

SKRIPSI

**APLIKASI ADAPTIVE NOISE CANCELLATION FREKUENSI 50
HZ PADA ELECTROCARDIOGRAM**



Oleh :

WELLY OCTANIUS

5103011002

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA
SURABAYA
2016**

SKRIPSI

**APLIKASI ADAPTIVE NOISE CANCELLATION FREKUENSI 50
HZ PADA ELECTROCARDIOGRAM**

Diajukan kepada Fakultas Teknik
Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik
Jurusan Teknik Elektro



Oleh :

WELLY OCTANIUS

5103011002

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA
SURABAYA**

2015

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan skripsi dengan judul "**Aplikasi Adaptive Noise Cancellation Frekuensi 50 Hz pada Electrocardiogram**" benar-benar merupakan hasil karya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dinyatakan dalam teks, seandainya diketahui bahwa laporan skripsi ini ternyata merupakan hasil karya orang lain, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa laporan skripsi ini tidak dapat saya gunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik.

Surabaya,

Mahasiswa yang bersangkutan



Welly Octanius

5103011002

LEMBAR PERSETUJUAN

Naskah skripsi berjudul Aplikasi *Adaptive Noise Cancellation* Frekuensi 50 Hz pada Electrocardiogram yang ditulis oleh Welly Octanius / 5103011002 telah disetujui dan diterima untuk diajukan ke Tim Penguji.



Pembimbing I : Hartono Pranjoto, Ph.D



Pembimbing II : Lanny Agustine ST, MT

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi yang ditulis oleh **Welly Octanius / 5103011002**, telah disetujui pada tanggal 25 Juli 2016 dan dinyatakan LULUS.

Ketua Dewan Penguji



Ir. A. F. Lumban Tobing, MT

NIK. 511.87.0130

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Jurusan Teknik Elektro,



Ir. Suryadi Ismadji, MT, Ph.D

NIK. 521.93.0198



Ir. Albert Gunadhi, ST, MT, IPM

NIK. 511.94.0209

**LEMBAR PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya :

Nama : Welly Octanius

NRP : 5103011002

Menyetujui Skripsi / Karya Ilmiah saya, dengan judul : **“Aplikasi *Adaptive Noise Cancellation* Frekuensi 50 Hz pada Electrocardiogram”** untuk dipublikasikan di Internet atau media lain (*Digital Library* Perpustakaan Unika Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan akademik sebatas sesuai dengan Undang-Undang Hak Cipta.

Demikian pernyataan persetujuan publikasi karya ilmiah ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 25 Juli 2016

Yang Menyatakan,



Welly Octanius

5103011002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulisan laporan skripsi dengan judul “Aplikasi *Adaptive Noise Cancellation* Frekuensi 50 Hz pada Electrocardiogram” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dorongan semangat guna terselesaikannya skripsi ini, serta bimbingan dan pengarahan yang sangat berharga. Oleh karena itu, tepat dan selayaknya bila pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Keluarga yang telah memberikan dukungan dan doa kepada penulis
2. Hartono Pranjoto Ph.D selaku dosen pembimbing I yang memberikan pengarahan dan bimbingan kepada penulis.
3. Lanny Agustine ST, MT, selaku dosen pembimbing II yang memberikan pengarahan dan bimbingan kepada penulis.
4. Albert Gunadhi ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
5. Kepala Laboratorium Sistem Mikro, Laboratorium Instrumentasi Laboratorium Teknik Biomedika, dan Laboratorium Rangkaian & Pengukuran Besaran Listrik yang telah memfasilitasi penulis dalam pengerjaan skripsi.
6. Teman-teman Elektro Angkatan 2011 yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis.
7. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan sumbangan pikiran, ide-ide, dan gambaran

serta dukungan hingga selesainya penulisan laporan kerja praktek ini.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan rahmat-Nya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian laporan skripsi ini. Akhirnya dengan segala hormat dan kerendahan hati, penulis mempersembahkan laporan skripsi ini kepada semua pihak yang berkenan membacanya dan semoga dapat memberikan manfaat yang diharapkan oleh pihak yang bersangkutan.

