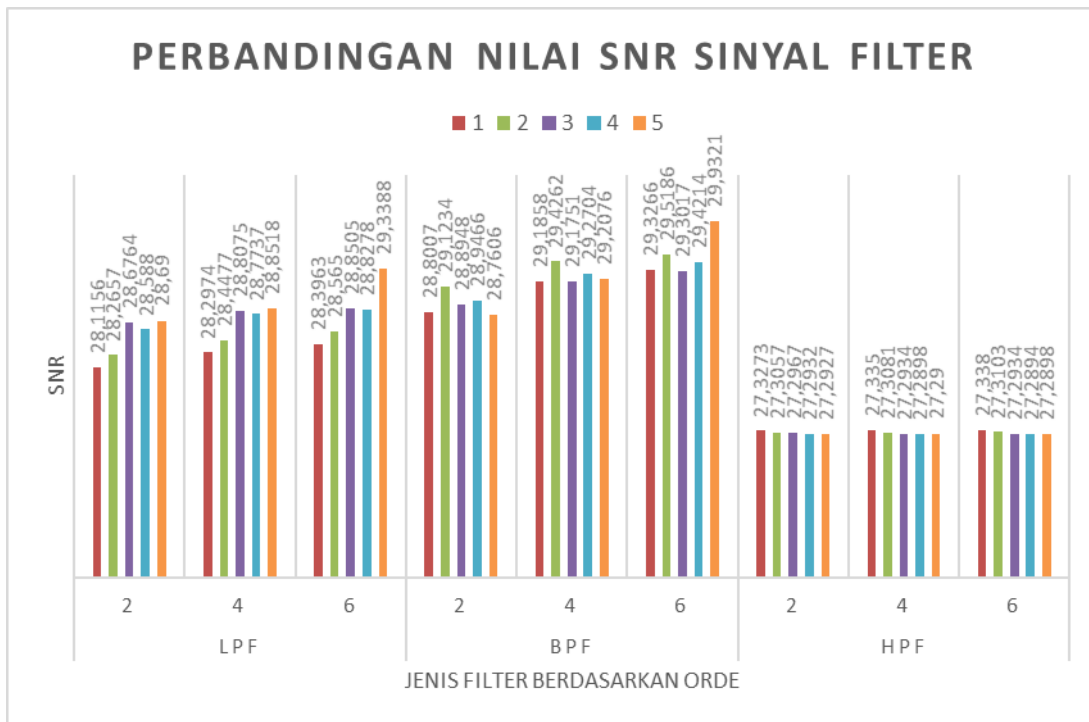
Dimana  $A_{signal}$  merupakan nilai *Root Mean Square* (RMS) dari sinyal tanpa noise dan  $A_{noise}$  adalah nilai RMS dari noise tanpa campuran sinyal masukan. Dalam kondisi perekaman di ruang terbuka masih memungkinkan masuknya noise dalam perekaman sinyal suara. Sinyal tanpa noise yang dimaksud di sini adalah sinyal suara yang telah melalui proses filter.

Tabel 1 merupakan nilai RMS dalam satuan dB yang dihasilkan dari perbandingan kinerja dari ketiga jenis filter berdasarkan karakteristik jangkauan frekuensinya dan variasi nilai orde yang diberikan untuk 5 data sinyal suara yang telah direkam.

Orde	Jenis Filter	Nilai RMS (dB)									
		Data 1		Data 2		Data 3		Data 4		Data 5	
		Sinyal Asli	Sinyal Filter	Sinyal Asli	Sinyal Filter	Sinyal Asli	Sinyal Filter	Sinyal Asli	Sinyal Filter	Sinyal Asli	Sinyal Filter
2	LPF	0,0206	0,0111	0,0561	0,0321	0,0403	0,0286	0,0381	0,0256	0,033	0,0211
	BPF	0,0206	0,0134	0,0561	0,0387	0,0403	0,0274	0,0381	0,0238	0,033	0,0214
	HPF	0,0206	0,0032	0,0561	0,0061	0,0403	0,0034	0,0381	0,0024	0,033	0,002
4	LPF	0,0206	0,0119	0,0561	0,0339	0,0403	0,0299	0,0381	0,0269	0,033	0,0218
	BPF	0,0206	0,0143	0,0561	0,0403	0,0403	0,0282	0,0381	0,0248	0,033	0,0231
	HPF	0,0206	0,0035	0,0561	0,0064	0,0403	0,0027	0,0381	0,0015	0,033	0,0014
6	LPF	0,0206	0,0122	0,0561	0,0349	0,0403	0,0304	0,0381	0,0274	0,033	0,0221
	BPF	0,0206	0,0146	0,0561	0,0407	0,0403	0,0284	0,0381	0,0251	0,033	0,0235
	HPF	0,0206	0,0036	0,0561	0,0068	0,0403	0,0027	0,0381	0,0014	0,033	0,0013

Gambar 5 Nilai RMS Dari Ketiga Sinyal Masukan Dan Keluaran Terhadap Jenis Filter Dan Nilai Orde

Dari nilai RMS yang didapatkan diperoleh nilai SNR untuk tiap jenis filter seperti pada Gambar 5.



