

Aplikasi Noise cancellation menggunakan metode NLMS dengan DSP board 6713

Ita Sulistyowati, Drs. Miftahul Huda, MT
Jurusan Teknik Telekomunikasi
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Kampus ITS Keputih, Sukolilo Surabaya, 60111

Abstrak

Filter adaptif merupakan sebuah filter dengan pengatur koefisien. Pada penekan derau parameter filter diatur sehingga dapat mengoptimalkan sinyal dari distorsi (cacat) seminimal mungkin. Filter adaptif mempunyai suatu algoritma yang sudah sering digunakan yaitu algoritma Normalized least mean square (NLMS) yang bisa diaplikasikan untuk filter adaptif FIR. Algoritma NLMS mempunyai kinerja yang bisa menekan derau dari sinyal yang telah terkena derau. Parameter yang sering digunakan untuk mengetahui kinerja dari filter adaptif dengan algoritma NLMS adalah SNR (signal to noise ratio) Jika SNR semakin minimum maka sinyal yang dihasilkan semakin jelek dan sebaliknya. Tugas akhir ini membuat simulasi penekanan derau yang berasal dari Suara saat perekaman menggunakan algoritma NLMS dengan perangkat DSP board TMS320C6713. Filter adaptif FIR menggunakan algoritma NLMS mampu menghilangkan noise sinusoidal, parameter yang digunakan untuk pengujian filter ini meliputi delay, step sized dan orde filter. Setelah dilakukan berapa kali penggantian, maka hasil terbaik diperoleh saat delay 1, orde filter 64 dan step sized $3e-11$. Dengan SNR sebesar 4,03 dB.

Kata Kunci : Filter Adaptif, Echo, NLMS, board DSK TMS320C6713

1. Pendahuluan

Di jaman yang semakin modern ini, dengan tingkat kebutuhan dan keinginan masyarakat yang semakin tinggi, maka tidak heran bila para produsen barang-barang elektronika menawarkan teknologi yang semakin canggih untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Masyarakat saat ini sudah sangat terbiasa untuk mengabadikan setiap peristiwa yang terjadi baik melalui suara (audio), gambar (visual) dan juga melalui gambar dan suara (audio visual). Proses merekam suara merupakan hal yang paling sederhana untuk mengabadikan suatu peristiwa penting. Dengan mendengarkan suara, kita dapat mengingat dan membayangkan kejadian yang terjadi saat itu. Namun pada kenyataannya proses perekaman tersebut sangat rentan terkena *noise* (gangguan), seperti suara kendaraan, maupun suara-suara lain yang mengganggu dan merusak kejernihan suara perekaman yang kita buat. Sehingga untuk menghilangkan suara-suara yang mengganggu, maka suara hasil rekaman tersebut harus diproses lebih lanjut untuk

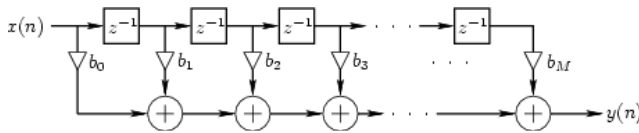
menghilangkan derau yang ada sehingga yang tersisa adalah suara informasinya saja. Selama ini usaha untuk mengurangi terjadinya gangguan pada sinyal suara telah banyak dilakukan, salah satunya adalah algoritma *Normalized Least Mean Square* (NLMS). Algoritma NLMS merupakan algoritma adaptif yang populer karena kesederhanaannya, serta dapat digunakan untuk beberapa aplikasi pemrosesan sinyal, antara lain masalah penghapusan derau, gema, dan interferensi.

2. Dasar Teori

2.1 Filter Adaptif

Dalam *Dynamic Channel Assignment Strategi*, penempatan sel-sel nya tidak secara permanen. Tiap sel yang memiliki jumlah panggilan lebih banyak akan mendapat kapasitas yang lebih, begitu juga sebaliknya. Filter adaptif merupakan filter yang mempunyai karakteristik dapat beradaptasi dengan input yang diberikan dan menghasilkan koefisien filter yang diperlukan untuk mendapatkan *output* filter yang diinginkan^[2].

