

# Filter *Least Mean Square* (LMS) untuk Mengurangi Noise pada Sinyal Suara Tembakan

Risdilah Mimma Untsa <sup>#1</sup>, Fannush Shofi Akbar <sup>\*2</sup>, HENDY BRIANTORO <sup>#3</sup>, Nilla Rachmaningrum <sup>#4</sup>, Hamzah U. Mustakim<sup>#5</sup>

# Teknik Telekomunikasi,  
Institut Teknologi Telkom Surabaya

<sup>1</sup> risdilah.untsa@ittelkom-sby.ac.id

Received on 31-10-2023, revised on 31-10-2023 accepted on 31-10-2023

## Abstract

Deteksi suara tembakan digunakan untuk mengetahui darimana suara tembakan tersebut berasal. Hal ini sangat dibutuhkan terutama di daerah konflik karena saat ini penembakan acak juga sering terjadi di daerah padat penduduk sehingga membuat keamanan warga sipil terganggu, apalagi jika sampai timbul korban jiwa. Jatuhnya korban jiwa oleh penembak acak atau penembak tak dikenal menjadi fokus tersendiri bagi aparat keamanan untuk menjaga keamanan dan kenyamanan penduduk, sehingga diperlukan sebuah alat untuk dapat mendeteksi asal suara tembakan. Penelitian ini dilakukan untuk menunjang pembuatan alat ini yaitu dengan menganalisis sinyal tembakan kemudian melakukan pembatalan noise menggunakan filter LMS sehingga suara tembakan dapat terdengar dengan lebih jelas. Simulasi yang dilakukan pada penelitian ini dengan suara tembakan dan noise AWGN yang kemudian dianalisis nilai SNR dan MSE.

Hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan filter LMS pada *software* MATLAB mampu melakukan penekanan *noise* yang terdapat pada sinyal suara dengan sangat baik. Pada sinyal suara tembakan yang bercampur noise didapatkan amplitud sinyal melebihi 0.02, sedangkan sinyal output setelah difilter menggunakan filter LMS didapatkan nilai amplitud sebesar 0.175. Untuk nilai SNR pada sinyal setelah dilakukan pemfilteran didapatkan cukup baik yaitu sebesar 19.05 dB dan untuk nilai MSE hasil simulasi juga cukup baik yaitu sebesar 0.0223.

**Keywords:** Suara tembakan, Filter LMS, Noise, LMS



---

**Corresponding Author:**

Risdilah Mimma Untsa  
Teknik Telekomunikasi, Institut Teknologi Telkom Surabaya  
Jl. Ketintang 156 Surabaya, Jawa Timur 60231  
Email: risdilah.untsa@ittelkom-sby.ac.id

---

## I. PENDAHULUAN

Penembakan acak sering terjadi di daerah konflik, namun saat ini penembakan acak juga sering terjadi di daerah padat penduduk sehingga membuat keamanan warga sipil terganggu, apalagi jika sampai jatuh korban jiwa. Hal ini tentunya menjadi fokus tersendiri bagi aparat keamanan untuk menjaga keamanan dan kenyamanan penduduk. Pencegahan jatuhnya korban jiwa jika terjadi penembakan acak dari orang-orang yang tidak bertanggung jawab diperlukan adanya sistem mitigasi dan deteksi tembakan di area sekitar terjadinya penembakan. Beberapa negara telah menggunakan sistem pendeteksi adanya tembakan ini, dimana sistem tersebut dipasang di daerah perkotaan atau perumahan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem pendeteksi arah sumber suara tembakan. Nantinya alat ini akan dapat dipasang di atas kendaraan, di atas bangunan, atau dibawa oleh aparat keamanan. Versi awal alat ini hanya bisa mendeteksi jenis senjata digunakan berdasarkan suara tembakan yang terjadi. Saat ini, modul perangkat keras yang digunakan masih berjenis elemen tunggal dan belum tahan terhadap air serta sensitivitasnya juga belum cukup baik. Sensor suara merupakan hal yang sangat penting dari sistem ini karena dapat dianalogikan sebagai ‘telinga’ untuk mendengar, apalagi perangkat sensor tersebut ditempatkan di luar ruangan yang rentan terkena air hujan. Apabila modul sensor suara ini tidak cukup handal atau mengalami kerusakan, salah satunya karena terkena air hujan, maka keseluruhan sistem tidak dapat bekerja optimal. Akibatnya dapat memberikan informasi yang kurang tepat mengenai lokasi terjadinya penembakan.

Pada penelitian ini dilakukan simulasi menggunakan Matlab. Sinyal suara tembakan yang bercampur dengan noise, selanjutnya akan dilakukan penekanan noise menggunakan filter LMS sehingga sinyal suara tembakan yang terdeteksi terdengar jelas tanpa noise.

### I. Metode

Dalam penelitian ini, suara tembakan dimodelkan menggunakan file tipe .wav berupa suara tembakan asli yang dijalankan pada software Matlab. Pada suara tembakan ditambahkan noise AWGN (*Additive White Gaussian Noise*) lalu kemudian sinyal tembakan yang bercampur noise tadi akan dilakukan pemfilteran menggunakan filter LMS. Sistem deteksi tembakan di daerah perkotaan digambarkan pada gambar 1.

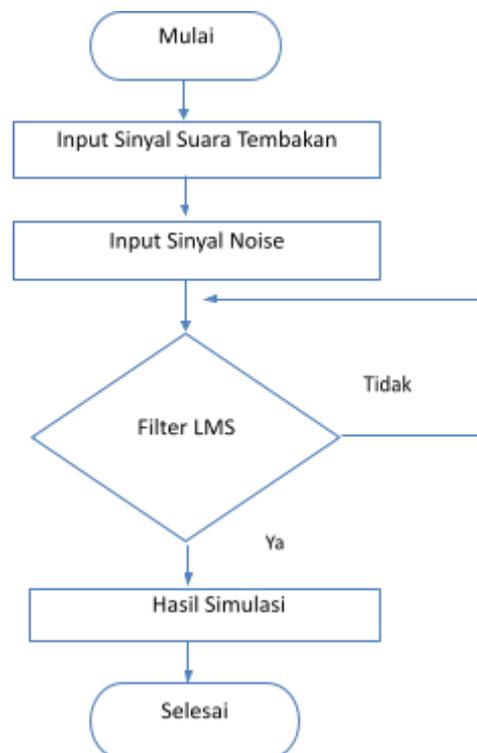


Gambar 1. Sistem deteksi tembakan di daerah perkotaan/perumahan

Pada Gambar 1 ditunjukkan bahwa sensor diletakkan di beberapa lokasi *outdoor* seperti diatas bangunan. Sehingga ketika terjadi penembakan di area pemukiman, maka sistem akan mendeteksi arah lokasi penembakan dan memungkinkan juga dapat mendeteksi jenis senjata yang digunakan pelaku penembakan. Informasi ini kemudian dikirimkan ke petugas keamanan terdekat sehingga dapat langsung menindaklanjuti dan mengamankan pelaku tersebut dengan cepat. Selain itu, sistem pengamanan ini juga bisa digunakan ketika ada VVIP sedang melakukan kunjungan ke daerah tertentu dan memerlukan pengamanan lebih terhadap ancaman serangan yang berpotensi muncul.

#### A. Tahapan Penelitian

Metode penelitian yang digunakan yaitu menggunakan *software* MATLAB. Tahapan proses yang dilakukan pada penelitian ini terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Simulasi Filter LMS

#### B. Input Sinyal Suara Tembakan

Suara tembakan merupakan bentuk sinyal analog yang memiliki kuantitas terukur pada rentang waktu dan frekuensi yang bervariasi. Suara tembakan memiliki informasi waktu dan amplitudo dimana mengandung informasi dan tak jarang juga bercampur dengan sinyal yang mengganggu atau noise. Suara tembakan ini bertipe .wav berisi informasi dari mana arah datangnya tembakan, waktu dan juga frekuensi.

### C. Input Sinyal Noise

Selanjutnya sinyal noise AWGN diinputkan secara manual menggunakan syntax pada Matlab. Noise merupakan sinyal yang tidak diinginkan di dalam komunikasi dan sifatnya mengganggu. Cara yang paling cocok untuk melihat efek *noise* yang ditambahkan ke sinyal suara tembakan adalah dengan menambahkan *Additive White Gaussian Noise* (AWGN). AWGN berisi semua frekuensi dengan bobot atau amplitudo yang sama. Kepadatan daya dan spektrum *white noise* tidak tergantung pada frekuensi. Probabilitas terjadinya *white level* ditentukan oleh fungsi distribusi gaussian. AWGN sendiri dapat digambarkan dengan persamaan berikut :

$$s(n) = f(n) + \sigma e(n) \quad (1)$$

$f(n)$  : Sinyal asli

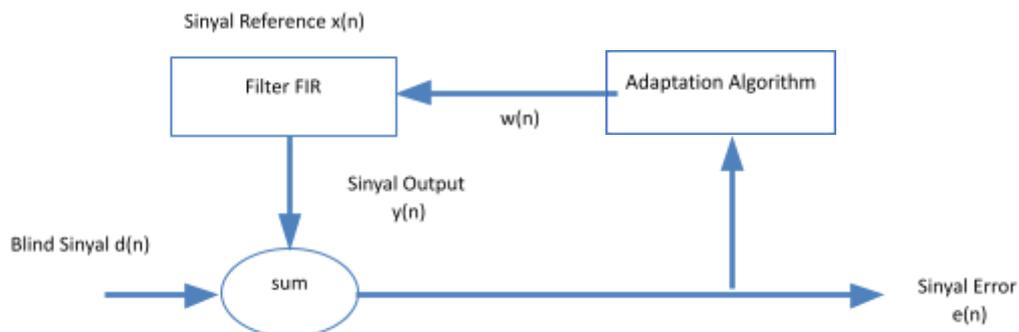
$e(n)$  : Noise

$\sigma$  : Kekuatan *noise* (standar deviasi) dalam model paling sederhana = 1

Waktu ( $n$ ) berjarak sama. Tujuan dari proses denoising adalah untuk menghilangkan bagian noise dari sinyal  $s(n)$  untuk mendapatkan  $f(n)$ [1].

### D. Least Mean Square (LMS)

Dalam pemrosesan sinyal, terdapat proses untuk menghilangkan sinyal yang tidak diinginkan yaitu menggunakan filter. LMS (*Least Mean Square*) merupakan salah satu metode adaptive filter yang paling sering digunakan. Hal ini karena LMS sangat populer akan kecepatan dan komputasi yang sederhana. Algoritma LMS mampu merancang system linier adaptif yaitu mampu menyesuaikan dengan perubahan lingkungan berdasarkan input dan vector dari target yang baru. Sehingga dapat diaplikasikan pada pembatalan derau/noise, gema maupun interferensi.



Gambar 3. Diagram Filter Adaptif LMS [2]

Dari gambar 3 ditunjukkan blok diagram Adaptif LMS dimana sinyal *blind* atau pada penelitian ini yaitu suara tembakan yang bercampur dengan sinyal AWGN selanjutnya dijumlahkan kemudian dilakukan pemfilteran dengan menggunakan algoritma adaptif LMS.

Lalu dari hasil pemfilteran akan didapatkan sinyal error yaitu perbedaan antara sinyal asli dengan sinyal yang telah difilter.

Algoritma LMS terdiri dari output filter, error estimasi dan vektor bobot. Masing-masing ditulis dengan persamaan berikut. [3]

$$y(n) = w(n) x(n) \quad (2)$$

$y(n)$  : sinyal output

$w(n)$  : bobot filter

$x(n)$  : sinyal input

Setelah didapatkan sinyal output selanjutnya dihitung estimasi error menggunakan persamaan berikut. [3]

$$e(n) = d(n) - y(n) \quad (3)$$

$e(n)$  : estimasi error

$d(n)$  : *blind* signal

$y(n)$  : sinyal output

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan bobot filter untuk menekan noise yang ada pada *blind* sinyal dengan persamaan berikut. [3]

$$w(n + 1) = w(n) - \mu d(n)e(n) \quad (4)$$

$w(n)$  : bobot filter

$\mu$  : menentukan adanya konvergensi dan excess error

$d(n)$  : *blind* signal

$e(n)$  : estimasi error

#### E. Mean Square Error (MSE)

*Mean square error* adalah selisih kuadrat rata – rata antara nilai taksiran dan nilai sebenarnya. MSE secara umum digunakan untuk menganalisis estimasi berapa nilai kesalahan pada taksiran. Semakin rendah nilai MSE atau mendekati nol menunjukkan bahwa nilai taksiran sesuai dengan nilai sebenarnya atau sama dengan menunjukkan nilai MSE yang bagus. Pengujian pada MSE dilakukan pada metode *soft* dan *hard thresholding*. Rumus *Mean Square Error* (MSE) sebagai berikut :

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \tilde{x}_i)^2}{N} \quad (5)$$

$N$  : jumlah data

$x_i$  : sinyal sebelum difilter

$\tilde{x}_i$  : sinyal sesudah difilter

#### F. Signal to Noise Ratio (SNR)

*Signal to Noise Ratio* adalah teknik mengukur kekuatan sinyal terhadap kekuatan *noise*, pengukuran SNR menggunakan satuan decibel (dB). Semakin tinggi nilai SNR, maka semakin optimal output signal *denoising*[26]. Semakin besar *noise* yang ada pada sinyal menyebabkan nilai SNR semakin kecil. Yang menyebabkan semakin rendahnya kualitas sinyal tersebut. Pengujian nilai SNR akan dilakukan pada dua metode, yaitu *soft* dan *hard thresholding*. SNR

juga merupakan ambang batas sinyal analog yang masih dapat diterima. SNR dapat dihitung menggunakan rumus :

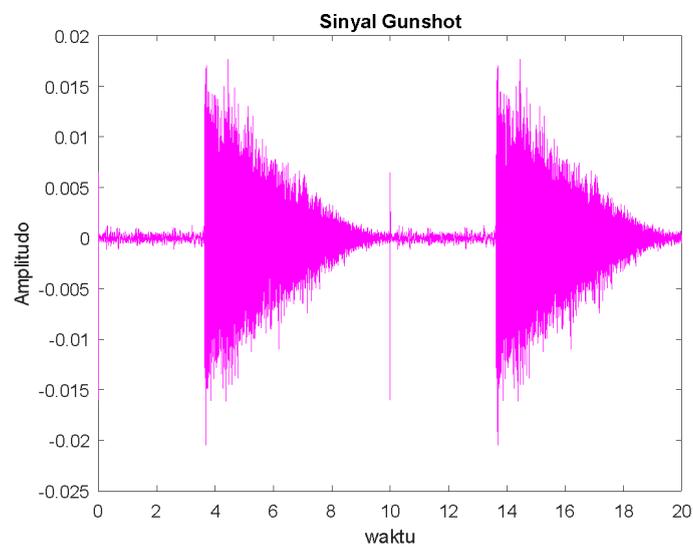
$$SNR = 10 \log_{10} \left( \frac{S}{N} \right) db \quad (6)$$

S : daya sinyal rata – rata (Watt)

N : daya derau (Watt)

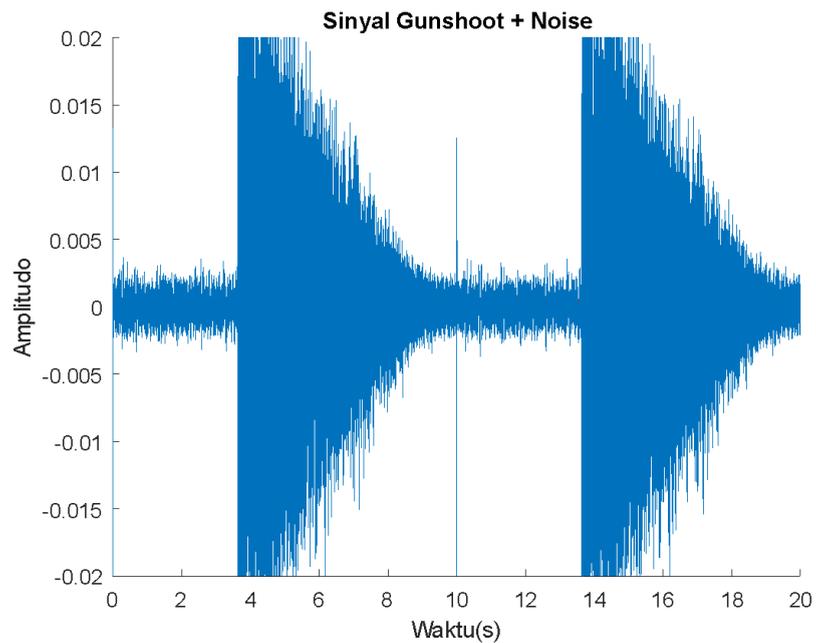
## II. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil simulasi didapatkan sinyal asli dari suara tembakan sebelum bercampur dengan noise seperti ditampikan pada gambar 4.



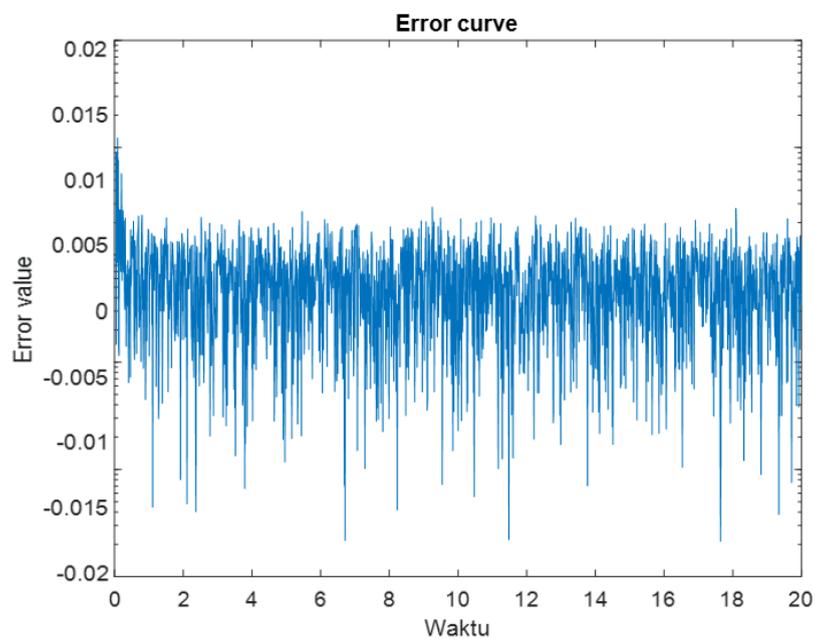
Gambar 4. Tampilan Sinyal Suara Tembakan

Gambar 4 ditunjukkan bahwa sinyal suara tembakan asli selama 20 detik terdapat 2 tembakan dengan amplitude dari tinggi dan ke rendah dan memiliki amplitude 0.017. Setelah itu akan ditunjukkan sinyal suara tembakan yang dicampur dengan noise AWGN ditunjukkan pada gambar 5.



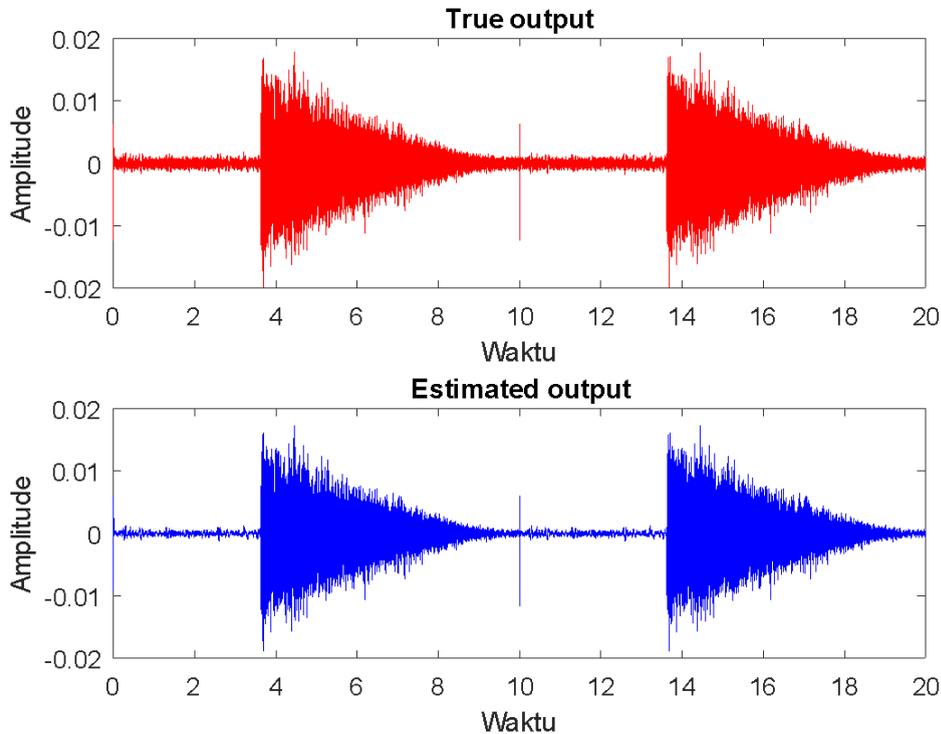
Gambar 5. Tampilan Sinyal Suara Tembakan bercampur Noise

Gambar 5 ditunjukkan jika sinyal gunshot bercampur noise AWGN memiliki amplitudo yang lebih besar jika dibanding dengan sinyal suara tembakan asli. Selanjutnya dilakukan perhitungan estimasi error dari sinyal output dikurangi dengan sinyal suara tembakan ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Tampilan Estimasi Error Sinyal Suara Tembakan

Gambar 6 ditunjukkan jika nilai error estimasi yang dihitung dari persamaan (3) didapatkan nilai amplitude rata-rata 0.05. Selanjutnya hasil pemfilteran menggunakan LMS ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Tampilan Sinyal Output setelah difilter

Gambar 7 ditunjukkan tampilan sinyal output yang telah difilter untuk output yang sebenarnya dan estimasi *output*. *True output* merupakan sinyal *output* yang sebenarnya sesuai dengan sinyal *input*, sedangkan *estimated output* ini sinyal yang telah melalui filter dengan diberikan nilai bobot. Kedua sinyal tersebut nilai amplitude yang hampir sama yaitu yang paling tinggi mendekati 0.02 tetapi amplitude terendah jika dilihat dari hasil *estimated output* yang berwarna biru nilai amplitudanya tidak sampai -0.02. Perbedaan ini disebabkan adanya sinyal error yang ditunjukkan pada gambar 6.

Hasil simulasi didapatkan nilai SNR untuk sinyal suara tembakan setelah dilakukan pemfilteran yaitu sebesar 19.05 dB dan nilai MSE sebesar 0.0223. Hal ini dikatakan cukup baik karena nilai SNR setelah penekanan *noise* masih cukup besar dan juga nilai MSE yang mendekati 0. Hal ini menunjukkan jika filter LMS dapat bekerja dengan baik pada penekanan noise pada sinyal suara tembakan.

### III. Kesimpulan

Hasil simulasi yang dilakukan menggunakan filter LMS pada *software* MATLAB mampu melakukan penekanan *noise* yang terdapat pada sinyal suara tembakan dengan sangat baik. Pada sinyal suara tembakan bercampur *noise* didapatkan amplitude sinyal melebihi 0.02, sedangkan sinyal output setelah difilter menggunakan filter LMS didapatkan nilai amplitude sebesar 0.175. Untuk nilai SNR pada sinyal setelah dilakukan pemfilteran didapatkan cukup baik yaitu sebesar 19.05 dB dan untuk nilai MSE hasil simulasi juga cukup baik yaitu sebesar 0.0223.

## REFERENCES

- [1] M. N. Ali, E. S. A. El-Dahshan, and A. H. Yahia, "Denoising of Heart Sound Signals Using Discrete Wavelet Transform," *Circuits Syst Signal Process*, vol. 36, no. 11, pp. 4482–4497, Nov. 2017, doi: 10.1007/s00034-017-0524-7.
- [2] Bilcu, R. Ciprian , "On Adaptive Least Mean Square FIR Filters, Tampere University of Technology 2004.
- [3] Haykin, Simon, Introduction to Adaptive Filters, MacMillan Publishing Company, 1984.
- [4] Honade, S. J. et al. (2017), "Performance Analysis of Various LMS Adaptive Filtering Algorithms", pp. 504–508.
- [5] Liu, Y. et al. (2013), "A Noise Reduction Method Based on LMS Adaptive Filter of Audio Signals", pp. 1001–1008.
- [6] J, B. and K. U, S. (2001), "Super directive microphone arrays. In: Microphone arrays signal processing techniques and applications", Springer, Berlin, 19-38.