Surabaya, 7 April 2016



Welly Octanius

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
ABSTRAK	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Metodologi Perancangan	3
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II DASAR TEORI	7
2.1 Sinyal EKG	7
2.2 Segitiga <i>Einthoven</i>	10
2.3 Artefak	12
2.4 Filter	14
2.4.1 <i>Low Pass Filter</i>	15
2.4.2 <i>High Pass Filter</i>	16
2.5 Biopotensial <i>Amplifier</i>	17

2.6	<i>Driven Right Leg</i>	19
2.7	Konfigurasi Pin ATmega 8535	21
2.8	ADC dan DAC	22
2.9	Pengenalan Filter Digital	23
2.10	Filter Adaptif	24
2.11	Struktur Filter Adaptif	25
2.12	Algoritma <i>Least Mean Square</i>	28
BAB III	PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	30
3.1	Perancangan Rangkaian Elektronika	32
3.1.1	<i>Power Supply</i>	32
3.1.2	<i>Biopotensial Amplifier</i>	34
3.1.3	<i>Low Pass Filter</i>	35
3.1.4	<i>High Pass Filter</i>	37
3.1.5	<i>Driven Right Leg</i>	39
3.2	<i>Adaptive Noise Cancellation (ANC)</i>	40
3.3	Perancangan <i>Software</i>	44
3.4	Simulasi <i>Mean Square Error</i> pada Algoritma LMS	48
BAB IV	PENGUKURAN DAN PENGUJIAN ALAT	55
4.1	Pengukuran <i>Power Supply</i>	55
4.2	Pengujian Rangkaian Elektrokardiograf (EKG)	56
4.2.1	<i>Biopotensial Amplifier</i>	56
4.2.2	<i>Inverting Amplifier</i>	61
4.2.3	<i>Low Pass Filter</i>	65
4.2.4	<i>High Pass Filter</i>	69
4.3	Pengujian Keseluruhan Blok Rangkaian Analog	72
4.3.1	Pengujian dengan <i>Input</i> dari EKG Simulator	72
4.3.2	Pengujian dengan <i>Input</i> dari BIOPAC	75
4.3.3	Pengujian dengan <i>Input</i> dari Tubuh Manusia	77

4.4	Pengujian Filter Adaptif	81
4.4.1	Pengujian dengan <i>Input</i> dari <i>Function Generator</i> ..	81
4.4.2	Pengujian dengan <i>Input</i> dari EKG Simulator	85
4.4.3	Pengujian dengan <i>Input</i> dari Tubuh Manusia	87
BAB V	PENUTUP	89
5.1	Kesimpulan	89
	DAFTAR PUSTAKA	91
LAMPIRAN I	Rangkaian Analog EKG	93
LAMPIRAN II	Rangkaian EKG Simulator	94
LAMPIRAN III	Rangkaian DSP <i>Board</i>	95
LAMPIRAN IV	Listing Program Matlab	96
LAMPIRAN V	Listing Program Algoritma LMS	98
LAMPIRAN VI	Daftar Istilah	103
LAMPIRAN VII	Biodata Penulis	104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Bandwidth</i> yang Digunakan pada EKG	8
Gambar 2.2	Bentuk Dasar Sinyal EKG dan Nama Interval	9
Gambar 2.3	Sinyal <i>Output</i> EKG yang Terdistorsi <i>Noise Power</i> <i>Line Interference</i>	10
Gambar 2.4	Segitiga <i>Einthoven</i>	11
Gambar 2.5	Jenis <i>Motion Artifact</i>	13
Gambar 2.6	Jenis <i>Muscle Artifact</i>	14
Gambar 2.7	<i>Low Pass Filter</i>	15
Gambar 2.8	Respon Frekuensi <i>Low Pass Filter</i> dengan Penguatan 10 x	16
Gambar 2.9	<i>High Pass Filter</i>	17
Gambar 2.10	Biopotensial <i>Amplifier</i>	18
Gambar 2.11	Konfigurasi Pin IC AD620	19
Gambar 2.12	<i>Driven Right Leg</i>	20
Gambar 2.13	Konfigurasi Pin ATMega 8535	22
Gambar 2.14	Konfigurasi Pin DAC0808	23
Gambar 2.15	Diagram Blok Filter Digital dengan Sinyal <i>Input</i> dan <i>Ouput</i> Analog	24
Gambar 2.16	Spektrum Sinyal Tumpang Tindih dengan <i>Noise</i>	25
Gambar 2.17	Diagram Blok Filter Adaptif	25
Gambar 3.1	Diagram Blok Keseluruhan Alat	30
Gambar 3.2	Rangkaian <i>Power Supply</i>	33
Gambar 3.3	Rangkaian Biopotensial <i>Amplifier</i>	35
Gambar 3.4	Rangkaian <i>Low Pass Filter</i>	37
Gambar 3.5	Rangkaian <i>High Pass Filter</i>	38
Gambar 3.6	Rangkaian <i>Driven Right Leg</i>	40