Finite Impulse Response (FIR) merupakan salah satu filter digital yang mempunyai *unit sample response* yang berhingga. Karakteristik dasar dari filter FIR menurut persamaan berikut:



Gambar1. Blok diagram filter FIR

Filter FIR (*nonrecursive*) sering digunakan pada aplikasi filter adaptif dari equalizer adaptif pada system komunikasi digital sistem pengontrol noise adaptif. Ada sebagian alasan untuk popularitas filter adaptif FIR.

- (1) Stabilitasnya bisa dikontrol dengan mudah dengan memastikan koefisien filter terbatas.
- (2) Lebih mudah dan algoritma yang efisien untuk pengaturan koefisien filter.
- (3) Kinerja algoritma ini bisa mudah dimengerti pada bagian konvergen dan stabilitas.^[2]

Pada *noise cancellation*, filter adaptif mampu menghilangkan noise sebuah sinyal suara secara *real time*. Sinyal yang terdiri dari kombinasi noise dan sinyal informasi, untuk menghilangkan noise sinyal tersebut maka sinyal $n'(k)$ dimasukkan ke filter adaptif yang merepresentasikan noise yang dikorelasikan/dihubungkan ke noise untuk menghilangkannya dari sinyal informasi yang kita inginkan. Selama noise itu masih tetap berhubungan dengan hal yang tidak diinginkan yang menyertai sinyal informasi yang diinginkan, maka filter adaptif menyesuaikan koefisiennya untuk mengurangi perbedaan nilai antara $Y(k)$ dan $d(k)$, menghilangkan noise dan menghasilkan sinyal yang bersih. Perhatikan bahwa, dalam aplikasi ini sinyal kesalahan sesungguhnya mengubah sinyal data input *converges*, dari pada *converging to zero*

2.2 TMS320C6713

TMS320C6713 adalah processor sinyal digital *fixed point* sebagai *Application Specific Integrated Circuits* yang termasuk dalam keluarga besar prosesor TMS320 produksi *Texas Instrument*. Processor ini menggunakan *Advanced Modified Harvard Architecture* dimana terdapat satu bus untuk program, tiga bus untuk data, dan empat bus untuk pengalaman sehingga memungkinkan untuk mengakses instruksi dan data secara bersamaan^[3]. Komponen-komponen utama dan pendukung dari DSK C6713 yaitu:

1. Prosesor TMS320C6713
Merupakan prosesor dengan kecepatan clock 225 MHz yang mendukung operasi fixed-point dan floating-point. Kecepatan operasinya dapat mencapai 1350 juta operasi floating-point per detik (MFLOPS) dan 1800 juta instruksi per detik (MIPS). Selain itu, prosesor ini dapat melakukan 450 juta operasi multiply-accumulate per detik.
2. CPLD (Complex Programmable Logic Device)
CPLD berisi register-register yang berfungsi untuk mengatur fitur-fitur yang ada pada board. Pada DSK C6713, terdapat 4 jenis register CPLD.
 - a. USER_REG Register
Mengatur switch dan LED sesuai yang diinginkan user.
 - b. DC_REG Register
Memonitor dan mengontrol daughter card.
 - c. VERSION Register
Indikasi yang berhubungan dengan versi board dan CPLD.
 - d. MISC Register
Untuk mengatur fungsi lainnya pada board.
3. Flash memory
DSK menggunakan memori flash yang berfungsi untuk booting. Dalam flash

ini berisi sebuah program kecil yang disebut POST (PowerOn Self Test). Program ini berjalan saat DSK pertama kali dinyalakan. Program POST akan memeriksa fungsi-fungsi dasar board seperti koneksi USB, audio codec, LED, switches, dan sebagainya.

