

# MENDETEKSI WAKTU *DELAY* SUARA MENGGUNAKAN ANALISIS *CEPSTRUM*

## *DETECTION OF SOUND DELAY TIME USING CEPSTRUM ANALYSIS*

**Denny Hermawanto**

Pusat Penelitian Metrologi LIPI, Kompleks Puspiptek Gedung 420, Setu, Tangerang Selatan 15314

denny.h@kim.lipi.go.id

### **ABSTRAK**

Gelombang suara akan dipantulkan ketika mengenai permukaan yang keras. Suara hasil pantulan ini akan bersatu dengan suara aslinya sehingga terjadilah yang disebut sebagai efek *echo*. Makalah ini menjelaskan metode untuk mendeteksi waktu *delay* dari sebuah sinyal suara dengan *echo* menggunakan analisis *cepstrum*. Dengan melihat puncak dari *gamnitude* pada *rahmonics cepstrum*, akan didapatkan indeks waktu *delay* dari sebuah sinyal suara dengan *echo*. Dari hasil simulasi, didapatkan bahwa analisis *cepstrum* dapat mendeteksi dengan tepat waktu *delay* pada suara dengan *echo* meskipun terdapat *noise* dengan SNR 24,99 pada suara tersebut.

**Kata Kunci:** suara, *echo*, analisis *cepstrum*

### **ABSTRACT**

*Sound waves are reflected by hard surface. This reflected sound wave will be mixed with the original sound waves creating echo effect. This paper describes the simulation of time delay detection of echoed sound signal using cepstrum analysis. Time index of the delay of the echo is determined by cepstrum rahmonics gamnitude. The simulation shows that the cepstrum analysis method correctly detects the time delay in the echoed sound signal even in noise condition with SNR 24.99.*

**Keywords:** sound, *echo*, cepstrum analysis

## **1. PENDAHULUAN**

Apabila gelombang suara mengenai permukaan yang keras, gelombang suara tersebut akan mengalami pemantulan. Bentuk gelombang suara hasil pantulan ini sama dengan sinyal asli dengan *magnitude* yang mengalami atenuasi. Kemudian, sinyal asli dan sinyal hasil pantulan ini akan bergabung menjadi satu sinyal dan, bagi pendengar, hasilnya adalah suara yang mempunyai efek pantulan yang disebut dengan *echo*.

Dalam aplikasi pengukuran suara, dengan mengetahui waktu *echo*, dapat dilakukan pemisahan antara sinyal asli dengan sinyal hasil pantulan suara. Sebagai contoh dalam aplikasi pengukuran kebisingan mesin pesawat, dengan mengetahui waktu *echo*, efek pantulan suara oleh lantai tempat pengukuran dilakukan dapat dieliminasi sehingga meningkatkan akurasi penentuan titik pusat sumber kebisingan dalam mesin pesawat.

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan studi mengenai aplikasi analisis *cepstrum*

untuk mengetahui waktu *echo* suara yang nantinya dapat diaplikasikan dalam sistem kalibrasi mikrofon primer menggunakan metode *reciprocity* di medan bebas.<sup>[1]</sup> Salah satu masalah utama yang dihadapi dalam realisasi kalibrasi mikrofon di medan bebas menggunakan metode *reciprocity* adalah adanya *echo* yang dihasilkan oleh pantulan suara oleh besi penyangga mikrofon, dinding ruangan dan lainnya. Dengan mengetahui waktu *echo*, dapat dilakukan proses penghilangan *noise* berupa *echo* sebelum dilakukan perhitungan untuk mendapatkan sensitivitas dari mikrofon yang dikalibrasi.