Gambar 3.7	Desain Sistem ANC	41
Gambar 3.8	Bentuk Sinyal Referensi	42
Gambar 3.9	Analogi Sinyal Sebelum dan Sesudah <i>Noise Canceling</i>	42
Gambar 3.10	<i>Flowchart</i> dari Sistem ANC	43
Gambar 3.11	<i>Flowchart</i> Pemrosesan <i>Software</i>	45
Gambar 3.12	<i>Flowchart</i> Algoritma <i>Least Mean Square</i>	47
Gambar 3.13	Penggunaan Algoritma LMS terhadap Sinyal <i>Output</i>	50
Gambar 4.1	Sinyal <i>Output</i> Rangkaian Biopotensial <i>Amplifier</i> dengan <i>Input</i> Sinyal Sinus 1 Vp-p 25 Hz	57
Gambar 4.2	Sinyal <i>Output</i> Rangkaian Biopotensial <i>Amplifier</i> dengan <i>Input</i> Sinyal Sinus 1 Vp-p 50 Hz	58
Gambar 4.3	Sinyal <i>Output</i> Rangkaian Biopotensial <i>Amplifier</i> dengan <i>Input</i> Sinyal Sinus 1 Vp-p 75 Hz	58
Gambar 4.4	Sinyal <i>Output</i> Rangkaian <i>Inverting Amplifier</i> dengan <i>Input</i> Sinyal Sinus 0,4 Vp-p 25 Hz	62
Gambar 4.5	Sinyal <i>Output</i> Rangkaian <i>Inverting Amplifier</i> dengan <i>Input</i> Sinyal Sinus 0,4 Vp-p 50 Hz	62
Gambar 4.6	Sinyal <i>Output</i> Rangkaian <i>Inverting Amplifier</i> dengan <i>Input</i> Sinyal Sinus 0,4 Vp-p 75 Hz	63
Gambar 4.7	Grafik Respon <i>Low Pass Filter</i>	66
Gambar 4.8	Sinyal <i>Output</i> Rangkaian <i>Low Pass Filter</i> dengan <i>Input</i> Sinyal Sinus 0,2 Vp-p 100 Hz.....	67
Gambar 4.9	Grafik Respon <i>High Pass Filter</i>	69
Gambar 4.10	Sinyal <i>Output</i> Rangkaian <i>High Pass Filter</i> dengan <i>Input</i> Sinyal Sinus 2 Vp-p 10 Hz.....	70
Gambar 4.11	Sinyal Tahapan Rangkaian EKG	73
Gambar 4.12	Sinyal <i>Output</i> Rangkaian EKG untuk 1 Siklus Sinyal EKG dengan <i>Input</i> dari EKG Simulator	74

