

PERBANDINGAN KINERJA ALGORITMA LMS DAN NLMS UNTUK PEREDAMAN DERAU SECARA ADAPTIF

Sulamul Arif [1], Ir Ngatelan, MT [2], Achmad Hidayatno, ST, MT [3]

We often feel disturbed by noise caused by our surrounding environment when we are in communication. An example of the noise is very loud vehicle sound in highway that interfere our communication. We may lose our stated information if the noise is not cancelled.

This noise problem could be solved by adaptive filter. In noise cancelling, filter parameters are set to optimize information signal so it will be freed from noise. In this final project, performances of two algorithms were compared, namely Least Mean Square (LMS) and Normalized Least Mean Square (NLMS). Both algorithms will be used to renew adaptive filter coefficient for noise cancelling.

Two performance parameters that were used are Mean Square Error (MSE) and correlation coefficient. Error quadratic curves were graphed to explain the adaptation process of both algorithms. Test results show that filter reaches optimal condition at certain step size and filter length. Filtering with NLMS algorithm is better than LMS algorithm at same step size and filter length. It is proved by lower MSE value, higher correlation coefficient and faster adaptation process than filtering with LMS algorithm.

Keywords: LMS, NLMS, MSE, correlation coefficient

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan derau atau kebisingan merupakan permasalahan yang sangat penting dalam bidang telekomunikasi. Dalam berkomunikasi, kita sering tertanggung oleh derau yang ditimbulkan oleh lingkungan sekitar kita. Derau tersebut misalnya suara kendaraan di jalan raya yang keras sehingga sangat mengganggu komunikasi yang kita lakukan. Bila hal tersebut tidak diatasi bisa jadi informasi yang kita ucapkan tidak sampai pada tujuan.

Penyelesaian masalah derau atau kebisingan ini bisa diselesaikan dengan tapis. Tapis yang umum dikenal biasanya bekerja dengan cara melewatkan sinyal dengan karakteristik tertentu. Dengan menggunakan tapis dapat diperoleh sinyal yang terbebas dari derau dengan cara membangkitkan sinyal yang serupa dengan derau dan mengurangkannya dengan sinyal yang bercampur dengan derau. Sehingga diperoleh sinyal yang terbebas dari pengaruh derau.

Tapis yang banyak digunakan untuk menghilangkan pengaruh derau pada sinyal suara adalah tapis adaptif. Tapis adaptif merupakan sebuah tapis digital dapat beradaptasi dengan cara menggunakan umpan balik untuk mengatur koefisien tapis tersebut. Parameter tapis di atur dengan cara membandingkan sinyal masukan dan derau referensi sehingga dapat mengoptimalkan sinyal dari distorsi (cacat) seminimal mungkin.

Pada penelitian ini akan dibuat suatu simulasi yang bertujuan untuk menekan derau yang

mengganggu proses komunikasi tersebut. Dua Algoritma akan digunakan yaitu algoritma *Least Mean Square* dan algoritma *Normalized Least mean Square*. Kinerja kedua algoritma tersebut akan dibandingkan untuk mengetahui algoritma manakah yang lebih baik untuk pembuatan pembuatan tapis adaptif dalam simulasi peredaman derau tersebut.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat aplikasi untuk membandingkan kinerja dari algoritma LMS dan NLMS dalam simulasi peredaman derau secara adaptif.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Derau yang ditekan atau dikurangi berasal dari satu sumber dengan satu sinyal masukan
2. Format dari suara dan derau yang digunakan adalah "*.wav".
3. Simulasi dilakukan dengan cara merekam terlebih dahulu sinyal-sinyal suara yang dibutuhkan.
4. Proses pengolahan data berupa suara dan derau dilakukan dengan menggunakan bantuan program cool edit pro 2.
5. Frekuensi pencuplikan yang digunakan pada saat pengujian adalah 8 khz untuk sinyal mono.
6. Tidak membahas proses statistik sinyal.
7. Pembuatan program dilakukan dengan menggunakan MATLAB 7.6.

II. LANDASAN TEORI

2.1 DEFINISI TAPIS DIGITAL

Tapis digital adalah suatu prosedur numerik, atau suatu algoritma yang mentransformasikan runtun sinyal diskrit yang diberikan ke sebuah runtun sinyal diskrit baru yang mempunyai sifat-sifat yang diinginkan seperti misalnya mengadung sedikit derau atau pelemahan.

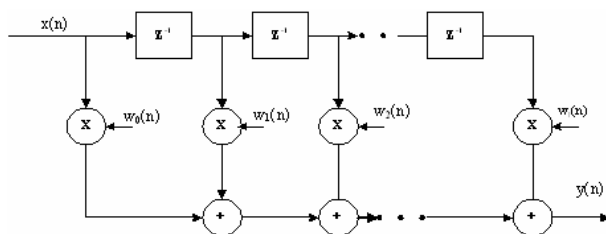


Gambar 2.1 contoh tapis digital Sederhana

Gambar 2.1 di atas merepresentasikan sebuah tapis digital yang mengubah input runtun masukan yang dilambangkan dengan $x(n)$ menjadi runtun keluaran yang dilambangkan dengan $y(n)$ dimana n adalah indeks dari runtun tersebut.

2.1 TAPIS DIGITAL FIR

Tapis FIR adalah suatu tapis digital yang mempunyai tanggapan yang berhingga. Struktur tapis FIR dapat dilihat pada gambar di bawah:



Gambar 2.2. Struktur transfersal tapis FIR

Karakteristik dasar dari tapis FIR menurut persamaan berikut :

$$y(n) = \sum_{k=0}^{N-1} h(k)x(n-k) \quad (2.2)$$

$$H(z) = \sum_{k=0}^{N-1} h(k)z^{-k} \quad (2.3)$$

dengan :

$x(n)$ = sinyal masukan tapis

$y(n)$ = sinyal keluaran tapis

$h(k)$, $k=0,1,\dots,N-1$ adalah koefisien tanggapan tapis

$H(z)$ = fungsi sistem

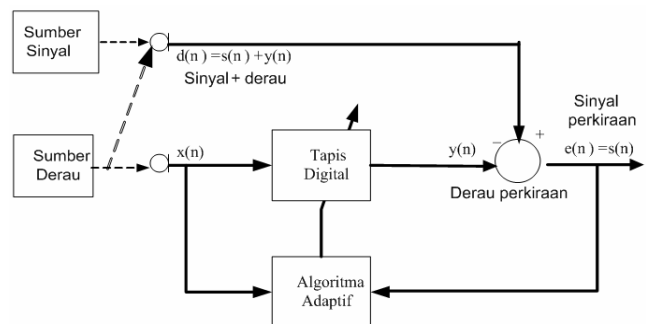
N = panjang tapis

2.3 TAPIS DIGITAL ADAPTIF

Tapis digital adaptif adalah suatu tapis digital yang dapat menyesuaikan kinerjanya berdasarkan sinyal masukannya. Tapis digital adaptif terdiri dari dua bagian, yaitu tapis digital yang memiliki koefisien yang dapat diubah, dan suatu algoritma adaptif yang digunakan untuk mengubah atau memperbarui koefisien dari tapis digital tersebut. Secara umum tapis adaptif dapat digunakan untuk penghilang derau, identifikasi sistem, invers identifikasi sistem dan prediksi

2.4 TAPIS DIGITAL ADAPTIF SEBAGAI PENGHILANG DERAU

Salah satu penerapan tapis digital adaptif adalah sebagai penghilang derau. Diagram tapis adaptif untuk penghilang derau adalah sebagai berikut:



Gambar 2.3 Diagram blok tapis digital adaptif sebagai penghilang derau

Berdasarkan pada gambar 2.3 di atas terdapat dua buah sinyal masukan, yaitu $d(n)$ dan $x(n)$. Sinyal $d(n)$ berfungsi sebagai masukan yang terdiri dari sinyal informasi yang tercampur dengan derau masukan.

$$d(n) = s(n) + y(n) \quad (2.4)$$

Sedangkan $x(n)$ adalah derau yang dicuplik dari derau yang menginterferensi sinyal suara sehingga $x(n)$ merupakan sinyal yang berkorelasi dengan $y(n)$. sinyal derau $x(n)$ akan diproses dalam tapis adaptif untuk mendapatkan nilai pendekatan $\hat{y}(n)$ dari derau yang terdapat pada sinyal $d(n)$ sehingga derau yang terdapat pada $d(n)$ dapat dikurangi atau dihilangkan. Sehingga berlaku persamaan berikut:

$$\hat{s}(n) = d(n) - \hat{y}(n) = s(n) + y(n) - \hat{y}(n) \quad (2.5)$$

dengan

$\hat{s}(n)$ = sinyal keluaran hasil penapisan

$s(n)$ = sinyal informasi tanpa derau

$d(n)$ = sinyal masukan yang terdiri dari sinyal informasi dan derau masukan

$\hat{y}(n)$ = nilai derau pendekatan
 $y(n)$ = derau yang terdapat pada sinyal

Nilai pendekatan derau diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\hat{y}(n) = \sum_{l=0}^{N-1} w_l(n)x(n-l) \quad (2.6)$$

2.5 ALGORITMA ADAPTIF YANG DIGUNAKAN

Pada tugas akhir ini dua algoritma adaptif akan digunakan untuk mengatur koefisien dari tapis digital untuk penghilang derau tersebut. Kedua algoritma tersebut adalah algoritma LMS (*Least Mean Square*) dan algoritma NLMS (*Normalized Least Mean Square*). Kinerja kedua algoritma tersebut akan dibandingkan menggunakan parameter yang sudah ditentukan untuk mencari algoritma manakah yang paling baik dalam mengubah koefisien tapis digital untuk meredam derau secara adaptif. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing algoritma tersebut.

