

PENGHAPUSAN DERAU MATERNAL PADA ISYARAT FETO ELEKTROKARDIOGRAFI SECARA ADAPTIF

Dessy Irmawati^{*)}

Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika, Universitas Negeri Yogyakarta
Jl. Karangmalang

^{*)} E-mail: dessy.irmawati@uny.ac.id

Abstrak

Penelitian mengenai penghapusan derau sangat diperlukan di berbagai kebutuhan, salah satunya bidang medis, yaitu untuk mengetahui kondisi jantung janin pada usia kehamilan tertentu, seperti penelitian yang penulis lakukan, atau bidang-bidang yang lain. Penelitian ini memanfaatkan kelebihan dari suatu sistem yang dapat beradaptasi dengan sendirinya, yaitu dengan algoritma adaptif LMS. Penelitian ini menggunakan isyarat dua masukan yang pertama berupa isyarat jantung janin yang sudah terinterferensi oleh isyarat jantung ibu, dan yang kedua adalah isyarat jantung ibu yang dianggap sebagai derau. Cara pengambilan kedua isyarat harus dilakukan pada saat yang bersamaan, yaitu dengan merekam kedua isyarat tersebut dalam sebuah alat perekam yang berekstensi *.wav. Sebelum diadaptasi untuk penghapusan derau, kedua isyarat tersebut diubah bentuk digital dengan pemilihan frekuensi cuplik 8000 Hz, dengan pertimbangan bahwa akan diperoleh frekuensi fundamentalnya yang mempunyai sedikit harmonisa. Konsep kerja dari algoritma adaptif LMS ini adalah dengan mengurangkan derau yang mirip dengan derau pada isyarat masukannya, kemudian diadaptasi oleh sistem dengan keluaran berupa galat. Indikasi kemampuan sebuah filter adaptif untuk penghapusan derau, yaitu berupa galat yang mendekati nol, dan menghasilkan bobot optimal.

Kata Kunci: algoritma adaptif LMS, isyarat jantung

Abstract

Research on noise removal is necessary in a variety of requirements, one of which the medical field, namely to determine the condition of the fetal heart at a particular gestational age, as research by the author, or other fields. This study utilized the advantages of a system that can adapt itself, namely the LMS adaptive algorithm. This study uses the first two input signals in the form of fetal cardiac signals are already terinterferensi by maternal heart signals, and the second is the mother's cues are considered to be noise. The second way of taking cues should be done at the same time, by recording the second cue in a recorder with extension *.wav. Before adapted for the removal of noise, both signals are converted to digital form with the selection cuplik frequency 8000 Hz, with the consideration that would be obtained fundamental frequency harmonics that have little. Working concept of adaptive LMS algorithm is by subtracting noise similar to the noise in the input signals, then be adapted by the system with the output of the error. Indication of the ability of an adaptive filter for noise penghapusan, namely the error near zero, and generate optimal weights.

Keywords: LMS adaptive algorithm, cue heart

1. Pendahuluan

Perubahan kebutuhan manusia yang meletakkan kesehatan sebagai dasar untuk kehidupan yang baik, merupakan salah satu hal yang mendorong peningkatan pelayanan kesehatan masyarakat. Kesehatan menjadi hal yang penting dan pokok dalam kehidupan manusia. Pemikiran kesehatan tidak hanya berkisar pada pengobatan suatu jenis penyakit, tetapi juga melingkupi masalah pencegahan dan bahkan kebutuhan ini menjadi bersifat rutin. Sehingga orang datang menemui ahli kesehatan atau dokter bukan berarti sakit, tetapi mungkin

saja hanya untuk melakukan pemeriksaan rutin mengenai kesehatan. Kebutuhan masyarakat akan kesehatan, bahkan mendorong sebagian masyarakat untuk melakukan pemeriksaan kesehatan sejak masih dalam bentuk janin di rahim ibu, dan memang telah dibuktikan bahwa pemantauan kesehatan.