Gambar 6 Perbandingan Nilai SNR pada Sinyal Suara Setelah Difilter Berdasarkan Jenis Filter

Hasil yang diperoleh pada Gambar 5 dari masing-masing orde 2, 4, dan 6 menunjukkan bahwa SNR dari desain filter Butterworth BPF lebih baik dibandingkan dengan LPF dan HPF untuk 5 data sinyal suara inputan. Nilai SNR terbesar diperoleh yaitu 29,9321 tepatnya pada data 5. Secara keseluruhan berdasarkan Gambar 5, Filter BPF dengan orde 6 memberikan SNR terbesar di antara yang lainnya. Nilai SNR menjadi tolak ukur performansi dari filter yang digunakan [11]. Ketika SNR yang dihasilkan semakin besar berarti sinyal hasil filter tentu mengalami perbaikan. Namun, ketika nilai SNR hasil filter tidak lebih baik dari sinyal suara sebelum difilter maka proses filter hanyalah merusak karakteristik dari sinyal suara itu sendiri.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini merupakan proses awal pada pengolahan sinyal suara. Tahapan preprocessing juga telah dilakukan dengan desain filter Butterworth. Penelitian ini membuktikan bahwa Filter IIR dengan desain Butterworth dapat diaplikasikan pada pengolahan sinyal suara. Berdasarkan perhitungan SNR, jenis filter BPF memberikan hasil yang lebih baik dari LPF dan HPF dengan nilai SNR tertinggi untuk BPF sebesar 29,9321 dB pada orde filter 6. Pemanfaatan filter Butterworth ini memberi kontribusi penting dalam proses pengembangan sistem pengolahan sinyal suara pada implementasi yang lainnya.

#### 5. SARAN

Penelitian selanjutnya dapat diuji coba dengan beberapa metode filter *noise removal* yang lain untuk dapat mendukung sistem pengenalan suara ataupun pengolahan sinyal digital lainnya. Penggunaan data sinyal yang beragam tidak hanya sinyal suara dapat dilakukan dengan menggunakan metode filter ini untuk memberikan pengolahan data sinyal yang lebih baik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Hasanuddin yang telah memberi dukungan financial terhadap riset ini pada Skema Penelitian Dosen Pemula (PDP)

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Bustamin, Indrabayu and I. S. Areni, "Review Teknologi Pengenalan Suara : Metode pada Speech to text," in *Seminar Nasional Teknik Informatika*, Makassar, 2015.
- [2] W. M. Laghari, M. U. Baloch, M. A. Mengal and S. J. Shah, "Performance Analysis of Analog Butterworth Low Pass Filter as Compared to Chebyshev Type-I Filter, Chebyshev Type-II Filter and Elliptical Filter," *Circuit and Systems*, vol. 5, no. 9, pp. 209-216, 2014.
- [3] T. D, S. I and W. B, "Reduksi Suara Jantung dari Instrumentasi Akuisisi Perekaman Suara Paru-Paru pada Anak-Anak Menggunakan Butterworth Band Pass Filter," in *Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Ind dan Inf*, Desember 2013.
- [4] P. Podder, M. M. Hasan, M. R. Islam and M. Sayeed, "Design and Implementation of Butterworth, Chebyshev-I and Elliptic Filter for Speech Signal Analysis," *International Journal of Computer Applications*, vol. 98, no. 7, pp. 12-18, 2014.
- [5] W. P. Aung, K. K. T. Zaw and T. T. San, " Design and Simulation of IIR Digital Filter using NI Labview," *International Journal of Zambrut*, vol. 3, no. 1, pp. 74-81, 2019.
- [6] S. Sangeetha and P. Kannan, "Design and Analysis of Digital Filters for Speech Signal Using Multirate Signal Processing," *ICTACT JOURNAL ON MICROELECTRONICS*, vol. 3, no. 4, pp. 480-487, 2018.
- [7] S. Wirawan and E. Prasetyo, "Implementasi Metode Noise Gate, Low Pass Filter dan Silent Removal untuk Menghilangkan Noise pada File Suara Menggunakan Parameter Dinamis," *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, vol. 21, no. 3, pp. 152-162, 2016.
- [8] A. O. M. Salih, "Audio Noise Reduction Using Low Pass Filters," *Open Access Library Journal*, vol. 4, no. e3709, pp. 1-7, 2017.
- [9] H. G. Alfarizi, J. Raharjo and J. H. Manurung, "Penghapusan Derau pada Sinyal Wicara Menggunakan Sistem Dua Mikrofon dengan Algoritma Transformasi Kosinus Diskrit Least Mean Square," *e-Proceesing of Engineering*, vol. 5, no. 2, pp. 2161-2168, 2018.
- [10] E. Ifeachor and B. Jervis, *Digital Signal Processing: A Practical Approach (2nd Edition)*, Prentice Hall, 2001.
- [11] N. T. Mooniarsih, "Desain dan Simulasi Filter FIR Menggunakan Metode Windowing," *Jurnal ELKHA*, vol. 2, no. 1, pp. 41-47, 2010.