2.5.1 LMS (*Least Means Square*)

Algoritma LMS yang dikembangkan oleh Widrow dan Hoff (1959). Setiap koefisien bobot dari tapis digital diperbaharui dengan menggunakan algoritma adaptif yang berdasarkan pada setiap data masukan. Langkah-langkah perhitungan dari algoritma LMS, adalah sebagai berikut:

1. Inisialisasi, yaitu menentukan koefisien bobot awal, untuk setiap urutan data yang masuk, ulangi langkah-langkah (2) hingga (4) berikut:
2. Menghitung keluaran dari tapis digital

$$\hat{y}(n) = \sum_{l=0}^{N-1} w_l(n)x(n-l) = \mathbf{w}(n)^T \mathbf{x}(n) \quad (2.7)$$

3. Menghitung nilai sinyal pendekatan

$$\mathbf{e}(n) = \mathbf{d}(n) - \hat{y}(n) \quad (2.8)$$

4. Memperbaharui nilai koefisien bobot untuk data selanjutnya.

$$\mathbf{w}(n+1) = \mathbf{w}(n) + 2\mu\mathbf{e}(n)\mathbf{x}(n) \quad (2.9)$$

2.5.2 NLMS (*Normalized Least Means Square*)

Algoritma NLMS merupakan modifikasi pengembangan dari algoritma LMS. Langkah-langkah dalam algoritma NLMS adalah sebagai berikut :

1. Inisialisasi, yaitu menentukan koefisien bobot awal, untuk setiap urutan data yang masuk, ulangi langkah-langkah (2) hingga (4) berikut:
2. Menghitung keluaran dari tapis digital

$$\hat{y}(n) = \sum_{l=0}^{N-1} w_l(n)x(n-l) = \mathbf{w}(n)^T \mathbf{x}(n) \quad (2.10)$$

3. Menghitung nilai sinyal pendekatan

$$\mathbf{e}(n) = \mathbf{d}(n) - \hat{y}(n) \quad (2.11)$$

4. Memperbaharui nilai koefisien bobot untuk data selanjutnya

$$w(n+1) = w(n) + \frac{\mu}{a + x^T(n)x(n)} e(n)x(n) \quad (2.12)$$

Dengan

$w(n+1)$ = koefisien tapis selanjutnya

$w(n)$ = koefisien tapis sekarang

μ = miu tapis

$e(n)$ = $\hat{s}(n)$ adalah sinyal hasil penapisan sistem adaptif

$x(n)$ = sinyal masukan tapis

a = ofset berupa konstanta positif

2.6 PARAMETER KINERJA TAPIS ADAPTIF UNTUK PENGHILANG DERAU

Untuk mengetahui kinerja dari masing-masing algoritma yang digunakan pada tapis digital adaptif tersebut diperlukan parameter kinerja tapis tersebut. Parameter tersebut yaitu MSE (*Mean Square Error*) dan koefisien korelasi. Berikut penjelasan dari masing-masing parameter tersebut.

2.6.1 MSE (*Mean Square Error*)

MSE merupakan parameter untuk mengukur rerata galat yang dihasilkan. Galat ini diperoleh dari hasil pengurangan antar sinyal hasil penapisan dengan sinyal informasi (sinyal percakapan yang belum tercampur derau). MSE dapat dirumuskan:

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^N (s(n) - \hat{s}(n))^2 \quad (2.14)$$

Dengan

$\hat{s}(n)$ = sinyal hasil penapisan

$s(n)$ = sinyal informasi

$n = 0, 1, 2, \dots, N$

N = panjang kata dari sinyal

$N = F_s \times t$

F_s = frekuensi pencuplikan

t = durasi sinyal

(2.15)

2.6.2 Koefisien Korelasi

Parameter kedua yang digunakan untuk mengetahui kinerja algoritma dalam tapis digital untuk menekan derau adalah koefisien korelasi. Koefisien korelasi berfungsi untuk mengetahui seberapa kuat kemiripan sinyal hasil penapisan dengan sinyal masukan yang tercampur derau. Koefisien korelasi di rumuskan:

$$r = \frac{C(s, \hat{s})}{\sqrt{(C(s, s) \cdot C(\hat{s}, \hat{s}))}} \quad (2.16)$$

Dengan

C = Kovarian matriks sinyal keluaran hasil penapisan ($\hat{s}(n)$) dan sinyal informasi $s(n)$.

Sedangkan kovarian matrik dicari dengan rumus:

$$Cov(s, \hat{s}) = \frac{\sum_{i=1}^N (s_i - \bar{s}) \cdot (\hat{s}_i - \bar{\hat{s}})}{N - 1} \quad (2.16)$$

Dengan

\hat{s} = sinyal keluaran hasil penapisan

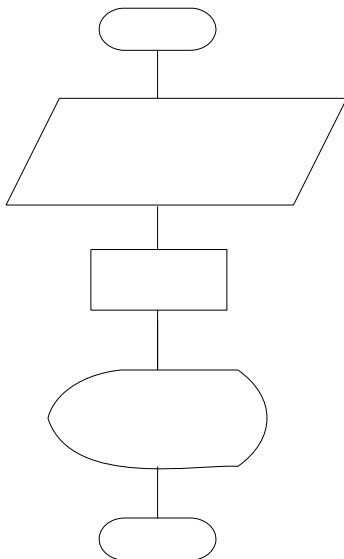
$$\bar{\hat{s}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \hat{s}_i \quad (2.17)$$

s_i = Sinyal masukan

$$\bar{s} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N s_i \quad (2.18)$$

III. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PROGRAM TAPIS DIGITAL UNTUK PEREDAMAN DERAU SECARA ADAPTIF

Diagram alir pembuatan program simulasi ditunjukkan pada gambar di 3.1 di bawah ini



Gambar 3.1 Diagram alir sistem

Secara umum program simulasi ini terdiri dari tiga bagian, yaitu penentuan data masukan, proses adaptif dan penampilan hasil simulasi program.