Kebutuhan masyarakat akan kesehatan, bahkan mendorong sebagian masyarakat untuk melakukan pemeriksaan kesehatan sejak masih dalam bentuk janin di rahim ibu, dan memang telah dibuktikan bahwa pemantauan kesehatan manusia dalam bentuk janin telah

banyak menolong keselamatan jiwa bayi. Karena dokter akan lebih mudah mengetahui dan mencegah kemungkinan kelahiran bayi yang tidak normal. Pemantauan janin dalam rahim ibu ternyata tidak semudah memantau kesehatan manusia secara umum, karena masalah yang berkaitan dengan peralatan pemantau. Dalam hal ini, para ahli kesehatan hanya bisa memperoleh tambahan diagnosa dari pasien. Keterbatasan pemantauan kesehatan janin mengakibatkan para ahli memikirkan cara-cara pemberian diagnosa kesehatan secara langsung. Sehingga dipilih sistem yang terbaik untuk menyelesaikan pemantauan tersebut.

Sejalan dengan kebutuhan manusia akan pelayanan kesehatan tersebut maka instrumentasi biomedis berkembang sejak ditemukannya isyarat bioelektris pada tubuh manusia, dalam hal inilah yang membuka suatu pandangan baru untuk mengembangkan sistem instrumentasi elektronik yang dikhususkan dalam bidang biomedik (*biomedical instrumentation*).

Pada tahun 1887 Waller merekam elektrokardiogram yang pertama menggunakan elektrometer kapiler. Elektrokardiograf elektrometer kapiler ini kurang populer karena sulit dioperasikan. Kemudian pada tahun 1903, Einthoven merekam elektrokardiogram menggunakan galvanometer kawat. Penemuan ini merupakan perbaikan terhadap metode sebelumnya. Elektrokardiograf galvanometer kawat masih dipakai samapi sekitar tahun 1920. William Einthoven juga menerangkan hubungan antara berbagai fase kontraksi jantung dan sebagai Bapak elektrokardiograf. Galvanometer kawat kemudian diganti dengan perekam langsung. Elektrokardiograf inilah yang masih digunakan hingga saat ini.

Pemakaian elektrokardiograf untuk pemantauan kesehatan jantung, ternyata tidak bisa langsung dipakai untuk pemeriksaan jantung, karena adanya derau yang ditimbulkan oleh jantung ibu (maternal). Adapun hal-hal yang menyulitkan pemantauan isyarat fetu elektrokardiografi adalah:

1. Derau yang timbul sebagai akibat gerakan janin dan aktivitas otot, yang memiliki amplitudo yang lebih besar dari denyut jantung janin.
2. Isyarat jantung maternal memiliki amplitudo 2 sampai 10 kali lebih besar dari isyarat jantung janin.

Hal ini menurut pengembangan suatu sistem pengolahan isyarat/data agar diperoleh hasil-hasil seperti yang diinginkan, pemantauan fetu elektrokardiografi memerlukan sistem pengolahan isyarat untuk menghilangkan derau yang ditimbulkan oleh isyarat maternal, sehingga rekaman informasi isyarat elektrokardiogram dapat dipakai untuk analisis kesehatan lebih lanjut. Sistem yang dipilih dalam penelitian ini adalah penghapusan derau secara adaptif untuk mendapatkan hasil pengolahan isyarat terbaik dari isyarat

bioelektris jantung. Kemampuan sistem melakukan adaptasi juga merupakan hal yang menguntungkan dalam pengolahan isyarat bioelektris ini.

2. Metode

2.1. Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan dengan merekam isyarat suara jantung maternal dan fetus dalam waktu yang bersamaan, kemudian diubah dalam bentuk digital dengan ekstensi *.wav. Jantung maternal dianggap sebagai derau bagi isyarat fetus. Untuk penghapusan derau tersebut digunakan filter adaptif. Filter yang telah beradaptasi diuji untuk menghapus derau. Tahapan penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu:

Tahap 1:

Pengumpulan data, dengan merekam isyarat jantung fetus dan maternal.

Tahap 2:

Mengubah isyarat masukkan analog ke digital, dan menentukan frekuensi cuplik.

Tahap 3:

Perancangan dan implementasi tapis adaptif. Pengamatan dilakukan terhadap kemampuan tapis adaptif dalam meminimalkan galat.

Tahap 4:

Penerapan Filter adaptif yang telah beradaptasi untuk penghapusan derau. Pengamatan dilakukan untuk melihat MSE dan konvergensi bobot yang dihasilkan.

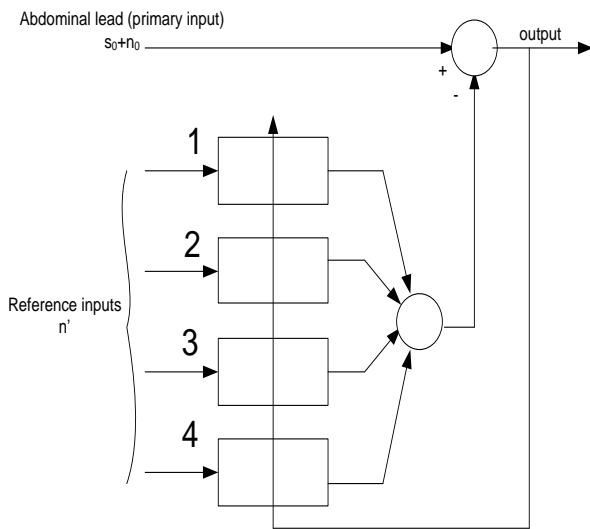
2.2. Isyarat Jantung

Isyarat jantung diambil dari tiga orang ibu hamil (bumil) dengan dua janin masing-masing berusia delapan bulan, dan satu janin berusia 7 bulan. Agar pengambilan data akurat, maka seminimal mungkin kontraksi pada ibu hamil tidak terjadi. Perekaman isyarat jantung fetus dilakukan dalam waktu bersamaan dengan isyarat jantung maternal kurang lebih selama 30 menit. Pada saat pengambilan data, bumil dalam posisi tidur terlentang dengan kondisi tekanan darah dan suhu badan normal.

2.3. Penghapusan Derau Adaptif

Prinsip dasar penghapusan derau diilustrasikan pada Gambar 1. Isyarat dilewatkan melalui kanal ke sensor penerima isyarat yang sudah ditambahkan derau tidak terkorelasi (no). Isyarat dan derau (so+no) menjadi "masukkan utama". Sensor kedua menerima derau (n1) yang tekorelasi dengan isyarat, tetapi juga terkorelasi derau (no) pada suatu jarak tertentu. Keluaran ini disubstraksi dari masukkan utama s+no, dan menghasilkan keluaran sistem s+no+y.

Jika salah satu karakteristik kanal yang dilalui isyarat dilewatkan melalui sensor utama dan kedua, maka tapis tertentu secara umum mampu mengubah n_1 kedalam $y=n_0$. Keluaran tapis kemudian disubstraksi dari masukan utama, dan keluaran sistem menjadi tunggal. Selama isyarat yang dilewatkan diasumsikan menjadi isyarat yang tidak dikenal atau dikenal mendekati dan dari alam, maka penggunaan tapis tidak dapat dikerjakan dengan mudah. Meskipun tapis tertentu dapat dikerjakan dengan mudah, karakteristiknya dapat diatur dengan pencapaian presisi yang sulit, dan galat terkecil dapat dihasilkan dalam peningkatan keluaran daya derau.



Gambar 1. Penghapusan Derau Multiple-Reference
(Sumber: *Adaptive Signal Processing*, Bernard Widrow)

Pada sistem Gambar 1, masukan kedua diproses oleh tapis adaptif yang secara otomatis mengatur tanggapan impulsnya sendiri melalui algoritma LMS yang merespon isyarat galat, dimana isyarat yang lain ada pada keluaran tapisnya. Dengan algoritma yang sesuai, tapis dapat beroperasi merubah kondisi dan dapat mengatur kembali dirinya secara berkelanjutan untuk meminimalkan galat. Dalam sistem penghapusan derau, prinsipnya adalah menghasilkan isyarat keluaran $s+n_0-y$, dimana keadrat terkecilnya sesuai dengan s , yaitu dengan cara mengumpukan-balikkan keluaran ke tapis adaptif dan mengatur tapis melalui algoritma adaptif untuk keluaran sistem yang optimal. Dengan demikian sistem penghapusan derau adaptif, dengan kata lain keluaran sistem merupakan isyarat galat untuk proses adaptif.

Ada suatu pemikiran bahwa isyarat s , atau derau n_0+n_1 dapat dikenal terlebih dahulu sebelum tapis dirancang atau sebelum adaptasi untuk menghasilkan penghapusan isyarat derau y . Pendapat sederhana menunjukkan bahwa hubungan s , n_0 , atau n_1 yang belum dikenal dapat diselesaikan secara statistik.

Dianggap bahwa s , n_0 , n_1 dan y adalah stasioner secara statistik dan mempunyai rerata nol. Danggap juga s tidak terkorelasi dengan n_0 dan n_1 dan agar n_1 terkorelasi dengan n_0 . maka keluarannya adalah:

$$\varepsilon = s + n_0 - y$$

Pengkuadratan akan menghasilkan:

$$\varepsilon^2 = s^2 + (n_0 - y)^2 + 2s(n_0 - y)$$

dengan ekspektasi kedua sisi, dimana s tidak terkorelasi dengan n_0 dan y , menghasilkan

$$E[\varepsilon^2] = E[s^2] + E[(n_0 - y)^2] + 2E[s(n_0 - y)]$$

$$= E[s^2] + E[(n_0 - y)^2]$$

Dengan isyarat $E[s^2]$ tidak berpengaruh terhadap minimalisasi $E[\varepsilon^2]$. Maka keluaran daya minimum adalah

$$E_{\min}[\varepsilon^2] = E[s^2] + E_{\min}[(n_0 - y)^2]$$

Ketika tapis diatur agar $E_{\min}[\varepsilon^2]$ minimal, $E[(n_0 - y)^2]$ juga minimal. Keluaran tapis y kemudian menjadi estimasi kuadrat terkecil dari derau utama n_0 . Makaketika $E[(n_0 - y)^2]$ diminimalkan, $E[(\varepsilon-s)^2]$ juga minimal, sehingga
 $(\varepsilon-s) = (n_0 - y)$

Pengaturan atau penyesuaian tapis untuk meminimalkan total daya keluaran adalah agar keluaran ε menjadi estimasi kuadrat terkecil isyarat s selama pengaturan tapis adaptif dan selama masukan yang diberikan.

Keluaran ε lazimnya terdiri atas isyarat s yang ditambahkan derau. Daya keluaran kemungkinan yang terkecil adalah $E_{\min}[\varepsilon^2] = E[s^2]$. Ketika saat tersebut tercapai dimana $E[(n_0-y)^2]=0$, dengan demikian $y = n_0$ dan $\varepsilon = s$. Dalam kasus ini pemminimalan daya keluaran menjadi sempurna bebas dariderau.

Dengan kata lain, ketika masukan kedua tidak terkorelasi dengan masukan utama, tapis akan “menghentikan loopingnya” dan tidak ada derau keluarannya.

Dalam kasus ini tapis keluaran y tidak terkorelasi dengan masukan utama. Daya keluaran menjadi

$$E[\varepsilon^2] = E[(s+n_0)^2] + 2E[-y(s+n_0)] + E[y^2]$$

$$= E[(s+n_0)^2] + E[y^2]$$

Peminimalan daya keluaran membuat $E[y^2]$ diminimalkan, yang mana diselesaikan oleh bobot-bobot nol, yang membawa $E[y^2]$ menjadi nol.

Pada proses penghapusan derau tersebut diamati beberapa variabel berikut:

1. Konvergensi bobot filter ditinjau dari konvergensi w_0 dan w_1
2. Pengaruh Δ dan N terhadap proses adaptasi

3. Waktu untuk pengolahan isyarat
4. MSE (Mean Square Error)

3. Hasil dan Analisa

Masukan terdiri atas:

1. Isyarat jantung fetus = pake_j1.wav
2. Isyarat jantung maternal = pake_1n.wav

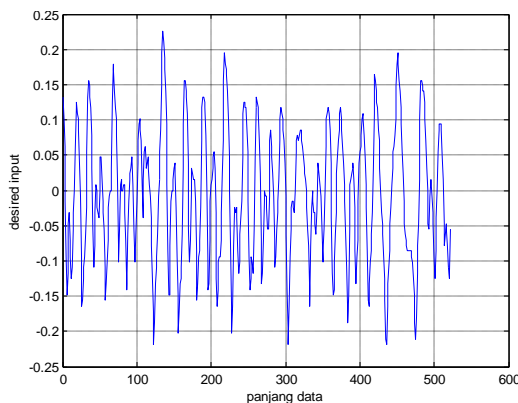
A. Δ (langkah adaptasi) = 0,1

Tabel 1 Pengaruh L,T, dan Δ terhadap MSE

No	L (panjang filter)	T (waktu pengolahan, detik)	mse
1	4	0,013793	0,0022
2	5	0,014420	0,0023
3	6	0,014488	0,0024
4	7	0,015076	0,0022
5	8	0,014733	0,0017
6	9	0,014172	0,0017
7	10	0,015414	0,0018
8	11	0,15251	0,0020
9	12	0,014742	0,0022

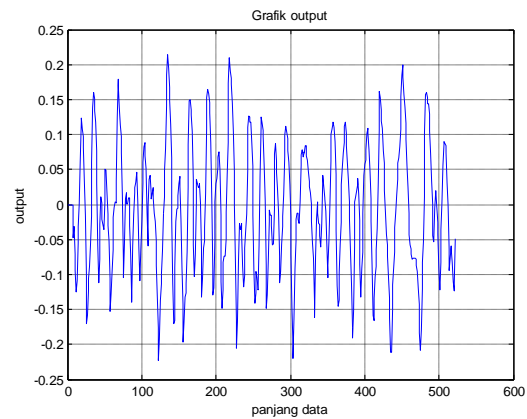
Dapat diamati dari data diatas, bahwa dengan $\Delta = 0,1$ dan L yang bervariasi mempunyai perubahan T dan mse yang tidak signifikan. galat (MSE) terbaik yang didapatkan adalah 0,0017, yaitu pada saat L = 8 dan 9, tetapi jika diamati waktu pengolahannya, maka L = 9 adalah yang lebih baik, karena memiliki waktu yang lebih sedikit, sehingga beban komputasi yang diakibatkan juga sedikit.

Berikut ini adalah Gambar 2 dari *desired input* = pake_J1n yang merupakan isyarat jantung fetus dan maternal.



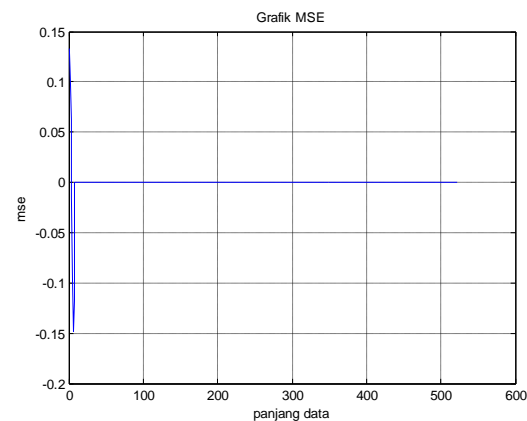
Gambar 2. *Desired input* terhadap panjang data

Serta Gambar 3, yang merupakan *output* = *desired input* - y. Dimana y = *reference input**bobot.



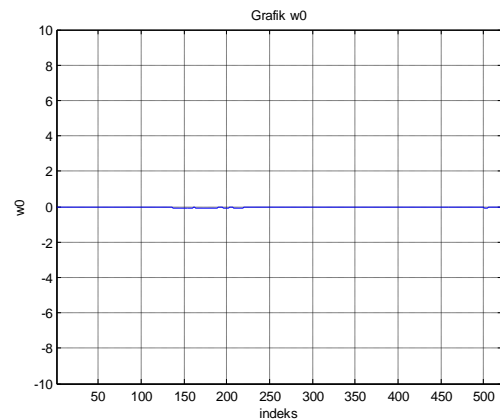
Gambar 3. Keluaran terhadap panjang data

Gambar 4, menunjukkan galat (MSE) yang dihasilkan. Terlihat bahwa dengan L = 8, maka dihasilkan MSE = 0,0017.



Gambar 4. Menunjukkan MS yang mendekati nol

Sedangkan kesetabilan atau konvergensi bobot w0 dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini:

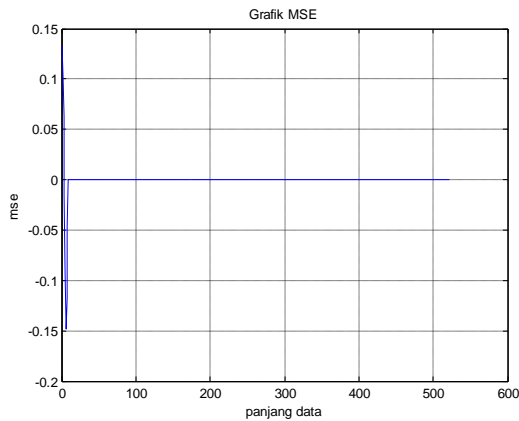


Gambar 5. Menunjukkan Konvergensi bobot (w0)

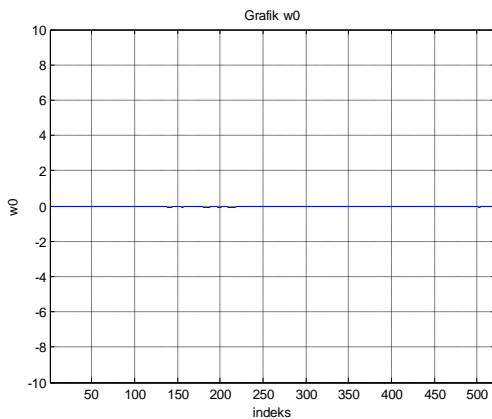
Bobot maksimal yang dihasilkan:

-0.0617 -0.0505 -0.0310 -0.0096 0.0102 0.0297
0.0538 0.0811

Apabila dibandingkan dengan $L = 9$ dengan $\Delta = 0,0017$, maka pada gambar mse dan konvergensi bobot w_0 mendekati sama, hanya waktu pengolahannya lebih cepat.



Gambar 5. MSE dengan $L = 9$ dan $\Delta = 0,0017$



Gambar 6. Bobot w_0 dengan $L=9$ dan $\Delta = 0,0017$

Bobot maksimal yang dicapai adalah:

-0.0606 -0.0514 -0.0344 -0.0159 0.0009 0.0171
0.0376 0.0605 0.0830

B. Δ (langkah adaptasi) = 1

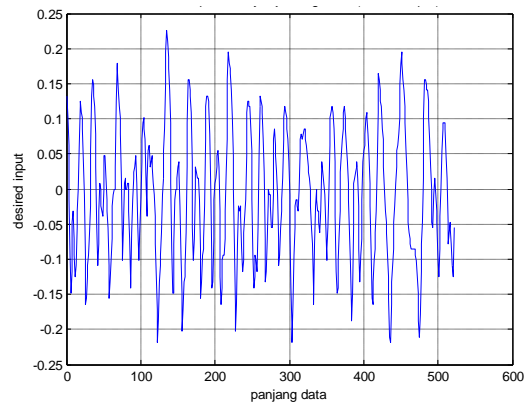
Tabel 2. Pengaruh L , T , dan $\Delta= 1$ terhadap MSE

No	L (panjangfilter)	T (waktupengolahan, detik)	mse
1	4	0,014743	1,6742e-005
2	5	0,014897	5,8138e-006
3	6	0,015065	9,7688e-007
4	7	0,014677	8,7957e-005
5	8	0,014416	5,4108e-004

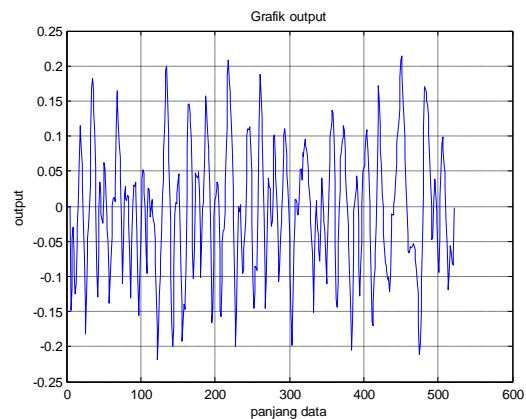
Pada Tabel 2 terlihat bahwa dengan langkah adaptasi = 1, menghasilkan mse yang lebih baik, yaitu $9,7688e-007$ pada $L = 6$. terlihat juga dengan tapis yang semakin panjang lebih dari 6, menyebabkan mse menjadi semakin besar.