## **2. ANALISIS CEPSTRUM**

Bentuk sinyal dengan *echo* dapat direpresentasikan menggunakan persamaan berikut ini:

$$y(t) = x(t) + x(t - \delta) \dots \dots \dots (1)$$

Di mana  $\delta$  adalah waktu *delay* dari sinyal awal. Spektrum dari sinyal tersebut dapat diketa-

hui dengan mengonversi sinyal tersebut dalam domain frekuensi menggunakan transformasi Fourier.

$$S(f) = F(y(t)) \dots\dots\dots (2)$$

$S(f)$  = spektrum sinyal dalam domain frekuensi  
 $f$  = frequency bin (Hz)

Apabila spektrum sinyal telah diketahui, *cepstrum* sinyal dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:<sup>[2,3,4]</sup>

$$C(\tau) = F^{-1} \{ \log(S(f)) \} \dots\dots\dots (3)$$

$C(\tau)$  = cepstrum sinyal  
 $\tau$  = indeks waktu

Di dalam analisis menggunakan *cepstrum*, nilai *time delay* dapat juga disebut dengan *quefrensy*. Istilah lainnya yang digunakan adalah *gamnitude* untuk menyatakan magnitude *cepstrum*, *saphe* untuk menyatakan fase dari *cepstrum*, dan *rahmonics* untuk menyatakan frekuensi *harmonic* dari sinyal. Ada dua macam *cepstrum*, yaitu *power cepstrum* dan *complex cepstrum*. *Cepstrum* yang didapatkan dari *power spectrum* disebut sebagai *power cepstrum*, sedangkan *cepstrum* yang didapatkan dari *complex spectrum* disebut sebagai *complex cepstrum*.<sup>[5]</sup> *Power spectrum* terdiri atas komponen *magnitude* sinyal dalam domain frekuensi saja, sedangkan *complex spectrum* terdiri atas komponen *magnitude* dan fase dari sinyal dalam domain frekuensi.

### 3. METODE SIMULASI

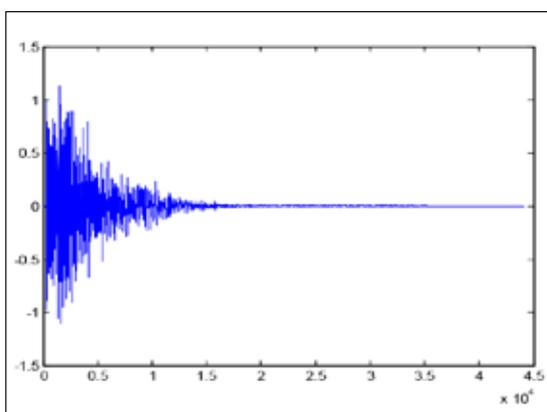
Suara yang digunakan dalam simulasi ini didapatkan dengan menghubungkan sebuah mikrofon ke konektor *line-in soundcard* yang terpasang pada *personal computer* (PC). Kemudian, suara yang diterima oleh mikrofon tersebut direkam menggunakan *software* perekaman Audacity, yaitu sebuah program untuk melakukan perekaman yang lisensinya adalah terbuka (*open source*). Konfigurasi perekaman pada program Audacity adalah seperti berikut:

- 1) *Channel: mono recording*
- 2) *Frequency Sampling: 44.100 Hz*
- 3) *Bit depth: 16 bit*
- 4) *Output format: wav*

Efek *echo* pada suara yang terekam tersebut dibuat dengan *editing* suara menggunakan program Audacity. Proses yang dilakukan adalah seperti berikut: dari suara mono yang direkam sebelumnya dibuat terlebih dahulu salinannya, kemudian pada suara salinan tersebut diberikan waktu *delay* tertentu. Akhirnya, suara berefek *echo* dapat dihasilkan dengan menambahkan suara hasil rekaman dengan suara salinan yang telah diberikan efek *delay*. Ada beberapa waktu *delay* yang digunakan untuk uji coba metode *cepstrum* ini, yaitu 10, 20, dan 30 milidetik.

Suara yang digunakan untuk percobaan adalah suara pantulan bola tenis meja karena efek *echo* pada suara ini mudah didengar oleh telinga. Bentuk sinyal asli tanpa *echo* dapat dilihat pada Gambar 1, sedangkan bentuk sinyal dengan *echo* 10, 20, dan 30 milidetik dapat dilihat pada Gambar 2. Sumbu X menunjukkan indeks waktu, sedangkan sumbu Y menunjukkan *amplitude* dari sinyal yang terekam.

Selanjutnya, tiap-tiap suara dengan *echo* tersebut dianalisis menggunakan *cepstrum* untuk melakukan validasi apakah analisis menggunakan *cepstrum* menghasilkan nilai *delay* yang sesuai dengan waktu *delay* yang telah diketahui pada tiap-tiap suara.



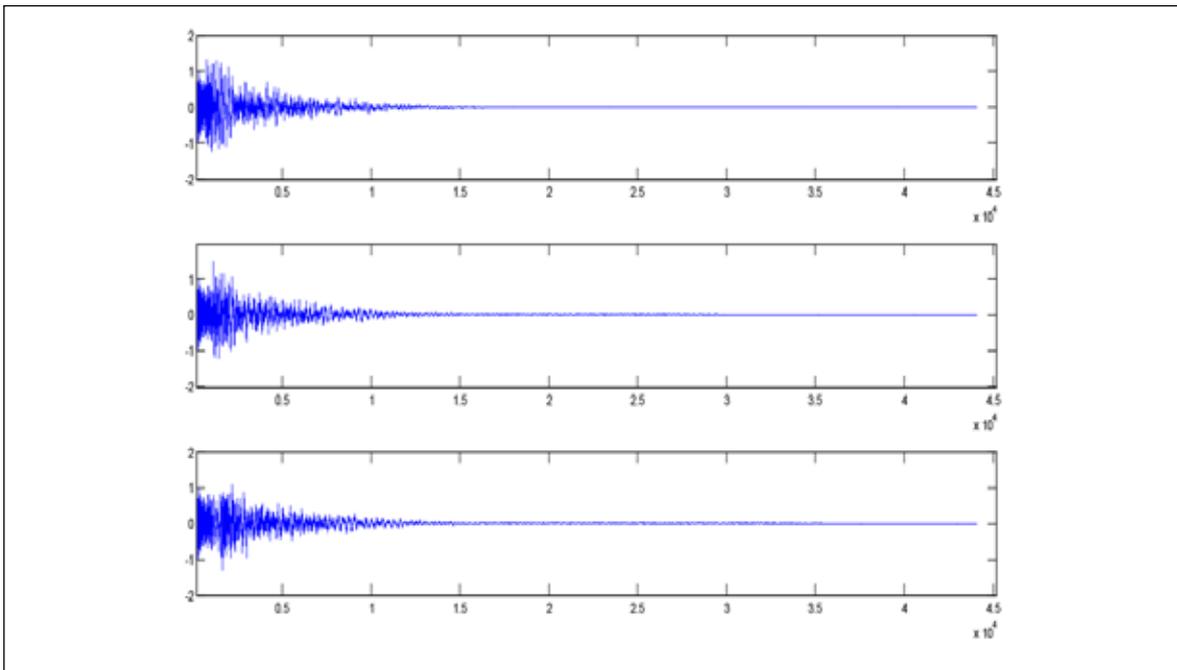
Gambar 1. Bentuk Sinyal Tanpa Echo

#### 4. HASIL SIMULASI DAN DISKUSI

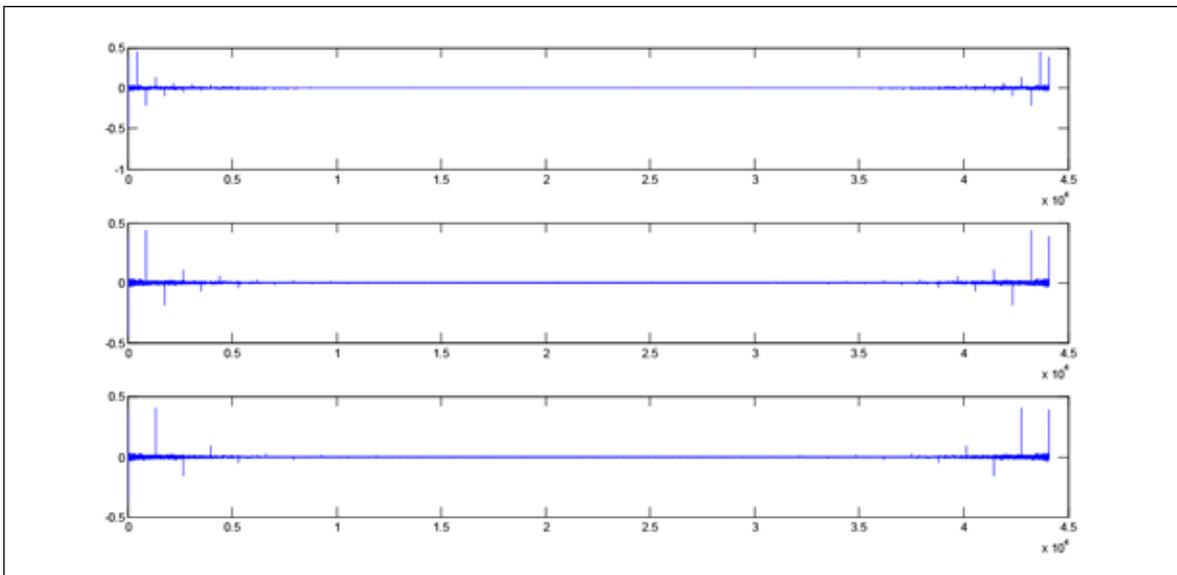
Bentuk *cepstrum* terhadap suara yang memiliki echo sebesar 10, 20, dan 30 milidetik dapat dilihat pada Gambar 3.

Pada Gambar 3, sumbu Y menyatakan *gamnitude* dari *cepstrum*, sedangkan sumbu X menyatakan indeks waktu dari *cepstrum*. Gambar 3 menunjukkan bahwa *rahmonics* dari sinyal terjadi di awal dan di akhir indeks