

# Sistem Pencari Lokasi Sumber Manusia Menggunakan Metode ITD

M. Afridon<sup>1</sup>, Khairudinsyah<sup>2</sup>  
Politeknik Negeri Bengkalis  
Jl. Bathin Alam – Sei. Alam, (0766) 7008877  
e-mail: mohd\_afridon@yahoo.co.id

## Abstrak

Penelitian ini memaparkan sistem pencari lokasi sumber suara. Lokasi sumber suara sangat penting didalam kehidupan sehari-hari maupun di industri seperti sebagai *service robot* dan sebagainya. Deteksi lokasi sumber suara dapat menggunakan metode perbedaan waktu (*Interaural Time Difference - ITD*) yang diterima oleh sepasang mikrofon. Sinyal suara yang diterima oleh mikrofon di korelasi silang (*Cross Corelation*), dimana hasil puncak tertinggi dari *cross correlation* akan menunjukkan nilai ITD. Pada penelitian ini, sistem mampu mengidentifikasi lokasi sumber suara manusia dalam bidang setengah lingkaran ( $0^{\circ} - 180^{\circ}$ ), dengan sudut resolusi terbaik berkisar  $28^{\circ}$ .

**Kata kunci:** *Cross Correlation*, ITD, Lokasi Sumber Suara

## 1. Pendahuluan

Manusia memiliki kemampuan menentukan arah sumber suara dengan menggunakan dua telinga. Dengan adanya perbedaan gelombang suara yang sampai ke telinga, kita dapat menebak dari mana arah sumber suara. Terinspirasi dari sistem pendengaran manusia ini, banyak peneliti membuat sistem yang dapat menentukan lokasi sumber suara. Sistem pendeteksi lokasi sumber suara dapat ditentukan berdasarkan perbedaan intensitas atau *level* suara yang diterima oleh mikrofon [1,2] dan perbedaan waktu sampainya sinyal suara yang diterima mikrofon [3,4,5].

Aplikasi dari sistem pendeteksi lokasi sumber suara antara lain, untuk perawatan prediktif mesin, aplikasi tanda bahaya, aplikasi pada *service robot* dan sebagainya. Suara adalah suatu gelombang mekanik yang merambat melalui udara, air dan zat. Suara yang dapat didengar oleh telinga manusia dalam rentang 20 Hz – 200 Hz. Kecepatan rambat suara bergantung dari jenis media perambatannya. Suara merambat lebih lambat jika suhu dan tekanan udara lebih rendah. Cepat rambat suara diudara:

$$C_{udara} = (331.5 + (0.6 \times \theta)) \text{ m/s} \quad (1)$$

Dimana  $\theta$  adalah temperature (  $^{\circ}\text{C}$  ).

## 2. Cross Correlation

Sinyal suara yang diterima oleh mikrofon dirubah menjadi sinyal digital, sinyal tersebut harus di normalisasi terhadap nilai mutlak maksimum amplitudo. Sinyal digital yang telah normalisasi mempunyai besar maksimum 1 dan nilai minimum -1. Adapun persamaan normalisasi sinyal adalah sebagai berikut :

$$X_n[n] = \frac{X[n]}{\max|X[n]|} \quad (2)$$

dimana  $n = 1, 2, 3, \dots, N$

*Cross Correlation* antara dua sinyal untuk mengukur derajat kemiripan dari sinyal yang diterima oleh mikrofon. *Cross correlation* antara sinyal  $X_i$  dan  $X_j$  dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$R_{ij}(\tau) = \sum_{n=0}^{N-1} X_i(n) X_j(n - \tau) \quad (3)$$

Dimana  $X_i$  adalah sinyal yang diterima oleh mikrofon i (sebagai sinyal referensi) dan  $X_j$  adalah sinyal yang diterima oleh mikrofon j.  $\tau$  adalah parameter geser ( $\tau = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ ). Sinyal  $X_i$  tidak digeser (sebagai referensi) dan sinyal  $X_j$  digeser dengan  $\tau$  satuan waktu, kekanan untuk  $\tau$  positif dan kekiri untuk  $\tau$  negatif. Jika membalik peranan  $X_i$  dan  $X_j$ , maka cross correlation :

$$R_{ji}(\tau) = \sum_{n=0}^{N-1} X_j(n) X_i(n - \tau) \quad (4)$$

Karena  $R_{ij}(\tau)$  memberikan informasi yang sama seperti  $R_{ji}(\tau)$ , maka persamaan 3 dan 4, dapat disimpulkan :