Panjang tapis dan langkah adaptasi sangat mempengaruhi hasil adaptasi. Apabila penentuan langkah terlalu kecil, maka adaptasi akan lama, tetapi sebaliknya jika langkah adaptasi terlalu besar, akan mengakibatkan langkah yang terlalu jauh, sehingga adaptasi dapat terlampaui.

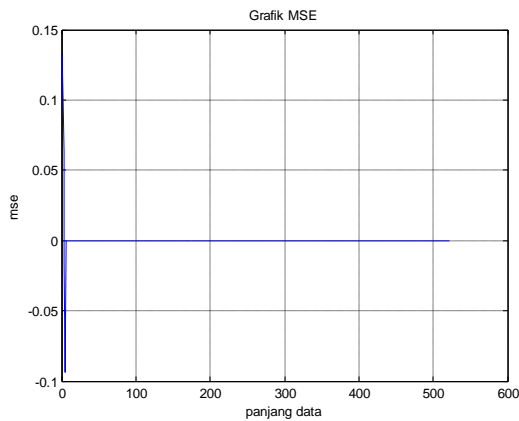
Berikut ini adalah Gambar 7 dengan $L= 6$ dan $\Delta = 1$



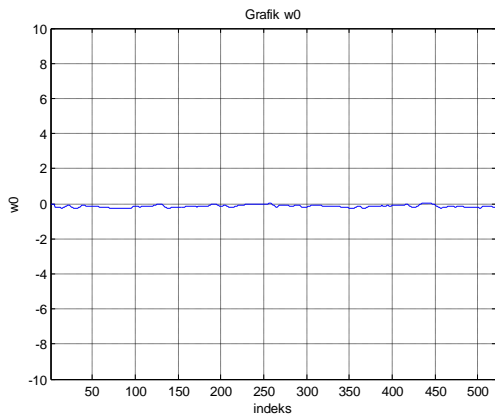
Gambar 7. Gambar *Desired input*



Gambar 8. Keluaran tapis



Gambar 9. Gambar MSE (galat)



Gambar 10. Konvergensi bobot w_0

Bobot maksimal yang dicapai adalah:

-0.2346 -0.2145 -0.1301 -0.0197 0.0752 0.2144

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Langkah adaptasi mempengaruhi unjuk kerja tapis. Langkah adaptasi yang terlalu kecil menyebabkan waktu adaptasi yang lama. Sebaliknya langkah adaptasi yang terlalu besar, mengakibatkan adaptasi yang terlalu jauh. Maka langkah adaptasi harus ditentukan dengan tepat.
2. Bobot mencapai konvergensi adalah pada $\Delta = 1$ adalah pada $L = 6$, dengan waktu paling cepat.
3. Galat kuadrat rerata yang dicapai $\Delta = 0,1$ tidak mengalami perubahan yang signifikan walaupun panjang tapis sudah diubah-ubah, disebabkan penentuan langkah yang terlalu kecil.

4. Pada penelitian ini panjang filter 6 koefisien dan $\Delta = 1$ cukup baik dalam proses penghapusan derau, terbukti galat kuadrat rerata yang cukup kecil, yaitu $9,7688e-007$.

Referensi

- Arthur C. Guyton, 1976 “*Textbook of Medical Physiology*”, fifth Edition, W. B. Saunders Company, Philadelphia and London.
- Geddes, L. A. & Baker, L.E., 1975, *Principle of Applied Biomedical Instrumentation*, Second Edition, Jhon Wiley & Sons, New York.
- Jian Zhongping, and Wang Kangin, *Adaptive Noise Cancellation*, Elec 434 Project Report, 2002
- Widrow, B., and D. S. Stearns, 1985, “*Adaptive Signal Processing*”, New Jersey, Prentice-Hall.