4. SDRAM
Memori utama yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan instruksi maupun data.
5. AIC23 Codec
Berfungsi sebagai ADC maupun DAC bagi sinyal yang masuk ke board.
6. Daughter card interface
Konektor-konektor tambahan yang berguna untuk mengembangkan aplikasi-aplikasi pada board. Terdapat 3 konektor, yaitu memory expansion, peripheral expansion, dan Host Port Interface.
7. LED dan Switches
LED dan switches ini merupakan fitur yang dapat membantu dalam membangun aplikasi karena dapat deprogram sesuai keinginan user.
8. JTAG (Joint Test Action Group)
Merupakan konektor yang dapat melakukan transfer data dengan kecepatan yang sangat tinggi. Hal ini akan berguna dalam aplikasi real-time.

2.3 Normalized Least Mean Square (NLMS)

Algoritma NLMS teradaptasi merupakan versi klasik dari algoritma LMS dimana seleksi dari suatu konstanta pengadaptasi diselesaikan melalui penormalisasian dari konstanta asli dengan memperhatikan sinyal daya inputannya. Algoritma NLMS digunakan karena kesederhanaan, kecepatan konvergensi dan ketelitiannya. Tetapi membutuhkan sedikit lebih banyak daya dalam perhitungan dibandingkan dengan *prototype* dari LMS. Pada LMS standar, faktor koreksi $\mu x(n)e^*(n)$ yang

dipergunakan untuk masukan *tap weight vector* $\hat{w}(n)$ pada iterasi $n+1$ secara langsung sebanding dengan *tapinput vector* $x(n)$. Sehingga, saat $x(n)$ besar, LMS mengalami masalah penguatan *gradient noise*. Untuk mengatasinya digunakan Algoritma *Normalized Least Mean Square* (NLMS) [5]. Secara khusus, koreksi yang digunakan pada *tap-weight vector* $\hat{w}(n)$ pada iterasi $n+1$ dinormalisasi dengan *squared Euclidean norm* dari *tapinput vector* $x(n)$ pada iterasi n . Yang perlu diperhatikan pada NLMS adalah saat diberikan data *input* baru (pada saat n) yang direpresentasikan oleh *tap-input vector* $x(n)$ dan respon yang diinginkan $d(n)$, maka NLMS akan meng-*update tapweight vector*, seperti saat nilai $\hat{w}(n+1)$ yang dihitung saat $n+1$ yang akan menunjukkan perubahan minimum pada harga $\hat{w}(n)$ yang diketahui pada saat n . Oleh sebab itu NLMS merupakan manifestasi dari prinsip *minimal disturbance*. Berikut merupakan perbandingan Algoritma NLMS dengan Algoritma LMS :Konstanta adaptasi untuk NLMS adalah *dimensionless*, konstanta adaptasi μ untuk LMS memiliki dimensi dari *inverse daya*.

Hal yang paling penting, NLMS menunjukkan laju konvergensi yang secara potensial lebih cepat dibandingkan dengan LMS standar, baik untuk data *input* terkorelasi ataupun tak terkorelasi. Hal yang lain adalah dalam mengatasi masalah penguatan *gradient noise* pada LMS.

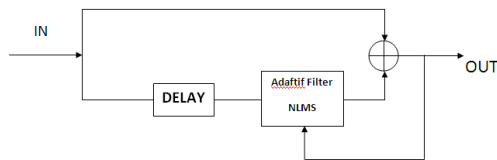
3. Metodologi

Metodologi penelitian yang digunakan dalam proyek akhir ini meliputi :

- 1) Studi Pustaka
Melakukan studi pustaka mengenai software pendukung yaitu code composer studio, TMS320C6713 serta algoritma *Normalized least mean square*
- 2) Pengumpulan dan Pengamatan Data

Mengambil suara output filter adaptif pada line out dari TMS320C6713 dengan jumlah bobot yang berbeda dan rate convergence yang berbeda. Batas frekuensi noise yang akan difilter adalah

- 3) Pembuatan Perangkat Lunak
 - Melakukan perancangan model algoritma *Normalized least mean square*
 - Mengimplemantasikan algoritma tersebut pada TMS320C6713



Gambar 6. Blok diagram perencanaan alat.