waktu. *Rahmonics* yang terjadi di akhir indeks waktu merupakan *mirror* dari *rahmonics* yang terjadi di awal indeks waktu. Hal ini terjadi

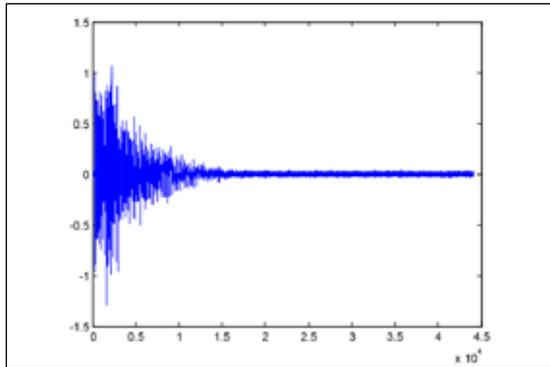
sebagai efek penggunaan *fast fourier transform* untuk pengolahan sinyal. Dalam praktiknya, nilai *rahmonics* yang digunakan dalam analisis adalah yang di bagian awal waktu. Dari Gambar 3, dapat dilihat puncak *gamnitude* untuk suara dengan *echo* sebesar 10 milidetik ada di indeks waktu ke-441, sedangkan untuk *echo* sebesar 20 dan 30 milidetik, puncak *gamnitude* ada di indeks waktu ke-882 dan ke-132. Waktu *delay* dapat dihitung dengan cara mengalikan indeks waktu dengan periode sampling yang digunakan pada saat perekaman suara. Frekuensi sampling



Gambar 2. Bentuk Sinyal dengan *Echo*



Gambar 3. *Cepstrum* dari Sinyal dengan *Echo*



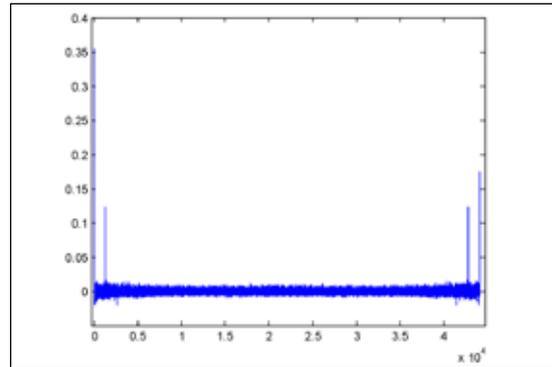
**Gambar 4.** Bentuk Sinyal *Echo* dengan *Noise*

yang digunakan dalam perekaman suara bola tenis meja adalah 44.100 Hz yang berarti periodenya adalah sebesar  $2.26757 \cdot 10^{-6}$  detik. Apabila periode ini dikalikan dengan indeks waktu hasil dari analisis *cepstrum*, didapatkan waktu *delay* dari suara dengan *echo* di atas adalah sebesar 10, 20, dan 30 milidetik. Nilai hasil analisis *cepstrum* ini sesuai dengan nilai *delay* yang diberikan ke tiap-tiap suara tersebut, yaitu 10, 20, dan 30 milidetik.

Untuk mengetahui kemampuan analisis *cepstrum* terhadap sinyal yang mempunyai *noise*, dilakukan percobaan analisis *cepstrum* terhadap suara dengan *echo* yang mempunyai *noise*. Untuk membuat suara yang mempunyai *noise* terhadap suara rekaman pantulan bola tenis meja ditambahkan suara *noise*. Suara yang ditambahkan berupa suara *gaussian noise* yang mempunyai distribusi normal dengan nilai *signal to noise ratio* (SNR) sebesar 24,99 dan *delay* yang diberikan adalah 30 milidetik. Apabila didengarkan dengan menggunakan telinga, suara dengan SNR sebesar 24,99 cukup terdengar di telinga. Bentuk suara dengan *echo* dan *noise* ini dapat dilihat pada Gambar 4.

Kemudian, suara dengan *noise* tersebut diproses untuk mendapatkan nilai *cepstrum* dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 5.

Gambar 5 menunjukkan nilai puncak *cepstrum* masih dapat terlihat dengan baik sehingga proses analisis untuk menghitung waktu *delay* masih dapat dilakukan dengan mudah dengan kondisi adanya *noise* pada suara.



**Gambar 5.** *Cepstrum* Suara dengan *Echo* dan *Noise*

## 5. KESIMPULAN

Analisis *cepstrum* dapat digunakan untuk mendapatkan waktu *delay* dari sebuah sinyal yang mempunyai *echo* dengan hasil yang akurat. Dari hasil simulasi terhadap suara yang diberikan *echo* sebesar 10, 20, dan 30 milidetik, analisis menggunakan *cepstrum* menghasilkan waktu *delay* sesuai dengan waktu *delay* yang diberikan. Analisis *cepstrum* juga dapat dilakukan terhadap suara yang mempunyai *noise*. Dari hasil percobaan didapatkan bahwa analisis *cepstrum* masih dapat menghasilkan waktu *delay* yang akurat terhadap suara yang mempunyai *noise* dengan SNR sebesar 24,99.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] IEC 61094-3, Measurement microphones - Part 3: Primary method for free-field calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique.
- [2] Kemerait, Robert C., dan Donald. G. Childers. 1972. "Signal Detection and Extraction by Cepstrum Techniques". *IEEE Transactions on Information Theory*, 18(6):745–759.
- [3] Childers, Donald G., David. P. Skinner, dan Robert. C. Kemerait. 1977. "The Cepstrum: A Guide to Processing. Dalam *Proceedings of the IEEE*, 65 (10): 1428–1443. Gainesville, FL: University of Florida, 1977.
- [4] Oppenheim, Alan V., dan Ronald W. Schaffer. 2004. "From Frequency to Quefrency: A History of the Cepstrum". *IEEE Signal Processing Magazine*, 21(5): 95–106.
- [5] R. B. Randall. "Cepstrum Analysis And Gear-box Fault Diagnosis". <http://www.bksv.com/doc/13-150.pdf>, diakses pada 20 April 2015.