

## DEREVERBERASI DAN DENOISING SINYAL SUARA MENGGUNAKAN METODE ENVELOPE FILTERING BERDASARKAN ANALISIS CEPSTRAL

Santi Novida Ritonga<sup>1</sup>, Bambang Hidayat<sup>2</sup>, Rita Magdalena<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

---

### Abstrak

Reverberasi adalah fenomena bercampurnya sinyal audio asli dengan sinyal-sinyal noise yang timbul karena efek pantulan. Karakteristik reverberasi yang dialami oleh suatu sinyal bersesuaian dengan fungsi transfer ruangan (Room Impulse Response) yang menyebabkan sinyal hasil pantulan memiliki delay yang bervariasi tergantung ukuran ruangan. Sinyal reverberasi dalam kasus ini sulit dihilangkan karena sinyal reverberasi berkorelasi dengan sinyal asli, begitupun dengan noise. Metode yang digunakan untuk pengurangan sinyal reverberasi disebut dereverberasi dan untuk mengurangi efek noise pada suara disebut denoising

Dereverberasi adalah metode untuk mengurangi sinyal reverberasi sehingga kualitas sinyal suara menjadi lebih baik. Salah satu metode dereverberasi yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah metode envelope filtering berdasarkan analisis cepstral. Input yang digunakan dalam analisis adalah sinyal suara manusia tereverberasi dengan noise sedangkan output yang diharapkan adalah berkurangnya sinyal reverberasi dan sinyal noise sehingga terjadi peningkatan kualitas sinyal suara.

Untuk mendapatkan sinyal tereverberasi dan ternoise yang digunakan sebagai input dalam dereverberasi dan denoising maka dilakukan konvolusi antara sinyal asli dengan respons impulse ruangan. Setelah itu dilakukan proses dereverberasi dan denoising. Setelah dilakukan proses dereverberasi dan denoising dalam tugas akhir ini, terbukti bahwa metode envelope filtering berdasarkan analisis cepstral cukup baik untuk menghilangkan reverberasi dan noise pada sinyal percakapan. Hal ini dibuktikan dengan nilai MSE (MSE minimum adalah 0.000350 pada ruang besar), RT (RT minimum adalah 0.00308375 pada ruang kecil) and MOS (maximum MOS terdapat di ruang besar sebesar 4.088)

Kata Kunci : sinyal suara manusia, reverberasi, dereverberasi, noise, denoising

---

### Abstract

Reverberation is a phenomenon in which characteristics of original audio signal mixed with noise signals arising due to the reflection effect. Reverberation characteristics experienced by a signal corresponding to the transfer function room (Room Impulse Response) which cause signal reflections have a delay that results vary depending on the size of the room. Reverberation signal in this case is hard to remove because reverberation signal correlated with the original signal, as well as with noise.

Dereverberation is a method to reduce reverberation signal so that the quality of voice signal to be better. One method that used to reduce dereverberation in this thesis is a method of envelope filtering based on cepstral analysis. Inputs used in the analysis are signal with reverberation and noise while the expected output is reduce reverberant signal and the signal noise resulting in improved quality of voice signal.

To get a signal with reverberation and noise and used as input in dereverberation and denoising the convolution is performed between the original signal with the room impulse response. Once it is done dereverberation and denoising process. After process dereverberation and denoising in this final, proved that the envelope method of filtering based on cepstral analysis is good enough to eliminate noise and reverberation in human speech. This is evidenced by the value of MSE (minimum MSE is 0.000350 in large room), RT (minimum RT is 0.00308375 in small room) and MOS (maximum MOS in medium room is 4.088)

Keywords : human voice signals, reverberation, dereverberation, noise, denoising

---

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sistem perekaman audio memiliki banyak persyaratan agar rekaman audio yang dihasilkan sistem tersebut berkualitas tinggi. Persyaratan tersebut adalah wajar karena rekaman audio, yang dikenal dengan istilah *master*, akan digunakan kembali untuk berbagai proses. Proses pengolahan *master* tersebut akan bervariasi tergantung dengan tujuan penggunaan audio tersebut. Salah satu persyaratan yang paling penting untuk dipenuhi adalah tidak adanya reverberasi dan *noise* pada saat sesi perekaman dilakukan. Apabila reverberasi dan *noise* ikut terekam maka *master* tersebut dianggap cacat sehingga pengolahannya lebih lanjut adalah usaha yang sia-sia untuk dilakukan. Baik dalam sistem analog maupun digital, keberadaan reverberasi dan *noise* hampir mustahil untuk dihilangkan. Oleh karena itu, terciptalah ilmu pengolahan sinyal untuk memerangi keberadaan reverberasi dan *noise*.

Reverberasi adalah sinyal noise akustik yang muncul dalam suatu ruang tertutup akibat adanya superposisi dari suara pantulan dan difraksi dari dinding dan objek-objek yang ada di dalam ruangan tersebut. Sedangkan *noise* adalah sinyal suara yang tidak diinginkan yang dapat mengganggu perekaman audio. Sinyal yang bebas dari reverberasi dan *noise* merupakan masalah kompleks yang sulit dicari solusinya karena sinyal suara asli berkorelasi (bercampur) dengan efek reverberasi dan *noise*. Melalui analisis cepstral, dapat kita lakukan pemotongan envelope dari sinyal suara yang tereverberasi dan *noise* sehingga didapat spektral sinyal suara yang mirip dengan asli.

Dalam tugas akhir ini dilakukan penelitian proses pengurangan efek pantulan / reverberasi dan *noise* menggunakan metoda "*Envelope Filtering based on Cepstral Analysis*". Metode ini terdiri dari 3 proses utama yaitu proses analisa dengan cara *Discrete Fourier Transform (DFT)* pada sinyal suara input, lalu dilakukan logaritma spektrum dalam domain frekuensi, dan diakhiri dengan *Invers Discrete Fourier Transform (IDFT)* untuk mendapatkan cepstrum sinyalnya dan kembali ke domain waktu. Setelah proses analisis, dilakukan proses pencarian algoritma koreksi cepstral, lalu proses sintesa yang merupakan kebalikan dari proses analisa sebelumnya. Dari

## BAB I Pendahuluan

---

serangkaian proses tersebut diharapkan akan menghasilkan sinyal yang dampak reverberasi dan noisenya telah diminimalkan.

### 1.2 Tujuan Penulisan

Tugas akhir ini memiliki tujuan-tujuan berikut:

1. Memperoleh sinyal suara yang lebih jelas dari sinyal suara yang terdegradasi akibat reverberasi dan noise ruangan melalui metode *envelope filtering* berdasarkan analisis cepstral.
2. Mendapatkan parameter-parameter yang digunakan untuk menentukan kejelasan suara hasil dereverberasi dan denoising, yaitu :
  - 1) Parameter subjektif, berupa *Mean Opinion Score* (MOS) dengan range nilai dari 1 sampai 5.
  - 2) Parameter objektif, berupa *Mean Square Error* (MSE) yang didapat dari hasil perbandingan korelasi antara sinyal suara asli dengan sinyal suara hasil dereverberasi dan denoising.
3. Metode pengukuran RT60, yaitu mengukur *reverberation time* ( $T_r$ ) dari RIR baru yang terbentuk dari sinyal hasil dereverberasi dan denoising saat turun 60 dB lalu dibandingkan dengan  $T_r$  saat sinyal aslinya turun 60 dB.

### 1.3 Perumusan Masalah

1. Bagaimana memperbaiki kualitas suara yang terdegradasi karena adanya reverberasi dan noise ?
2. Bagaimana pengaruh *impuls response* dari setiap ruangan yang digunakan sebagai model penelitian dengan ukuran yang berbeda-beda yang akan memberikan efek reverberasi pada sinyal suara asli yang telah tercampur noise ?
3. Bagaimana penerapan proses *Envelope Filtering based on Cepstral Analysis* untuk mendapatkan sinyal suara yang lebih jelas ?
4. Berapa besar nilai noise yang paling efektif agar didapat sinyal hasil dereverberasi dan denoising dengan kualitas suara yang lebih baik ?

### 1.4 Batasan Masalah

1. Untuk pemrosesan digunakan input sinyal percakapan suara manusia yang diambil dari CD TOEFL.

2. Frekuensi sampling 8000 Hz, file suara disimpan dalam format \*.wav, tipe suara adalah mono.
3. Simulasi  $h(n)$  yang digunakan untuk penelitian ada tiga jenis, yaitu ruangan berukuran kecil (*small*), sedang (*medium*), dan besar (*large*).
4. Ukuran window dihitung sesuai frekuensi sampling suara input sehingga didapat jumlah sampel tiap frame.
5. Suara asli (*clean speech*) yang akan diproses didapat dari hasil rekaman yang dilakukan pemotongan selama 10 detik.
6. Simulasi menggunakan *toolbox signal processing* pada software Matlab 7.6.0.

### 1.5 Metode Penyelesaian Masalah

Untuk menyelesaikan penelitian ini, metode yang digunakan adalah :

1. Studi Literatur  
Mempelajari teori - teori yang dibutuhkan dalam pelaksanaan tugas akhir ini melalui berbagai referensi dan jurnal yang terkait.
2. Studi Analisis dan Perancangan Simulasi  
Melakukan analisis dan perancangan blok simulasi dengan menggambarkan diagram blok simulasi sistem secara umum dengan metode terstruktur.
3. Pembuatan Blok Simulasi
  - a. Mensimulasikan impuls respons ruangan dengan ukuran ruangan yang berbeda yaitu *small*, *medium*, dan *large*.
  - b. Membuat blok simulasi analisis sintesa dengan input sinyal suara asli ditambah noise yang akan tereverberasi akibat impuls respons, dilanjutkan dengan proses *envelope filtering* sehingga didapat sinyal output yang dampak reverberasi dan noisanya telah dikurangi sampai dengan standar persepsi normal.
4. Evaluasi dan Analisis  
Melakukan proses evaluasi dan analisis dari hasil simulasi dengan cara membandingkan sinyal suara asli ditambah noise, sinyal reverberasi, dan sinyal yang diproses dengan melihat hasil MSE (*Mean Square Error*), pengukuran RT60, dan evaluasi subjektif MOS (*Mean Opinion Score*).
5. Pengambilan kesimpulan dan penyusunan laporan Tugas Akhir.