- 4) Pengujian dan Analisa

Melakukan pengujian dan analisa pada sinyal hasil filter adaptif dengan delay, orde filter dan μ yang berbeda sampai di dihasilkan filter yang dapat menghilangkan noise dengan cepat dengan kualitas sinyal output yang baik dan membandingkan nilai SNR sebelum dan setelah pemfilteran dilakukan.

4. Pengujian dan Analisa

4.1 Pengujian filter dengan mengubah delay.

Delay filter yang dalam program ini disimbolkan oleh $x[i]$. delay merupakan faktor untuk mengupdate bobot filter, delay filter yang besar dapat memperlambat laju konvergensi, sedangkan kecepatan konvergensi merupakan salah satu keunggulan dari algoritma NLMS. Filter merupakan salah satu kegunaan dari filter FIR sangatlah sederhana, output dari filter FIR pada waktu n diturunkan dari jumlah

perkalian antara vector dengan kolom vector.

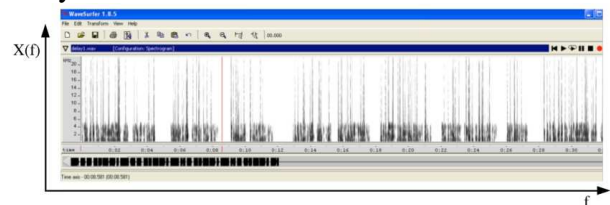
$$x(n) = [x(n) \ x(n-1) \ x(n-2) \ \dots \ x(n-N+1)]^T \dots (4.1)$$

Setelah melakukan beberapa kali penggantian delay, maka delay yang paling baik adalah 1, dengan besarnya SNR 3.2039, sedangkan delay yang paling buruk adalah 3, dengan nilai SNR 1,9692. seperti yang ditunjukkan oleh tabel 4.1 dibawah ini.

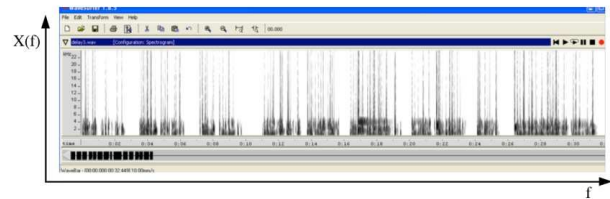
Delay	Power signal+ noise (watt)	Power noise (watt)	Power signal	SNR (dB)
1	0.0083	0.0020	0.0063	3.2039
2	0.0199	0.0056	0.0143	2.5740
3	0.0170	0.0087	0.0114	1.9692
4	0.0157	0.0050	0.0106	2.1119
5	0.0150	0.0046	0.0103	2.2221

Tabel 4.1 Hasil perhitungan SNR dan kecepatan konvergen sinyal output dengan merubah *delay filter*

Berikut ini adalah gambar tampilan spektrogram dari sinyal dengan delay 1 dan delay 3



Gambar 4.1 Tampilan spektrogram dengan delay 1



Gambar 4.2 tampilan spektrogram sinyal dengan delay3

4.2 Pengujian filter dengan mengubah orde filter

Orde filter disimbolkan dengan N , orde filter merupakan salah satu faktor penentu bobot filter, dari orde filter ini kita dapat melihat

kecuraman respon filter setelah frekuensi cut off,

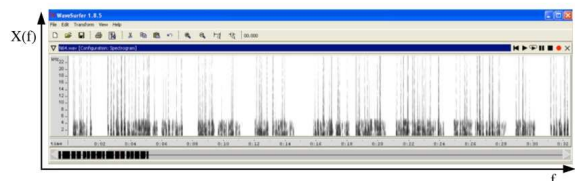
Bobot (N1)	Power signal +noise	Power Noise (watt)	Power Signal (watt)	SNR (dB)
20	0.0251	0.0046	0.0205	4.4720
30	0.0161	0.0058	0.0103	1.7921
50	0.0139	0.0048	0.0091	1.8772
55	0.0093	0.0045	0.0048	1.0791
64	0.0207	0.0020	0.0187	9.4403
75	0.0147	0.0029	0.0118	4.1465
80	0.0167	0.0026	0.0142	5.5525
85	0.0119	0.0029	0.0090	3.0413

Tabel 4.2 Hasil perhitungan SNR dan kecepatan konvergen sinyal output dengan merubah *orde filter*

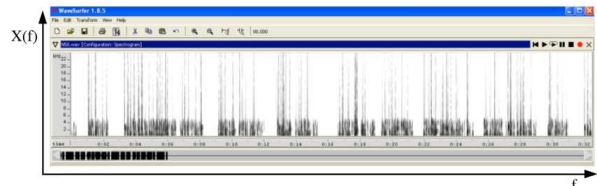
Seperti yang terlihat pada tabel 4.2 SNR sebanding dengan peningkatan power signal yang dihasilkan, bukan dengan koefisien bobot filter yang digunakan. Pada saat bobot filter yang digunakan adalah 64, maka menghasilkan SNR yang negatif hal ini berarti perbandingan antara sinyal dengan noise nya sangat kecil. Nilai N1 sebesar 64 adalah nilai terbaik, karena menghasilkan kecepatan konvergen filter yang cukup tinggi dan sinyal hasil pemfilteran yang bagus karena noise sinyal dapat diredam. Bila digunakan N1 yang besar maka SNR akan menurun drastis, hal ini dikarenakan apa bobot tersebut sinyal output sudah tidak real time lagi karena terlalu banyak mendapat proses delay. Meskipun menggunakan rate of convergence yang besar belum tentu menjamin akan didapatkan SNR yang baik meskipun dengan kecepatan konvergen yang tinggi, hal ini dikarenakan pada rate of convergence yang besar tidak hanya mempercepat kecepatan konvergensi filter tetapi juga melemahkan power noise dan power signal sehingga belum tentu terjamin apabila menggunakan rate of convergen tinggi akan didapatkan SNR yang baik.

Setelah melakukan beberapa kali percobaan dengan mengganti orde filter yang digunakan, maka diketahui bahwa orde filter yang paling baik digunakan adalah digunakan 64 yaitu 9.4403 dB. Bila orde filter (N1) yang digunakan dibawah 20 maka suara yang dihasilkan sangat kecil hingga tidak terdengar, karena sinyal suara yang telah bercampur noise langsung difilter oleh adaptif filter dan tidak menyisakan sinyal asli.

Berikut ini adalah tampilan spektrogram untuk sinyal dengan menggunakan N= 64 dan N= 50



Gambar 4.3 tampilan spektrogram sinyal dengan N=64



Gambar 4.4 tampilan spektrogram dari sinyal dengan N=50

4.3 Pengujian filter dengan mengubah μ

μ diberikan symbol yaitu beta, beta yang digunakan untuk perhitungan *rate of convergence* (kecepatan konvergensi). Dengan mengubah ubah nilai beta maka dapat diketahui besarnya SNR yang dihasilkan, sehingga dapat diketahui berapa kecepatan konvergensi yang paling baik digunakan, Karena semakin cepat konvergensinya, belum tentu SNR yang dihasilkan baik. Dengan mengubah ubah nilai beta maka dapat diketahui besarnya SNR yang dihasilkan, sehingga dapat diketahui berapa kecepatan konvergensi

yang paling baik digunakan, Karena semakin cepat konvergensinya, belum tentu SNR yang dihasilkan baik.

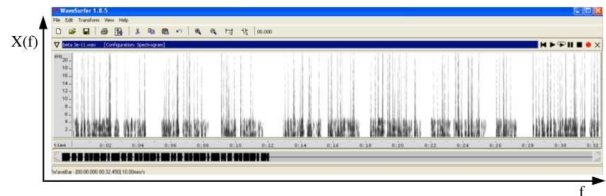
μ (step size)	Power signal + noise	Power noise (watt)	Power signal (watt)	SNR (dB)
3E-10	0.0056	0.0018	0.0038	2.0372
3E-11	0.0092	0.0018	0.0074	4.0314
3E-12	0.0199	0.0074	0.0125	1.6919
3E-15	0.0117	0.0087	0.0030	0.3416
3E-18	0.0043	0.0323	-0.0280	-0.8667

Tabel 4.3 Hasil perhitungan SNR dan kecepatan konvergen sinyal output dengan merubah μ (step size)

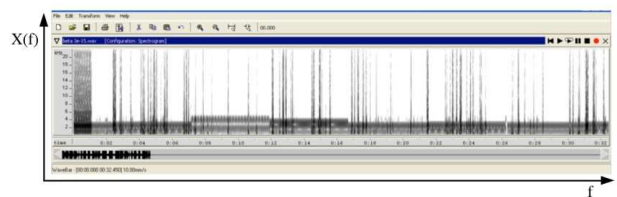
Setelah dilakukan pergantian nilai beta, maka dapat diketahui bahwa nilai beta yang paling cocok digunakan adalah 6E-11, karena bila digunakan nilai dibawah nilai tersebut, maka noise yang pertama kali semakin lama diredam, sehingga pada awalnya kita akan mendengarkan noise sinyal baru kemudian hasil pemfilterannya bahkan bila kita gunakan beta dibawah nilai 3e-10 maka tidak menghasilkan sinyal suara karena seluruh sinyal suara yang telah bercampur noise diredam seluruhnya oleh adapif filter. Bila digunakan nilai diatas nilai 3E-11 maka hasil SNR yang dihasilkan tidaklah sebaik 3E-11. Seperti terlihat pada tabel meskipun dengan menggunakan rate of convergence yang besar belum tentu menjamin akan didapatkan SNR yang baik meskipun dengan kecepatan konvergen yang tinggi, hal ini dikarenakan pada rate of convergence yang besar tidak hanya mempercepat kecepatan konvergensi filter tetapi juga melemahkan power noise dan power signal sehingga belum tentu terjamin apabila menggunakan rate of convergen tinggi akan didapatkan SNR yang baik, begitu pula sebaliknya apabila menggunakan rate of convergence yang kecil maka akan didapatkan kecepatan konvergen yang lambat karena pada power signal dan power

noise akan sama-sama membesar bahkan cenderung power noise yang lebih besar dari pada power signal sehingga hasil SNR nya akan kecil, SNR yang baik didapatkan pada 3E-11 yaitu 4.0314dB. Bila digunakan nilai beta sama dengan atau lebih dari 3e-18, maka nilai SNR yang dihasilkan negatif karena sinyal yang dihasilkan tidak mengalami pemfilteran.

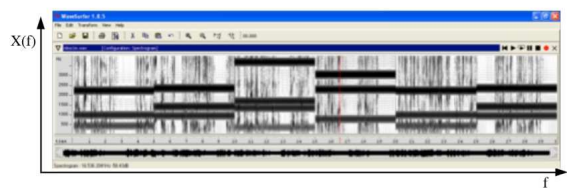
Berikut ini adalah gambar tampilan spektrogram dari sinyal dengan beta 3e-11 ,beta 3e-15 dan sinyal input yang masih bercampur noise



Gambar 4.5 tampilan spektrogram dari sinyal dengan beta 3e-11



Gambar 4.6 tampilan spektrogram sinyal dengan beta 3e-15



Gambar 4.7 tampilan spektrogram dari sinyal input

Dari gambar diatas dapat kita bandingkan antara sinyal suara yang telah bercampur noise dengan sinyal output hasil pemfilteran sangatlah berbeda. Pada tabel 4.4 dibawah ini dapat dilihat bahwa besarnya SNR sebelum pemfilteran hanya sebesar 1.0893, hal ini karena sinyal tersebut merupakan sinyal input yang masih memiliki noise sangat besar yaitu sebesar 0.0020, namun

setelah melakukan proses pemfilteran maka dihasilkan kenaikan power signal yang cukup signifikan yaitu sebesar 0.0074 dari nilai sebelumnya yaitu 0.0022, sehingga dihasilkan SNR yang besar yaitu 4.0314

Perbandingan antara sinyal sebelum dilakukan pemfilteran dan sinyal setelah setelah pemfilteran.

	Power sinyal +noise	Power noise (watt)	Power signal (watt)	SNR
Sebelum filter (input)	0.0042	0.0020	0.0022	1.0893
Setelah filter (output)	0.0092	0.0018	0.0074	4.0314

Tabel 4.4 perbandingan antara sinyal sebelum dilakukan pemfilteran dengan sinyal hasil pemfilteran.

5. KESIMPULAN dan SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari pengujian dan analisa yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Besarnya delay filter sangat mempengaruhi kecepatan konvergensi filter, hal ini dapat dilihat bahwa semakin besar delay yang digunakan maka semakin kecil SNR yang dihasilkan, delay yang paling baik digunakan adalah 1 yang menghasilkan SNR sebesar 3.2039.
2. Orde filter juga merupakan faktor penentu kecepatan konvergensi sinyal, namun besarnya SNR tidak sebanding dengan besarnya orde filter tetapi sebanding dengan power sinyal yang dihasilkan, orde filter terbaik adalah 64 yang menghasilkan SNR mencapai 9.4403.
3. Nilai beta yang terbaik adalah $3e-11$ dengan SNR sebesar 4.0134. bila beta yang digunakan dibawah $3e-10$ maka tidak ada

suara yang dihasilkan dari proses pemfilteran, karena seluruh suara yang masuk ke filter diredam seluruhnya, namun bila beta lebih dari atau sama dengan $3e-18$ maka suara yang dihasilkan dari proses pemfilteran hampir sama persis dengan suara sebelum dilakukan pemfilteran, karena noise yang diredam sangat kecil

4. SNR terbaik di dapat pada beta = $3E-11$, orde filter = 64 dan delay = 1 dengan nilai 4.0314 dari SNR semula yang bernilai 1.0893
5. NLMS adalah salah satu algoritma yang paling populer, hal ini terbukti karena algoritma NLMS sangat sederhana dan hanya membutuhkan komputasi yang rendah dan kecepatan konvergensinya yang tinggi.

5.2 SARAN

Mengingat masih banyaknya hal-hal yang belum dapat dimaksimalkan dalam pembuatan proyek akhir ini, maka penulis memberikan beberapa saran kepada pembaca yang ingin mengembangkan proyek akhir ini dengan kualitas yang lebih baik.

1. Dapat menggunakan noise selain noise sinusoida.
2. Dapat menggunakan metode update bobot yang lebih baik dari metode update bobot *Normalized Least Mean Square*.
3. Menambah parameter pengujian yang digunakan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1].Hidayat, Wahyu. “ Implementasi Pembatalan Sinyal Derau Sinusoidal Secara Real Time Menggunakan Filter Adaptif Pada Tms320c6713 ”
- [2].Chassaing, Rulph. “*Digital Signal Processing and Aplications with the C6713 and C6416 DSK*”, John Wiley &Sons.Inc, Canada, 2005.
- [3].Xiaojian Lu.” Acoustic Echo Cancellation Over Nonlinear Channels” Department of Electrical & Computer Engineering McGill University Montreal, Canada, 2005
- [4].Michael Hutson.” Acoustic Echo Cancellation Using Digital Signal Processing”. The School Of Information Technology and Electrical Engineering, The University of Queensland.2003
- [5].DSP group “PENGENALAN TMS320C6713 DSK”. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- [6] Al-Khalifa, Salah Hussain. “Playout Scheduling Technique Based On Normalized Least Mean Square (NLMS) Algoritm” King Fahd University Of Petroleum And Minerals. Saudi Arabia. 2006