3.1 Penentuan Data Masukan

Data masukan berupa sinyal informasi (suara percakapan yang belum tercampur derau) dan sinyal derau referensi dengan frekuensi pencuplikan sebesar 8 Khz. Sinyal tercampur derau diperoleh dengan mencampur sinyal informasi dengan derau referensi. Selain itu parameter tapis juga dimasukkan berupa panjang filter dan miu untuk algoritma LMS ditambah ofset untuk algoritma NLMS.

3.2 Proses Adaptif

Proses adaptif dalam program simulasi ini dilakukan dengan algoritma LMS (*Least Mean Square*) dan algoritma NLMS (*Normalized Least Mean Square*).

3.3 Penampilan Hasil Simulasi

Hasil simulasi ditampilkan dalam bentuk nilai MSE, koefisien korelasi grafik sinyal keluaran dalam *.wav, grafik kuadrat galat dan “*curve fitting*” dari kuadrat galat yang dihasilkan.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS TAPIS DIGITAL UNTUK PEREDAMAN DERAU SECARA ADAPTIF

Pengujian dilakukan dengan sinyal suara yan dicampur dengan tiga macam derau yaitu :

- Sinyal suara percakapan yang dicampur dengan derau suara hujan.
- Sinyal suara percakapan yang dicampur dengan derau suara jalan raya.
- Sinyal suara percakapan yang dicampur dengan derau suara kereta api.

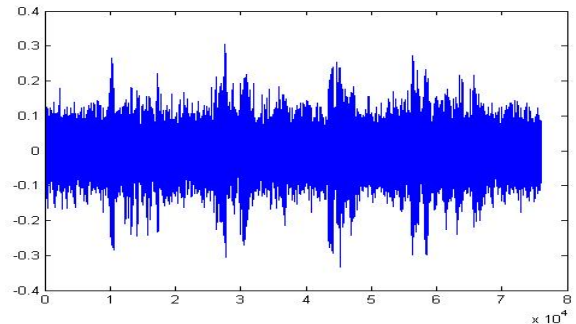
4.1 Pengujian dengan Masukan Derau Suara Hujan

Pada algoritma LMS, pengujian dilakukan dengan mengubah-ubah panjang tapis dan nilai miu. Sedangkan pada algoritma NLMS, pengujian dilakukan dengan mengubah-ubah panjang filter, miu dan ofset. Hasil pengujian menunjukkan tapis mencapai kondisi optimal pada panjang filter 24 miu 0,1 dan ofset 0,5. Hal ini ditandai dengan nilai mse yang kecil dan koefisien korelasi yang besar. Hasil pengujiannya ditunjukkan oleh tabel berikut ini :

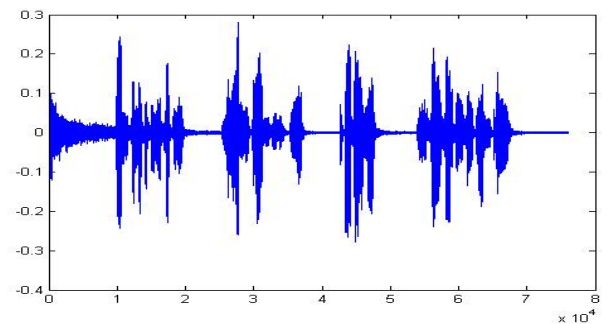
Tabel 4.1 Pengujian suara Sulamul-koko derau suara hujan.

Panjang Tapis	Miu	Ofset	MSE		Koefisien korelasi	
			LMS	NLMS	LMS	NLMS
24	0,01	0,5	0,000289	0,000176	0,847429	0,898006
		1		0,000306		0,840340
		5		0,000928		0,664078
24	0,03	0,5	0,000107	0,000064	0,933767	0,958812
		1		0,000114		0,930010
		5		0,000439		0,791025
24	0,05	0,5	0,000067	0,000043	0,962263	0,971941
		1		0,000071		0,954438
		5		0,000292		0,845796
24	0,07	0,5	0,000051	0,000035	0,966283	0,976748
		1		0,000053		0,965251
		5		0,000219		0,877683
24	0,1	0,5	0,000039	0,000031	0,972936	0,979003
		1		0,000041		0,972977
		5		0,000159		0,906686

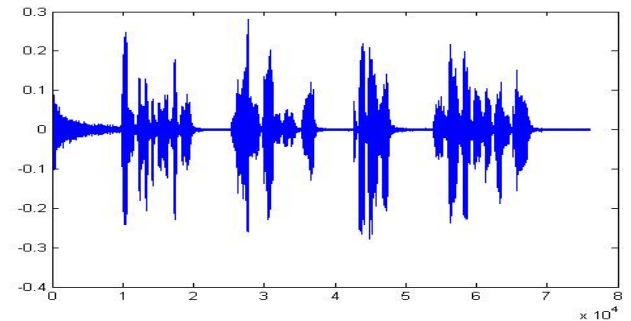
Berikut ini adalah gambar sinyal yang diperoleh pada pengujian suara percakapan sulamul-dani pada saat daniang tulis 24 dan miu 0.1



Gambar 4.1 suara sulamul-dani yang tercampur derau suara hujan



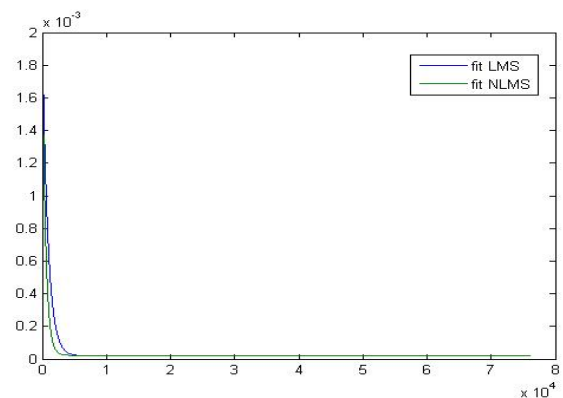
Gambar 4.2 Sinyal keluaran algoritma LMS panjang filter 24miu 0,1



Gambar 4.2 Sinyal keluaran algoritma NLMS panjang filter 24miu 0,1

Tabel 4.2 Pengujian suara Sulamul-Dani derau suara hujan.

Panjang Tapis	Miu	Ofset	MSE		Koefisien korelasi	
			LMS	NLMS	LMS	NLMS
24	0,01	0,5	0,000290	0,000177	0,890798	0,929163
		1		0,000307		0,885510
		5		0,000928		0,738475
24	0,03	0,5	0,000108	0,000065	0,954856	0,972047
		1		0,000114		0,952254
		5		0,000441		0,846515
24	0,05	0,5	0,000068	0,000045	0,970648	0,980439
		1		0,000072		0,969100
		5		0,000294		0,889715
24	0,07	0,5	0,000052	0,000038	0,977210	0,983184
		1		0,000055		0,976207
		5		0,000220		0,914008
24	0,1	0,5	0,000042	0,000036	0,981539	0,984023
		1		0,000043		0,981011
		5		0,000159		0,935486



Gambar 4.3 "Curve Fitting" dari kuadrat galat LMS dan NLMS percakapan sulamul-dani derau suara hujan

Berdasarkan gambar 4.3 dapat dilihat bahwa kemiringan penurunan galat untuk penapisan dengan algoritma NLMS lebih tajam daripada kemiringan penurunan galat penapisan dengan algoritma LMS. Hal ini menyebabkan algoritma NLMS lebih cepat mencapai kestabilan daripada algoritma LMS. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penapisan dengan algoritma NLMS lebih baik daripada penapisan dengan algoritma LMS.

4.2 Pengujian dengan Masukan Derau Suara Jalan Raya

Pada algoritma LMS, pengujian dilakukan dengan mengubah-ubah panjang tapis dan nilai miu. Sedangkan pada algoritma NLMS, pengujian dilakukan dengan mengubah-ubah panjang filter, nilai miu dan ofset. Hasil pengujian menunjukkan tapis mencapai kondisi optimal pada panjang filter 20 miu 0,1 dan ofset 0,5. Hal ini ditandai dengan nilai mse yang kecil dan koefisien korelasi yang besar. Hasil pengujiannya ditunjukkan oleh tabel berikut ini :

Tabel 4.3 Pengujian suara Sulamul-koko derau suara jalan raya.

Panjang Tapis	Miu	Ofset	MSE		Koefisien korelasi	
			LMS	NLMS	LMS	NLMS
20	0,01	0,5	0,000223	0,000151	0,876323	0,910613
		1		0,000241		0,868230
		5		0,000750		0,711917
20	0,03	0,5	0,000095	0,000062	0,941087	0,960322
		1		0,000102		0,936777
		5		0,000331		0,831560
20	0,05	0,5	0,000062	0,000041	0,959998	0,972952
		1		0,000067		0,957054
		5		0,000226		0,874636
20	0,07	0,5	0,000048	0,000033	0,968947	0,978084
		1		0,000051		0,966821
		5		0,000176		0,898471
20	0,1	0,5	0,000037	0,000028	0,975624	0,980954
		1		0,000039		0,974300
		5		0,000133		0,920031

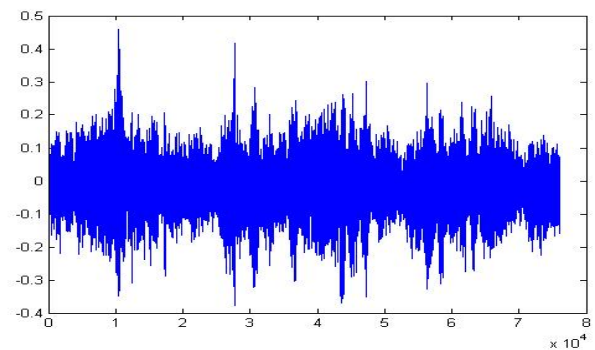
Tabel 4.4 Pengujian suara Sulamul-dani derau suara jalan raya.

Panjang Tapis	Miu	Ofset	MSE		Koefisien korelasi	
			LMS	NLMS	LMS	NLMS
20	0,01	0,5	0,000223	0,000153	0,912757	0,937522
		1		0,000242		0,906698

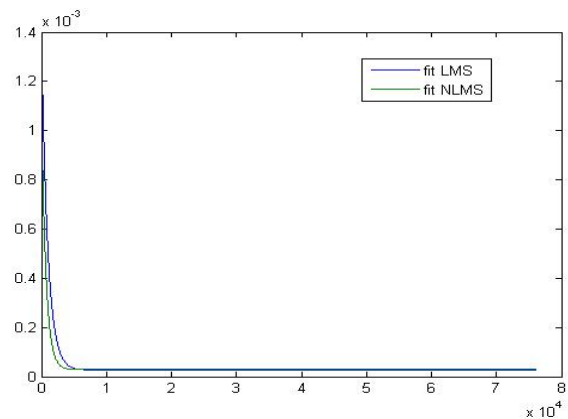
Tabel 4.3 Pengujian suara Sulamul-koko derau suara jalan raya (lanjutan)

Panjang Tapis	Miu	Ofset	MSE		Koefisien korelasi	
			LMS	NLMS	LMS	NLMS
20	0,01	5	0,000223	0,000749	0,912757	0,779862
		0,5		0,000066		0,971470
		1		0,000105		0,955774
20	0,03	5	0,000098	0,000331	0,958701	0,878850
		0,5		0,000047		0,979205
		1		0,000071		0,969330
20	0,05	5	0,000067	0,000227	0,971181	0,911497
		0,5		0,000041		0,981856
		1		0,000056		0,975511
20	0,07	5	0,000053	0,000177	0,976711	0,928892
		0,5		0,000039		0,982637
		1		0,000046		0,979868
20	0,1	5	0,000044	0,000135	0,980409	0,944193

Berikut ini adalah gambar sinyal yang tercampur derau dan "curve fitting" yang diperoleh pada pengujian suara percakapan sulamul-dani derau jalan raya pada saat panjang tapis 20 dan miu 0,1

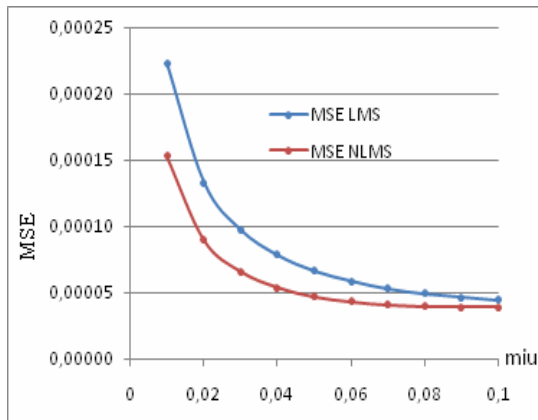


Gambar 4.4 suara sulamul-dani yang tercampur derau suara jalan raya

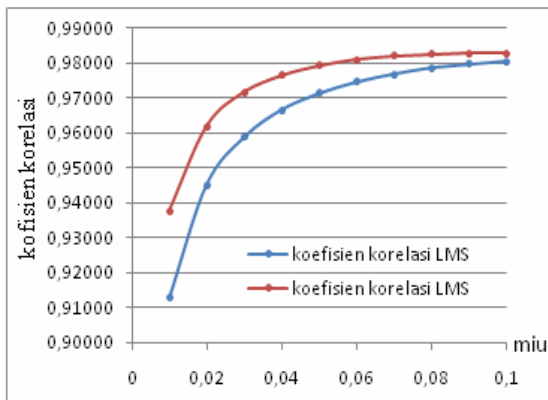


Gambar 4.5 "Curve Fitting" dari kuadrat galat LMS dan NLMS percakapan sulamul-dani derau suara jalan raya

Berdasarkan gambar 4.5 dapat dilihat bahwa kemiringan penurunan galat untuk penapisan dengan algoritma NLMS lebih tajam daripada kemiringan penurunan galat penapisan dengan algoritma LMS. Hal ini menyebabkan algoritma NLMS lebih cepat mencapai kestabilan daripada algoritma LMS. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penapisan dengan algoritma NLMS lebih baik daripada penapisan dengan algoritma LMS.



Gambar 4.6 Grafik hubungan MSE dengan miu percakapan sulamul-dani derau suara jalan raya pada panjang filter 20



Gambar 4.7 Grafik hubungan koefisien korelasi dengan miu percakapan sulamul-dani derau suara jalan raya pada panjang filter 24

Dari gambar 4.6 dan 4.7 di atas terlihat bahwa semakin besar miu maka nilai MSE semakin kecil dan nilai koefisien korelasi semakin besar. Penapisan dengan algoritma NLMS akan memberikan hasil yang lebih baik daripada penapisan dengan algoritma LMS. Hal ini dibuktikan dengan nilai MSE yang lebih kecil dan koefisien korelasi yang lebih besar dibandingkan dengan MSE dan koefisien korelasi yang diperoleh dari penapisan dengan algoritma LMS.

4.3 Pengujian dengan Masukan Derau Suara Kereta Api

Pada algoritma LMS, pengujian dilakukan dengan mengubah-ubah panjang tapis dan nilai miu. Sedangkan pada algoritma NLMS, pengujian dilakukan dengan mengubah-ubah panjang filter, nilai miu dan ofset. Hasil pengujian menunjukkan tapis mencapai kondisi optimal pada panjang filter 24 miu 0,1 dan ofset 0,5. Berikut hasil pengujian yang diperoleh.

Tabel 4.4 Pengujian suara Sulamul-koko derau suara kerta api.

Panjang Tapis	Miu	Ofset	MSE		Koefisien korelasi	
			LMS	NLMS	LMS	NLMS
24	0,01	0,5	0,000314	0,000187	0,835358	0,891934
		1		0,000339		0,825279
		5		0,001155		0,618695
24	0,03	0,5	0,000109	0,000066	0,932614	0,957618
		1		0,000117		0,928031
		5		0,000504		0,767108
24	0,05	0,5	0,000068	0,000044	0,956101	0,971076
		1		0,000073		0,953399
		5		0,000319		0,833286
24	0,07	0,5	0,000052	0,000036	0,966163	0,976166
		1		0,000055		0,964356
		5		0,000232		0,870761
24	0,1	0,5	0,000040	0,000031	0,973273	0,978944
		1		0,000042		0,972205
		5		0,000164		0,903484

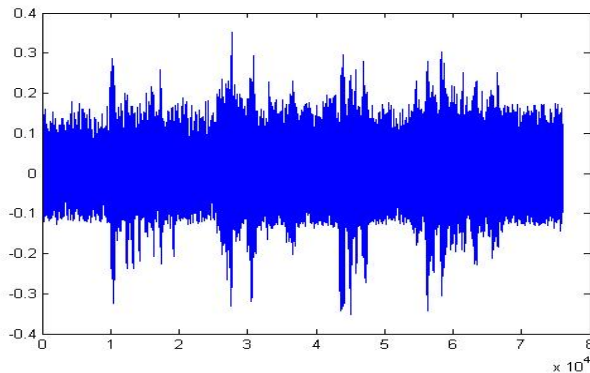
Tabel 4.6 Pengujian suara Sulamul-dani derau suara kereta api

Panjang Tapis	Miu	Ofset	MSE		Koefisien korelasi	
			LMS	NLMS	LMS	NLMS
24	0,01	0,5	0,000312	0,000187	0,883273	0,924909
		1		0,000337		0,875666
		5		0,001146		0,702639
24	0,03	0,5	0,000110	0,000067	0,953857	0,971184
		1		0,000118		0,950643
		5		0,000499		0,830430
24	0,05	0,5	0,000069	0,000045	0,970121	0,980096
		1		0,000074		0,968296
		5		0,000317		0,881714
24	0,07	0,5	0,000053	0,000038	0,976852	0,983239
		1		0,000056		0,975688
		5		0,000231		0,909514

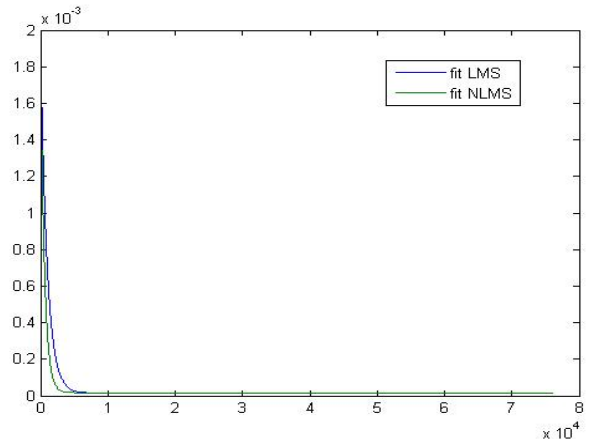
Tabel 4.6 Pengujian suara Sulamul-dani derau suara kereta api (lanjutan)

Panjang Tapis	Miu	Ofset	MSE		Koefisien korelasi	
			LMS	NLMS	LMS	NLMS
24	0,1	0,5	0,000042	0,000034	0,981400	0,984710
		1		0,000044		0,980778
		5		0,000164		0,933195

Berikut ini adalah gambar sinyal yang tercampur derau dan "curve fitting" yang diperoleh pada pengujian suara percakapan sulamul-dani derau kereta api pada saat panjang tapis 24 dan miu 0,1.

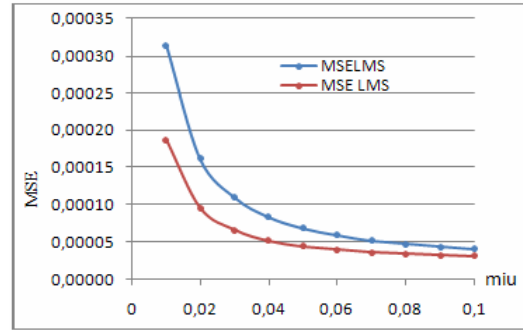


Gambar 4.7 suara sulamul-dani yang tercampur derau suara jalan raya

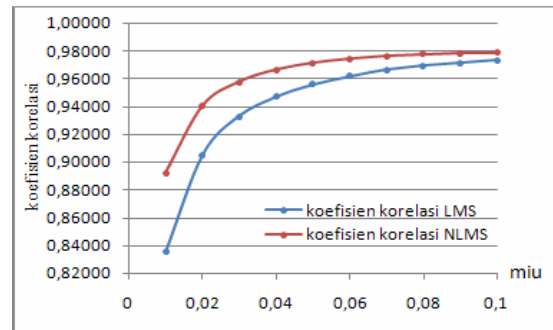


Gambar 4.8 "Curve Fitting" dari kuadrat galat LMS dan NLMS percakapan sulamul-dani derau suara keta api

Berdasarkan gambar 4.8 dapat dilihat bahwa kemiringan penurunan galat untuk penapisan dengan algoritma NLMS lebih tajam daripada kemiringan penurunan galat penapisan dengan algoritma LMS. Hal ini menyebabkan algoritma NLMS lebih cepat mencapai kestabilan daripada algoritma LMS. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penapisan dengan algoritma NLMS lebih baik daripada penapisan dengan algoritma LMS.