$$R_{ij}(\tau) = R_{ji}(-\tau) \quad (5)$$

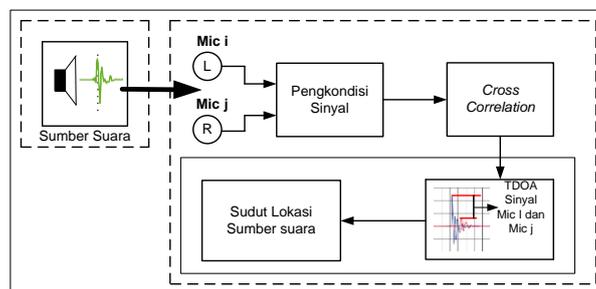
Hasil *cross correlation* antara sinyal  $X_i$  dan  $X_j$  akan menghasilkan ITD (Interaura *Time Difference*) antara mikrofon i dan mikrofon j. Puncak tertinggi hasil *cross correlation* antara sinyal  $X_i$  terhadap  $X_j$ , menunjukkan selisih perbedaan waktu sinyal yang diterima oleh mikrofon i dan mikrofon j. Puncak dari hasil *cross correlation* akan bergeser kekiri, apabila sinyal  $X_j$  mendahului sinyal  $X_i$  (sebagai sinyal referensi) dan akan bergeser kekanan apabila sinyal  $X_i$  mendahului sinyal  $X_j$ . Pergeseran hasil puncak *cross correlation* dipengaruhi oleh sinyal referensi. Untuk mengetahui posisi sudut datang arah sumber suara dapat dihitung dengan persamaan :

$$\cos \Phi = \left( \frac{c \cdot \Delta\tau_{ij}}{s} \right) \quad (6)$$

Maka sudut lokasi sumber suara :

$$\Phi = \cos^{-1} \left( \frac{c \cdot \Delta\tau_{ij}}{s} \right) \quad (7)$$

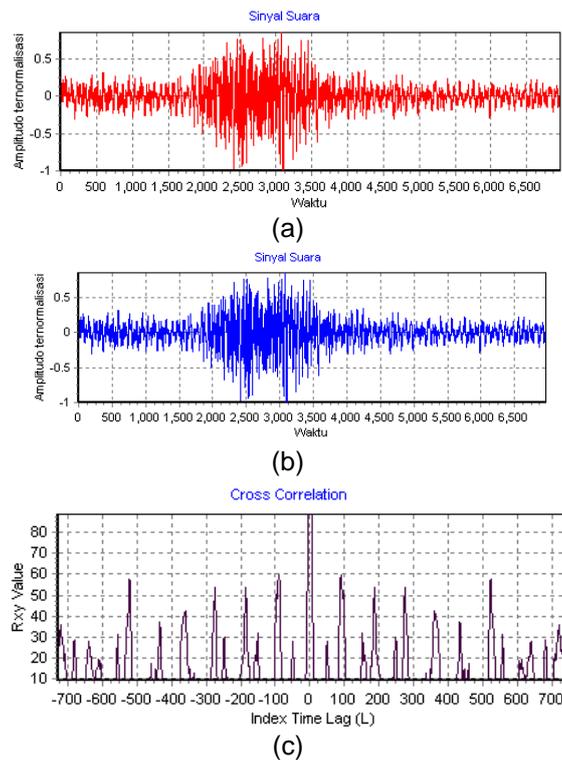
Dimana  $\Phi$  adalah sudut lokasi sumber suara, c adalah kecepatan suara diudara yang didapat dari persamaan 1, s adalah jarak antara 2 buah mikrofon dan  $\Delta\tau_{ij}$  adalah selisih perbedaan waktu yang diterima oleh masing-masing mikrofon. Nilai  $\Delta\tau_{ij}$  diperoleh dari hasil puncak tertinggi *cross correlation*. Diagram blok sistem pencari lokasi sumber suara dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 1. Diagram blok sistem

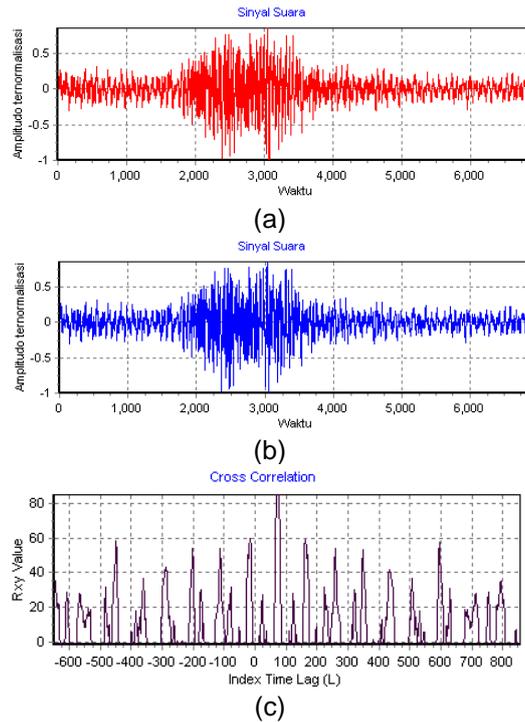
### 3. Hasil Pengujian dan Analisa

Pengujian sistem dilakukan menggunakan frekuensi sampling 2500 Hz. Hasil normalisasi sinyal suara sesuai dengan rumus, amplitudo sinyal suara yang sudah dinormalisasi berada pada nilai maksimum +1 dan nilai minimum -1. Perbedaan nilai amplitudo antara sampel satu dengan yang lain tidak sama, dikarenakan sensitifitas mikrofon tidak sama dan keras suara tiap orang berbeda. Oleh karena itu dilakukan normalisasi suara sebelum di *cross correlation*. Hasil *cross correlation* antara sinyal  $X_i$  terhadap  $X_j$  dapat dilihat pada gambar 2. Dimana sinyal  $X_i$  yang ditangkap oleh mikrofon i sebagai sinyal referensi.



Gambar 2. Hasil pengujian pada sudut  $90^0$ . (a) sinyal  $X_i$ ,  
(b) Sinyal  $X_j$ , (c) korelasi silang  $X_i$  dan  $X_j$ .

Puncak hasil *cross correlation* akan berada pada titik 0 saat sumber suara berada pada sudut  $90^0$ . Puncak hasil *cross correlation* ini akan bergeser kekanan saat sumber suara dekat dari mikrofon yang berfungsi sebagai sinyal referensi, seperti hasil gambar 3 dibawah ini. Puncak hasil *cross correlation* akan bergeser ke kiri saat sumber suara berada jauh dari sinyal referensi. Hasil pengujian secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel 1.



Gambar 3. Hasil pengujian pada sudut  $22.5^{\circ}$ . (a) sinyal  $X_i$ .  
 (b) Sinyal  $X_j$ . (c) korelasi silang  $X_i$  dan  $X_j$

Hasil pengujian identifikasi lokasi sumber suara menggunakan ITD antara sinyal yang diterima mikrofon  $i$  dan mikrofon  $j$ , dapat dilihat pada Tabel 1. Pada tabel 1 dapat dilihat bahwa tingkat persentase kesalahan saat sudut aktual ( $22.5^{\circ}$  dan  $45^{\circ}$ ) dengan sudut perhitungan masih cukup besar, hal ini dikarenakan tingkat sensitifitas dari mikrofon kiri dan mikrofon kanan tidak sama. Faktor lain yang mempengaruhi besarnya persentase kesalahan karena adanya gangguan (*noise*). Metode identifikasi lokasi sumber suara menggunakan ITD memberikan hasil yang cukup baik.

Tabel 1. Pengujian Identifikasi Posisi Sumber Suara

Posisi sumber suara		
Sudut Aktual (Derajat)	Sudut Perhitungan (Derajat)	Error (%)
0.0	0.0	0.0
22.5	28.71	27.6
45.0	51.21	13.8
67.5	67.92	0.62
90.0	90.0	0.0
112.5	112.08	0.37
135.0	128.79	4.6
157.5	151.28	3.92
180.0	180.0	0.0

#### 4. Kesimpulan

Sistem mampu mencari lokasi sumber suara manusia yang berada bidang setengah lingkaran menggunakan metode ITD sinyal yang diterima oleh sepasang mikrofon. ITD dapat dilihat dari pergeseran puncak *cross correlation* antara sinyal yang diterima oleh dua mikrofon tersebut, Puncak hasil *cross correlation* akan bergeser kekanan (positif) saat sumber suara dekat dengan mikrofon yang berfungsi menangkap sinyal referensi. Tingkat sensitifitas antara mikrofon kiri dan kanan harus sama, supaya tingkat kesalahannya kecil

## Referensi

- [1] Ali Pourmohammad, Sayed Mohammad Ahadi, "TDE ILD Based 2D Half Plane Real Time High Accurasi Sound Source Localization Using Only Two Microphone and Source Counting", *In Proceedings IEEE International Conference on Electronics and Information Engineering*, 2010
- [2] Jean Marc Valin, Francois Michaud, Jean Rouat, Dominic Letourneau, "Robust Sound Source Localization Using a Microphone Array on a Mobile Robot", *In Proceeding IEEE Conference on intelligent Robots and System*, 2003.
- [3] John C Murray, Harry R. Erwin, Stefean Wermter, "Robotic sound source localization architecture using cross correlation and recurrent neural network", *Elsevier*, 2009.
- [4] John G. Proakis, and Dimitris G Manolakis, *Digital Signal Processing*, Prentice Hall, 2007, pp. 113-127
- [5] Kenji Kodera, Akitoshi Itai, Hiroshi Yasukawa, "Sound Localization of Approaching Vehicle Using Uniform Microphone Array", *In Proceeding IEEE Intelligent Transportation System Conference*, 2007.
- [6] Yang Geng, and Jongdae Jung, Donggug Seol, "Sound Source Localization System Based on Neural Network for Mobile Robots", *In Proceeding IEEE International Joint Conference on Neural Network*, 2008.