Gambar 4.13	Bentuk Gelombang Sinyal <i>Output</i> BIOPAC Sdr. Andrew Aprijanto.....	76
Gambar 4.14	Bentuk Gelombang Sinyal <i>Output</i> BIOPAC Sdr. Christian Oei	76
Gambar 4.15	Bentuk Gelombang Sinyal <i>Output</i> BIOPAC Sdr. Maria Angela	76
Gambar 4.16	Sinyal Rangkaian EKG pada Sdr. Andrew Aprijanto	78
Gambar 4.17	Sinyal Rangkaian EKG pada Sdr. Christian Oei	78
Gambar 4.18	Sinyal Rangkaian EKG pada Sdr. Maria Angela	79
Gambar 4.19	Grafik Respon Frekuensi Filter Adaptif	82
Gambar 4.20	Sinyal <i>Output</i> Filter Adaptif dengan <i>Input</i> Sinyal Sinus 2 Vp-p 100 Hz dari <i>Function Generator</i>	83
Gambar 4.21	Sinyal <i>Output</i> Filter Adaptif dengan <i>Input</i> Sinyal Sinus 2 Vp-p 25 Hz dari <i>Function Generator</i>	83
Gambar 4.22	Sinyal <i>Output</i> Filter Adaptif dengan <i>Input</i> Sinyal Sinus 2 Vp-p 50 Hz dari <i>Function Generator</i>	84
Gambar 4.23	Penggunaan Filter Adaptif terhadap Sinyal <i>Output</i> dengan <i>Input</i> dari EKG Simulator	85
Gambar 4.24	Penggunaan Filter Adaptif terhadap Sinyal <i>Output</i> dengan <i>Input</i> dari <i>EKG Simulator</i> untuk 1 Siklus Sinyal	86
Gambar 4.25	Penggunaan Filter Adaptif terhadap Sinyal <i>Output</i> ...	88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi AD620	19
Tabel 3.1	Penguatan dan Nilai Komponen Biopotensial <i>Amplifier</i> ..	35
Tabel 3.2	Penguatan dan Nilai Komponen <i>Low Pass Filter</i>	37
Tabel 3.3	Nilai Komponen <i>High Pass Filter</i>	38
Tabel 3.4	Penguatan dan Nilai Komponen <i>Driven Right Leg</i>	40
Tabel 3.5	Pengujian MSE Sinyal <i>Output</i>	51
Tabel 3.6	Sinyal <i>Output</i> EKG dengan MATLAB	52
Tabel 4.1	Pengukuran Rangkaian <i>Power Supply</i>	55
Tabel 4.2	Pengujian Rangkaian Biopotensial <i>Amplifier</i>	59
Tabel 4.3	Pengujian Rangkaian <i>Inverting Amplifier</i>	64
Tabel 4.4	Pengujian Respon Frekuensi dan Penguatan Rangkaian <i>Low Pass Filter</i>	68
Tabel 4.5	Pengujian Respon Frekuensi dan Penguatan Rangkaian <i>High Pass Filter</i>	71
Tabel 4.6	Perbandingan BPM dan Amplitudo Sinyal QRS	80
Tabel 4.7	Pengujian Respon Frekuensi Filter Adaptif	82

ABSTRAK

Sinyal EKG merupakan salah satu alat bantu utama yang digunakan untuk melakukan diagnosa kelainan jantung dan bisa juga digunakan untuk menentukan langkah-langkah penanggulangan sebelum dilakukan tindakan medis yang lebih serius. Langkah-langkah utama dalam analisis sinyal EKG adalah menghilangkan atau mengurangi *noise* dari sinyal EKG yang menggunakan berbagai macam teknik *filtering*, serta mendeteksi siklus jantung dengan mendeteksi sinyal QRS kompleks. Namun, dalam skripsi ini, akan dilakukan pengujian sinyal EKG dengan menghilangkan atau mengurangi *noise* pada sinyal EKG yang pola gelombangnya tidak menentu akibat pergerakan anggota tubuh pasien saat proses perekaman sinyal.

Teknik *filtering* yang digunakan adalah filter adaptif yang biasa dinamakan sebagai *Adaptive Noise Cancellation* (ANC). ANC adalah aplikasi filter adaptif yang digunakan untuk mengatasi sinyal yang terdistorsi *noise* dengan menggunakan algoritma *Least Mean Square* (LMS) yang kompatibel untuk *Infinite Impulse Response* (IIR). Pada skripsi ini, ANC yang dibuat akan diaplikasikan pada Elektrokardiogram (EKG). Sinyal EKG yang direkam melalui peletakan sensor pada permukaan tubuh hanya menghasilkan tegangan dalam orde milivolt yang rentan tercampur dengan *noise* sehingga dapat mengakibatkan hilangnya informasi yang dibutuhkan saat perekaman. