

# ULTIMA Computing

Jurnal Sistem Komputer

**PUTRI LIANA, RAHMAT IRSYADA, ROIHATUR ROHMAH**  
Development of an Internet of Things-Based Garbage  
Collection Robot

**INDRI PURWITA SARY, SAFRIAN ANDROMEDA,  
EDMUND UCOK ARMIN**  
Performance Comparison of YOLOv5 and YOLOv8  
Architectures in Human Detection using Aerial Images

**AHMAD SYAHRIL MUHAROM**  
State-Feedback Control Design for the Cannon Stability  
System

**SANCHO HARMALITA LIU, NABILA HUSNA SABRINA,  
HARDSON**  
Comparison of FIR and IIR Filters for Audio Signal Noise  
Reduction

**FAKHRUDDIN MANGKUSASMITO, AGENG RILLA  
ALDONANDA, DISTA YOEL TADEUS**  
Soil Moisture Control System for Lettuce Seeds: Time-  
based Alternative Approach

**DISTA YOEL TADEUS, FAKHRUDDIN MANGKUSASMITO,  
ARI BAWONO PUTRANTO, MUHAMAD RAMZY RAIHAN**  
Simple and Accurate Instrumentation Device to Detect  
Loose-End Defective Cigarettes

## Editorial Board

### Editor-in-Chief

- M.B. Nugraha, S.T., M.T., Universitas Multimedia Nusantara, Indonesia

### Editor Team

- Fakhruddin Mangkusasmito, S.T., M.T., Universitas Diponegoro, Indonesia
- Imam Taufiqurrahman, S.Pd., M.T., Universitas Siliwangi, Indonesia
- Dede Furqon Nurjaman, S.T., M.T., Universitas Jenderal Ahmad Yani, Indonesia
- Iqbal Ahmad Dahlan, S.T., M.T., Indonesia Defense University, Indonesia
- Silmi Ath Thahirah Al Azhima, S.T., M.T., Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia
- Nabila Husna Shabrina, S.T., M.T., Universitas Multimedia Nusantara, Indonesia
- Megantara Pura, S.T., M.T., Universitas Multimedia Nusantara, Indonesia

### Copyeditor & Layouter

- Dimas Farid Arief Putra, Universitas Multimedia Nusantara, Indonesia

### Technical Support

- Glen, Universitas Multimedia Nusantara, Indonesia
- Muhammad Shobri, Universitas Multimedia Nusantara, Indonesia

[Author Guidelines](#)

[Focus & Scope](#)

[Submissions Guideline](#)

[Editorial Board](#)

[Peer Reviewer](#)

[Publication Ethics Policy](#)

[Copyright and CC  
Licencing](#)

[Correction and  
Retraction Policy](#)

[AI Ethics and Procedure](#)

[Open Access Policy](#)

[Abstracting and  
Indexing](#)



## ARTICLES

### Desain dan Implementasi Honeypot dengan Fwsnort dan PSAD sebagai Intrusion Prevention System

Bosman Tambunan, Willy Sudiarto Raharjo, Joko Purwadi

1-7

[PDF \(BAHASA INDONESIA\)](#)

### Penambahan Layanan pada Firmware DD-WRT untuk Wireless Router Linksys WRT160NL

Felix Lokananta, Hargyo Tri Nugroho I.

8-12

[PDF \(BAHASA INDONESIA\)](#)

### Pengukuran Beban Komputasi Algoritma Dijkstra, A\*, dan Floyd-Warshall pada Perangkat Android

Michael Alexander Djojo, Karyono Karyono

13-17

[PDF \(BAHASA INDONESIA\)](#)

### Pengurangan Noise Sepeda Motor dan Mesin Diesel dari Sinyal Bicara dengan Algoritma Recursive Least Square

Hugeng Hugeng, Endah Setyaningsih, Meirista Wulandari

18-25

[PDF \(BAHASA INDONESIA\)](#)

### Proxy Selector Berbasis Link-State

Edwin Tunggawan, Hargyo Tri Nugroho I.

22-25

[PDF \(BAHASA INDONESIA\)](#)

[Submissions Guideline](#)

[Editorial Board](#)

[Peer Reviewer](#)

[Publication Ethics Policy](#)

[Copyright and CC  
Licencing](#)

[Correction and  
Retraction Policy](#)

[AI Ethics and Procedure](#)

[Open Access Policy](#)

[Abstracting and  
Indexing](#)

[Author Fees](#)

[Contact Us](#)

BROWSE BY

HOME / ARCHIVES / VOL 5 NO 1 (2013): ULTIMA COMPUTING : JURNAL SISTEM KOMPUTER / Articles

## Pengurangan Noise Sepeda Motor dan Mesin Diesel dari Sinyal Bicara dengan Algoritma Recursive Least Square

**Hugeng Hugeng**

Universitas Multimedia Nusantara

**Endah Setyaningsih**

Universitas Multimedia Nusantara

**Meirista Wulandari**

Universitas Multimedia Nusantara

DOI: <https://doi.org/10.31937/sk.v5i1.286>

### ABSTRACT

Adanya bunyi kendaraan bermotor yang tercampur dengan suara seseorang yang sedang berbicara dapat mengganggu suatu sistem contohnya pada sistem speech recognition sehingga perintah terhadap sistem tersebut tak dapat dikerjakan. Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah gangguan noise yaitu salah satunya menggunakan filter adaptif dengan metode Adaptive Noise Cancellation (ANC). ANC menghilangkan noise yang tercampur dengan suatu sinyal

 PDF (BAHASA INDONESIA)

PUBLISHED

2013-09-01

HOW TO CITE

Hugeng, H., Setyaningsih, E., & Wulandari, M. (2013).

Pengurangan Noise Sepeda Motor dan Mesin Diesel dari Sinyal Bicara dengan Algoritma Recursive Least Square. *Ultima Computing : Jurnal Sistem Komputer*, 5(1), 18-25.

<https://doi.org/https://doi.org/10.31937/skv5i1.286>

More Citation Formats ▾

ISSUE

Author Guidelines

Focus & Scope

Submissions Guideline

Editorial Board

Peer Reviewer

Publication Ethics Policy

Copyright and CC  
Licencing

Correction and  
Retraction Policy

AI Ethics and Procedure

Open Access Policy

Abstracting and  
Indexing

# Pengurangan Noise Sepeda Motor dan Mesin Diesel dari Sinyal Bicara dengan Algoritma Recursive Least Square

Hugeng<sup>1</sup>, Endah Setyaningsih<sup>2</sup>, Meirista Wulandari<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Sistem Komputer, Universitas Multimedia Nusantara, Tangerang, Indonesia  
hugeng@umn.ac.id

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Universitas Tarumanagara, Jakarta  
endah.setyaningsih@tarumanagara.ac.id, meiristawulandari@hotmail.com

Diterima 1 Mei 2013  
Disetujui 15 Mei 2013

**Abstrak**—Adanya bunyi kendaraan bermotor yang tercampur dengan suara seseorang yang sedang berbicara dapat mengganggu suatu sistem contohnya pada sistem *speech recognition* sehingga perintah terhadap sistem tersebut tak dapat dikerjakan. Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah gangguan noise yaitu salah satunya menggunakan filter adaptif dengan metode *Adaptive Noise Cancellation* (ANC). ANC menghilangkan noise yang tercampur dengan suatu sinyal berdasarkan noise referensi. ANC ini terdiri dari 2 bagian yaitu filter digital dan algoritma adaptif. Filter digital FIR dan algoritma adaptif RLS digunakan pada sistem ini. Pemfilteran menggunakan perangkat lunak Matlab secara simulasi dan hasil filter berupa sinyal estimasi. Keberhasilan sistem pengurangan noise ini dapat dilihat berdasarkan parameter *Mean Square Error* (MSE). Hasil parameter yang didapat menunjukkan bahwa sistem ini bisa mengurangi noise sepeda motor dan mesin diesel yang tercampur dengan sinyal bicara walau pun nilai MSE yang dihasilkan cukup besar.

**Keywords**—*Adaptive Filter, ANC, RLS*

## I. PENDAHULUAN

Satu kesatuan yang membawa suatu informasi disebut sinyal. Sinyal yang ditransmisikan dari suatu sumber ke tempat tujuan biasanya terdiri dari dua bagian, yaitu bagian yang diinginkan, yang disebut sinyal asli dan bagian yang tidak diinginkan, yang sering disebut *noise*. Ada berbagai macam *noise* dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya adalah *noise* akustik pada sistem bunyi. *Noise* akustik adalah bunyi yang berasal dari sumber lain di sekitar sistem tersebut, seperti bunyi dering telepon atau bunyi deru kendaraan yang melintas. Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah *noise* akustik seperti penggunaan bahan-bahan yang kedap suara sebagai insulasi terhadap *noise*. Pemakaian bahan-bahan kedap suara tersebut dapat ditemui pada studio-studio musik. Ada cara lain untuk mengatasi *noise* yaitu menggunakan filter digital yang merupakan salah satu aplikasi dari sistem

pemrosesan sinyal digital. Penggunaan filter digital bisa digunakan untuk mengatasi masalah *noise* yang dapat berubah sepanjang waktu, seperti curah hujan, bunyi kendaraan bermotor, karena kemampuannya yang adaptif melalui struktur operasi matematika dan algoritma pemfilteran *noise*. Filter digital dengan kemampuan adaptif ini disebut dengan filter adaptif. Filter adaptif untuk sistem pengurang *noise* disebut dengan *Adaptive Noise Cancellation* (ANC). ANC ini mempunyai 2 bagian yaitu filter digital dan algoritma adaptif. *Finite Impulse Response* (FIR) sebagai filter digital dan algoritma *Recursive Least Square* (RLS) sebagai algoritma adaptif diuji untuk mengurangi *noise* sepeda motor dan mesin diesel yang tercampur dalam suatu sinyal bicara.

## II. ADAPTIVE NOISE CANCELLATION

Dalam sistem ANC terdapat dua buah *input* yaitu sinyal yang tercampur *noise*,  $\mathbf{d}(n)$ , dan sinyal referensi *noise*,  $\mathbf{x}(n)$ . Kedua sinyal ini dimasukkan secara bersamaan ke dalam ANC dan kemudian diproses oleh filter digital untuk menghasilkan sinyal *noise* estimasi,  $\mathbf{y}(n)$ , yaitu sinyal yang mendekati sinyal referensi *noise*,  $\mathbf{x}(n)$ . *Input* sinyal+*noise* kemudian dikurangi dengan sinyal *noise* estimasi,  $\mathbf{y}(n)$ , sehingga dihasilkan sinyal estimasi yang mirip dengan sinyal informasi tanpa *noise*. Persamaan untuk mendapatkan sinyal estimasi  $\mathbf{e}(n)$  adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{e}(n) = \mathbf{d}(n) - \mathbf{y}(n) = \mathbf{S}(n) + \mathbf{N}(n) - \mathbf{y}(n) \quad (1)$$

dimana  $\mathbf{e}(n)$  = sinyal estimasi

$\mathbf{d}(n)$  = sinyal tercampur *noise*

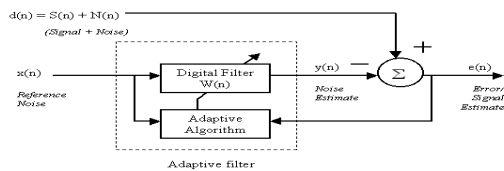
$\mathbf{S}(n)$  = sinyal informasi

$\mathbf{N}(n)$  = sinyal *noise*

$\mathbf{y}(n)$  = sinyal *noise* estimasi.

Sinyal estimasi yang dihasilkan oleh ANC ini kemudian dibandingkan dengan sinyal asli tanpa *noise*

agar dapat diketahui seberapa baiknya ANC ini dapat mengurangi *noise*.



Gambar 1. Diagram Blok ANC[6]

### III. RECURSIVE LEAST SQUARE

Algoritma adaptif *Recursive Least Square* (RLS) dapat dijelaskan oleh persamaan berikut:

$$\mathbf{W}(n+1) = \mathbf{W}(n) + \mathbf{k}(n) e(n) \quad (2)$$

$$e(n) = d(n) - \mathbf{W}^T(n) \mathbf{x}(n) \quad (3)$$

$$\mathbf{k}(n) = \frac{\mathbf{z}(n)}{\mathbf{x}^T(n)\mathbf{z}(n) + 1} \quad (4)$$

$$\mathbf{z}(n) = \lambda^{-1} \mathbf{Q}(n-1) \mathbf{x}(n) \quad (5)$$

$$\mathbf{Q}(n) = \lambda^{-1} \mathbf{Q}(n-1) - \mathbf{k}(n) \mathbf{z}^T(n) \quad (6)$$

dengan inisialisasi matriks  $\mathbf{Q}(n)$  adalah

$$\mathbf{Q}(0) = \delta^{-1} \mathbf{I} \quad (7)$$

dimana  $\mathbf{I}$  = matriks identitas dan  $\delta$  = konstanta yang diatur sekecil mungkin dan nilai awal dari  $\mathbf{W}(n)$  adalah  $\mathbf{W}(0) = [00 \dots 0]$ . Kedua nilai awal ini disebut *soft-constrained initialization*.

*Forgetting factor*,  $\lambda$ , pada algoritma RLS, merupakan faktor yang secara eksponensial memberikan bobot yang lebih kecil kepada sampel-sampel *error* yang lebih lama dengan rentang nilai  $0 < \lambda \leq 1$ . *Forgetting factor* ini berguna untuk memastikan bahwa semakin jauh jarak data yang sebelumnya dengan data yang sedang diamati maka data tersebut semakin “dilupakan”. Hal ini dilakukan demi mendukung kemungkinan variasi statistik data yang sedang diamati ketika filter beroperasi pada lingkungan yang tidak tetap.

### IV. PARAMETER-PARAMETER KINERJA PENGURANG NOISE

Parameter-parameter yang digunakan untuk mengetahui kinerja pengurang *noise* yang dirancang adalah *Signal-to-Noise Ratio* (SNR), % *crest factor* dan *Mean-Square Error* (MSE).

#### A. Signal-to-Noise Ratio

Daya sinyal merupakan energi yang terdapat dalam suatu sinyal dalam suatu waktu. Daya sinyal dari suatu sinyal  $\mathbf{x}(n)$  dapat dihitung dengan persamaan:

$$P(\text{dB}) = 10 \log \left[ \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x^2(n) \right] \quad (8)$$

dimana  $N$  adalah jumlah sampel dalam sinyal  $\mathbf{x}(n)$ .

SNR adalah perbandingan antara daya sinyal asli terhadap daya sinyal *noise*. SNR yang semakin besar menunjukkan bahwa kualitas system pengurang *noise* adaptif semakin baik. SNR dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{SNR (dB)} = 10 \log \left[ \frac{P_1}{|P_2 - P_1|} \right] \left[ \frac{P_1}{|P_2 - P_1|} \right] \quad (9)$$

dimana  $P_1$  = daya sinyal asli,  $|P_2 - P_1|$  = daya *noise* yang tersisa dan  $P_2$  = daya sinyal estimasi.

#### B. Mean Square Error

Perbedaan antara sinyal estimasi dan sinyal asli menyebabkan terjadinya *error*. Kualitas suatu filter adaptif dapat dikatakan baik, jika MSE yang dihasilkan mendekati 0. Nilai MSE dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{MSE} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} [u(n) - e(n)]^2 \quad (10)$$

dengan  $u(n)$  adalah sinyal asli,  $e(n)$  adalah sinyal estimasi dan  $N$  adalah panjang sampel sinyal.

#### C. Crest Factor

*Crest Factor* merupakan perbandingan nilai tertinggi suatu sinyal dengan nilai *root mean square* sinyal tersebut dengan faktor pengali akar kuadrat dari jumlah sampling sinyal. *Crest factor* dapat dihitung dengan persamaan:

$$cf(x) = \frac{\max_{n=0,1,\dots,N-1} |x(n)|}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} |x(n)|^2}} = \sqrt{N} \frac{\|x(n)\|_{\infty}}{\|x(n)\|_2} \quad (11)$$

Persentase perbedaan *crest factor* dari sinyal uji dan sinyal estimasi dapat dihitung pada persamaan:

$$\Delta C (\%) = 100\% \times |C_u - C_e| / C_u \quad (12)$$

dengan  $C_u$  adalah *crest factor* sinyal asli dan  $C_e$  adalah *crest factor* sinyal estimasi.

### V. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Sistem pengurang *noise* ini diuji dengan parameter kinerja yaitu MSE, SNR dan *crest factor*. Pengujian dilakukan terhadap tiga macam sinyal asli, yang kemudian di sini disebut sebagai sinyal-sinyal uji. Kinerja pengurang *noise* diobservasi dengan mengubah-ubah variabel *forgetting factor* (mulai dari 0,5 sampai dengan 0,99) dan mengubah-ubah panjang filter adaptif RLS. Ketiga sinyal uji dalam sistem pengurang *noise* ini adalah sinyal uji sinusoidal, sinyal uji segitiga dan sinyal suara bicara yang masing-masing berdurasi 3 detik atau 132.300 sampel dengan frekuensi sampling 44.100 Hz. Ketiga sinyal uji kemudian dicampur masing-masing dengan *noise*

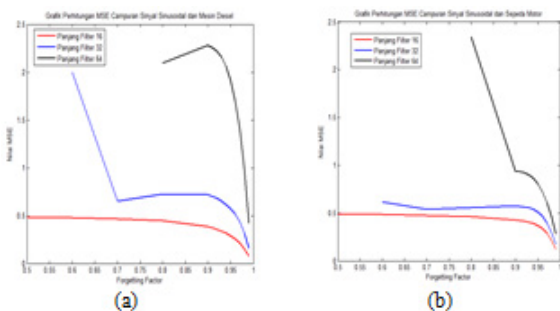


berupa bunyi sepeda motor dan bunyi mesin diesel.

Sinyal uji sinusoidal dan sinyal uji segitiga dibangkitkan menggunakan program Matlab sedangkan bunyi sepeda motor, bunyi mesin diesel dan sinyal bicara didapatkan melalui perekaman. Hasil perekaman dikonversi menjadi data digital melalui program Matlab sehingga dapat ditampilkan dalam bentuk grafik dan direproduksi ulang agar dapat didengar melalui *speaker*. *Noise* sepeda motor yang digunakan adalah bunyi dari motor dengan jenis mesin 4 langkah dan kapasitas silinder 110 cc. *Noise* mesin diesel yang digunakan adalah bunyi mesin diesel dengan daya *output* 11 HP/3600 rpm.

#### A. Pengujian dengan Sinyal Uji Sinusoidal

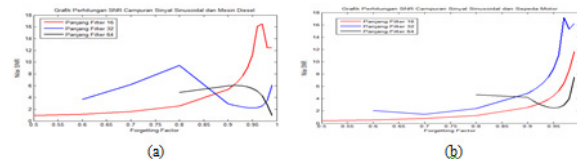
Sinyal uji sinusoidal dibangkitkan menggunakan program Matlab dengan frekuensi 997 Hz, sebagai perwakilan dari rentang frekuensi suara. Sinyal ini dicampur secara aditif dengan *noise* kemudian diproses oleh filter adaptif RLS untuk menghasilkan sinyal estimasi yang bebas dari *noise*. Hasil sinyal estimasi dianalisis dengan parameter MSE, SNR dan *crest factor*. Nilai-nilai MSE, SNR dan *crest factor* yang diperoleh dari hasil pengujian dapat dilihat dalam bentuk grafik untuk keperluan analisis lebih lanjut.



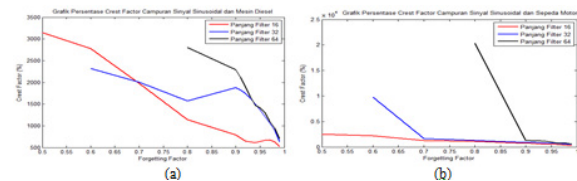
Gambar 2. Nilai-nilai MSE dari Pengurangan *Noise* pada Campuran Sinyal Uji Sinusoidal dengan (a) *Noise* Mesin Diesel dan (b) *Noise* Sepeda Motor

Seperti terlihat dari Gambar 2, hasil pengujian dengan sinyal uji sinusoidal menunjukkan bahwa nilai MSE yang paling kecil didapatkan dengan panjang filter 16 dan *forgetting factor* 0,99, untuk kedua macam *noise*.

Nilai SNR terbesar (16,53 dB) dihasilkan dengan panjang filter 16 dan *forgetting factor* 0,97 untuk campuran sinyal uji sinusoidal dan *noise* mesin diesel, seperti ditunjukkan Gambar 3(a). Tetapi untuk campuran sinyal uji sinusoidal dan *noise* sepeda motor dihasilkan nilai SNR terbesar (17,17 dB) pada panjang filter 32 dan *forgetting factor* 0,97, seperti terlihat dari Gambar 3(b).



Gambar 3. Nilai-nilai SNR dari Pengurangan *Noise* pada Campuran Sinyal Uji Sinusoidal dengan (a) *Noise* Mesin Diesel dan (b) *Noise* Sepeda Motor



Gambar 4. Nilai-nilai Persentase *Crest Factor* dari Pengurangan *Noise* pada Campuran Sinyal Uji Sinusoidal dengan (a) *Noise* Mesin Diesel dan (b) *Noise* Sepeda Motor

Untuk kedua macam *noise* yang dicampurkan dengan sinyal uji sinusoidal, diperoleh bahwa persentase *crest factor*,  $\Delta C$ , cenderung bertambah kecil seiring dengan meningkatnya *forgetting factor*,  $\lambda$ , yang digunakan. Nilai-nilai persentase *crest factor* yang terkecil terjadi pada filter adaptif dengan panjang 16, seperti terlihat dari Gambar 4.

#### B. Pengujian dengan Sinyal Uji Segitiga

Sinyal uji segitiga juga dibangkitkan menggunakan program Matlab dan dicampur secara aditif dengan *noise* kemudian diproses oleh filter adaptif RLS untuk menghasilkan sinyal estimasi yang bebas dari *noise*. Hasil sinyal estimasi dianalisis dengan parameter MSE, SNR dan persentase *crest factor*. Hasil-hasil perhitungan nilai-nilai MSE, SNR dan persentase *crest factor*, yang diperoleh dari pengujian, dapat dilihat dalam bentuk grafik. Hasil-hasil ini hampir sama dengan hasil-hasil pengujian dengan sinyal uji sinusoidal.

Hasil pengujian dengan sinyal uji segitiga menunjukkan bahwa nilai-nilai MSE yang dihasilkan dengan panjang filter 16 dan berbagai macam nilai *forgetting factor*, lebih kecil dibanding nilai-nilai MSE dengan panjang filter lainnya. Semakin panjang suatu filter maka semakin besar pula nilai MSE yang dihasilkan untuk nilai *forgetting factor* yang sama. Hal ini berlaku untuk proses pengurangan *noise* mesin diesel dan *noise* sepeda motor. Nilai MSE terkecil dari pengurangan *noise* mesin diesel diperoleh dari pengujian dengan panjang filter 16 dan *forgetting factor* 0,99 yaitu sebesar 0,0402 dan sebesar 0,0732 untuk pengurangan *noise* sepeda motor.

Grafik SNR menunjukkan bahwa nilai SNR yang terbesar, yakni 19,7436 dB, dihasilkan oleh filter adaptif dengan panjang 16 dan *forgetting factor* 0,95 untuk pengurangan *noise* mesin diesel. Sedangkan pengurangan *noise* sepeda motor menghasilkan nilai

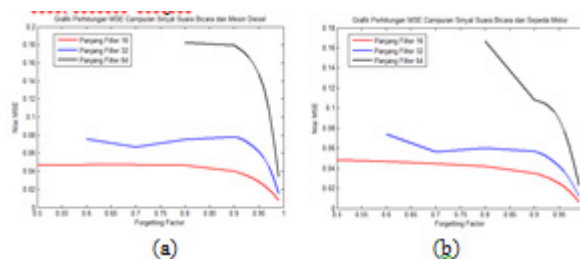
SNR terbesar (17,3054 dB) dengan menggunakan panjang filter 64 *forgetting factor* 0,98.

Grafik persentase *crest factor*,  $\Delta C$ , menunjukkan bahwa nilai terkecil  $\Delta C$  dihasilkan oleh filter adaptif dengan panjang filter 64 dan nilai *forgetting factor* 0,99 untuk pengurangan *noise* mesin diesel dan panjang filter 16 dan nilai *forgetting factor* 0,99 untuk pengurangan *noise* sepeda motor.

### C. Pengujian dengan Sinyal Bicara

Pemfilteran *noise* dari sinyal bicara dilakukan secara simulasi pada perangkat lunak Matlab. Sinyal bicara murni dicampur dengan salah satu *noise* kemudian sinyal *noise* itu sendiri dijadikan sebagai *input noise* referensi. Hasil pemfilteran adalah sinyal estimasi yang diharapkan menyerupai dengan sinyal bicara murni. ANC diuji dengan mengubah panjang filter dan *forgetting factor*.

Sinyal estimasi dibandingkan dengan sinyal murni dan kemudian diukur seberapa besar perbedaan yang tampak dari kedua sinyal tersebut. Pengukuran dilakukan dengan menghitung MSE, SNR dan persentase *crest factor* dari kedua sinyal.



Gambar 5. Nilai-nilai MSE dari Pengurangan *Noise* pada Campuran Sinyal Bicara dengan (a) *Noise* Mesin Diesel dan (b) *Noise* Sepeda Motor

Hasil pengujian parameter MSE, SNR dan *crest factor* dapat dilihat pada Gambar 5. Kedua macam *noise* menghasilkan nilai MSE, SNR dan persentase *crest factor* yang berbeda meskipun dicampurkan pada sinyal yang sama. Setiap panjang filter mampu mengurangi *noise* yang tercampur pada sinyal bicara namun menghasilkan besar pengurangan yang berbeda. Gambar 5 juga menunjukkan bahwa nilai MSE yang dihasilkan dengan panjang filter 16 lebih kecil dibandingkan dengan nilai MSE yang dihasilkan oleh panjang filter 32 dan panjang filter 64. *Forgetting factor* 0,99 menghasilkan nilai MSE terkecil dibanding dengan nilai MSE yang dihasilkan dengan nilai *forgetting factor* lainnya pada setiap panjang filter yang digunakan pada filter adaptif. Kecilnya nilai MSE yang hampir mendekati nol ini menunjukkan bahwa sinyal estimasi yang dihasilkan filter adaptif ini mirip dengan sinyal bicara murni.

Grafik SNR dari pengujian sinyal bicara menunjukkan bahwa nilai terbesar SNR (26,8805 dB)

dihasilkan oleh filter adaptif RLS dengan panjang filter 16 dan *forgetting factor* 0,91 untuk pengurangan *noise* mesin diesel, serta untuk pengurangan *noise* sepeda motor, dengan menggunakan panjang filter 16 dan *forgetting factor* 0,96 diperoleh nilai SNR terbesar 21,4276 dB.

Grafik persentase *crest factor* dari pengujian sinyal bicara menunjukkan bahwa nilai-nilai terkecil  $\% \Delta C$  dihasilkan oleh filter adaptif RLS dengan panjang filter 16 dan *forgetting factor* 0,99.

## VI. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah bahwa pengurangan *noise* sepeda motor dan *noise* mesin diesel dengan algoritma RLS ini menghasilkan sinyal estimasi bicara yang mendekati sinyal bicara murni dengan *noise* yang telah berkurang. Pengurangan ini dapat dilihat pada parameter MSE yang dihasilkan. Nilai MSE yang dihasilkan adalah 0,7% untuk pengurangan *noise* mesin diesel dan 0,6% untuk pengurangan *noise* sepeda motor. Kedua angka ini didapat dengan memilih panjang filter 16 dan *forgetting factor* 0,99.

## REFERENSI

- [1] W. Hioki, *Telecommunications Second Edition*. New Jersey, USA: Prentice Hall Inc, pp. 399-409, 1995.
- [2] S.A. Prasetyowati, A. Susanto, T. Sriwidodo dan J. E. Istiyanto, "Adaptive LMS Noise Cancellation of Wideband Vehicle's Noise Signals," in *Proceedings of ICGC-RCICT*, 2010.
- [3] H. Candra dan E. Setyaningsih, "Pengurangan *Noise* pada Suara Percakapan dengan Filter Adaptif Menggunakan Algoritma RLS (Suatu Eksperimen)," Jurusan Teknik Elektro, Universitas Tarumanagara, Jakarta, Laporan Penelitian, 2005.
- [4] R. Watson and O. Downey, *The Little Red Book of Acoustics: A Practical Guide*, United Kingdom: Blue Tree Acoustics, pp. 44-45, 2008.
- [5] J. Gnitecki, Z. Moussavi, and H. Pasterkamp, "Recursive Least Square Adaptive Noise Cancellation Filtering for Heart Sound Reduction in Lung Sounds Recordings," in *Proceedings of the 25th Annual Int. Conf. of IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, vol. 3, pp. 2416 – 2419, 2003.
- [6] M. H. Hayes, *Statistical Digital Signal Processing and Modelling*, New York, USA: John Wiley & Sons Inc, 1996.
- [7] E. C. Ifeachor and B. W. Jervis, *Digital Signal Processing: A Practical Approach, 2nd ed.*, New Jersey, USA: Prentice Hall Inc, pp. 662 – 665, 2002.
- [8] J. G. Proakis and D. G. Manolakis, *Digital Signal Processing*, 4th ed. New Jersey, USA: Pearson Education, Inc, 1996.
- [9] V. K. Ingle and J. G. Proakis, *Digital Signal Processing Using MATLAB, 2nd ed.*, Canada: Thomson Learning, 2007.
- [10] E. Setyaningsih dan Hugeng, "Digitalisasi dan Pengurangan Derau dari Rekaman Musik pada Kaset Audio dengan Menggunakan Filter Adaptif dengan Algoritma *Normalized Least Mean Square*," Jurusan Teknik Elektro, Jakarta, Universitas Tarumanagara, Laporan Penelitian, 2006.