Gambar 4.9 Grafik hubungan MSE dengan miu percakapan sulamul-dani derau suara kereta api pada panjang filter 24



Gambar 4.10 Grafik hubungan koefisien korelasi dengan miu percakapan sulamul-dani derau suara kereta pada panjang filter 24

Dari gambar 4.6 dan 4.7 di atas terlihat bahwa semakin besar miu maka nilai MSE semakin kecil dan nilai koefisien korelasi semakin besar. Penapisan dengan algoritma NLMS akan memberikan hasil yang lebih baik daripada penapisan dengan algoritma LMS. Hal ini dibuktikan dengan nilai MSE yang lebih kecil dan koefisien korelasi yang lebih besar dibandingkan dengan MSE dan koefisien korelasi yang diperoleh dari penapisan dengan algoritma LMS.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut.

1. Proses adaptif yang dilakukan pada setiap data masukan akan menghasilkan nilai MSE yang berbeda untuk masing-masing panjang tapis yang digunakan.
2. Tingkat keberhasilan penapisan ditentukan oleh nilai MSE dan koefisien korelasi. Semakin kecil nilai MSE dan semakin besar koefisien korelasi maka derau yang terdapat pada sinyal keluaran tapis adaptif semakin kecil pula.
3. Tapis mencapai kondisi optimal pada miu 0,1 dan panjang tapis tertentu

4. Semakin kecil nilai ofset maka kinerja tapis adaptif NLMS semakin baik
5. Penggunaan algoritma NLMS dalam penapisan sinyal lebih baik daripada algoritma LMS. Hal ini ditunjukkan oleh kemiringan *curve fitting* yang lebih tajam dari pada penurunan *curve fitting* sinyal hasil penapisan dengan algoritma LMS. Selain itu Pada saat panjang tapis dan nilai μ yang sama, MSE dan yang dihasilkan oleh penapisan dengan algoritma NLMS lebih kecil daripada MSE dan dari hasil penapisan dengan algoritma LMS. Koefisien korelasi yang dihasilkan dari penapisan dengan algoritma NLMS lebih besar daripada Koefisien korelasi yang dihasilkan dari penapisan dengan algoritma LMS.

SARAN

1. Algoritma LMS dan algoritma NLMS dapat dibandingkan dengan algoritma lainnya seperti algoritma RLS untuk peredaman derau secara adaptif.
2. Penggunaan algoritma tapis adaptif LMS dapat dikembangkan untuk aplikasi lainnya, seperti misalnya untuk peredaman gema (*acoustic echo cancellation*).
3. Untuk penggunaan pada waktu yang nyata algoritma ini dapat diterapkan pada modul *Digital Signal Prosesor* (DSP) yang ada di pasaran sehingga dapat benar benar diketahui kinerja dari algoritma tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bayhaki, A., *Penekanan Derau secara Adaptif pada Pengenalan Ucapan Kata*, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2006.
- [2] Haykin S., *Adaptive Filter Theory*, McMaster University, prentice hall Englewood cliffs, NJ 07632, 1991.
- [3] Hutson, M. *Acoustic Echo Cancellation Using Digital Signal Processing*, <http://innovexpo.itee.uq.edu.au/2003/exhibits/s365914/thesis.pdf>, September 2008.
- [4] Ifeachor J. C. and Jervis B. W., *Digital Signal Processing A Practical Approach*, Addison-Wessley, 1993.
- [5] Kuc R, *Introduction To Digital Signal Processing*, McGraw-Hill Book company, 1988.
- [6] Sudarmono, B., *Penggunaan Tapis Adaptif Dalam Proses Editing Suara Pada*

Pembuatan Film Layar Lebar, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2008.

- [7] Supranto J., *STATISTIK Toeri dan Aplikasi jilid 1*, ERLANGGA, 2000.
- [8] Syahid, *Simulasi Penekanan Derau Dengan Metode Finite Impulse Response (FIR) Secara Adaptif Menggunakan Algoritma Least Mean Square (LMS)*,), Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2004.
- [9] Tanujaya, H., *Pengolahan Sinyal Digital & Sistem Pemrosesan Sinyal*, ANDI, 2007.
- [10] Widrow, B. and Stearns, S., *Adaptive Signal Processing*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1985.
- [11] ---, *Matlab Function Reference*, The Mathworks, Inc., 2008.
- [12] ---, <http://www.anaxamandar.com/physics/220codes/expFit.m>, Desember 2009.



Sulamul Arif, lahir di Banyumas 20 september 1986. Telah menempuh pendidikan dasar di SD 1 Sawangan, SLTP 1 Kebasen dan SMA 1 Banyumas. Sekarang sedang menempuh pendidikan strata satu di Fakultas Teknik

Universitas Diponegoro Jurusan Teknik Elektro konsentrasi Elektronika dan Telekomunikasi.

Menyetujui dan Mengesahkan,
Pembimbing I,

Ir. Ngatelan, M.T.
NIP. 131 124 436
Tanggal :

Pembimbing II,

Achmad Hidayatno, S.T., M.T.
NIP. 132 137 933
Tanggal :