## BAB I Pendahuluan

---

### 1.6 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan yang terdiri dari lima bab yang disusun sebagai berikut:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini membahas latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metode penyelesaian masalah, dan sistematika penulisan.

#### **BAB II DASAR TEORI**

Bab ini membahas teori mengenai reverberasi dan noise serta dereverberasi dan denoising, akustik ruang, *Room Impulse Response* (RIR) dan *Reverberation Time* (Tr), karakteristik sinyal suara, *Fast Fourier Transform* (FFT), konsep cepstrum dan invers cepstrum.

#### **BAB III PERANCANGAN SISTEM**

Bab ini membahas proses perancangan sistem dereverberasi dan denoising sinyal suara menggunakan metode analisis dan sintesis *Cepstral Analysis*.

#### **BAB IV IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SISTEM**

Bab ini berisi hasil dari penelitian dan menguraikan hasil analisis dari metode dereverberasi dan denoising sinyal suara yang digunakan pada Tugas Akhir ini, yaitu metode *envelope filtering* berdasarkan analisis cepstral.

#### **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil Tugas Akhir dan saran untuk pengembangan-pengembangan lebih lanjut.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses perancangan, implementasi, pengujian, dan analisis yang dilakukan pada bab-bab sebelumnya, maka ada beberapa kesimpulan yang dapat diambil, sebagai berikut :

1. Sistem dereverberasi dan denoising dengan metode *envelope filtering* berdasarkan analisis cesptral dengan input sinyal suara dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas suara dengan mengurangi pantulan yang terjadi akibat *room impuls respons* (RIR) sehingga didapat sinyal hasil dereverberasi dan denoising dengan kualitas lebih baik.
2. Parameter Noise mempengaruhi nilai MSE dan RT, dimana saat nilai noise 20-25 dB adalah nilai noise terbaik yang menghasilkan nilai MSE dan RT terkecil baik di ruangan small, medium dan large.
3. Nilai MSE minimum dari 3 tipe ruangan adalah 0.000350 pada ruang *large* untuk jenis suara percakapan.
4. Nilai RT minimum dari 3 tipe ruangan adalah 0.00308375 pada ruang *small* pada suara percakapan.
5. Nilai MOS (*Mean Opinion Score*) terhadap DCR (*Degradation Coefficient Rating*) dengan skala 1 – 5 menyatakan kualitas suara hasil dereverberasi dan denoising *good*.
6. Dari perbandingan antara parameter noise terbaik, MSE, RT, dan MOS terhadap kelima jenis sinyal suara input, dapat disimpulkan bahwa untuk semua jenis input suara akan memiliki kualitas hasil dereverberasi dan denoising yang paling baik adalah suara percakapan. Jika dilihat dari segi ukuran ruangan, untuk ruang *small*, *medium*, dan *large* akan lebih efektif pada ruang *large*.

#### 6.2 Saran

Berikut saran yang diajukan guna pengembangan sistem dereverberasi dan denoising dengan metode *envelope filtering* berdasarkan analisis cesptral :

## BAB V Penutup

---

- Suara yang digunakan untuk input sebaiknya adalah suara yang direkam dalam ruangan *anechoic chamber* agar suara benar-benar terbebas dari efek noise dan pantulan sehingga hasil dereverberasi dan denoising akan lebih akurat.
- Gunakan metode pengukuran akustik yang lebih baik dari RT60, misalnya RT50, RT40, atau *Rapid Speech Transmission Index (RASTI)*.
- Pada saat memproses sinyal lakukan secara *real time*. Hal ini dimaksudkan agar hasil keluaran sinyal dereverberasi dan denoisingnya lebih *real time*, karena simulasi proses dereverberasi dan denoising ini pada dasarnya digunakan untuk keperluan *teleconference*, sehingga butuh proses yang *real time*.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Allen, Jont dan David Bekley. "*Image Method for Efficiently Simulating Small Room Acoustics*". Journal of Acoustics Society of America. April 1979.
- [2] Furui, Sadaoki. "*Digital Speech Processing, Synthesis, and Recognition*". Tokai University Press. 1985.
- [3] Habets, Emanuel Anco Peter. "*Single and Multi Microphone Speech Dereverberation using Spectral Enhancement*". Eindhoven University Press.2007.
- [4] Wahyuni, Haya Wardha. "*Dereverberasi Sinyal Musik Tunggal dengan Menggunakan Metode Envelope Filtering Berdasarkan Analisis Cepstral*", IT TELKOM, Bandung. 2010

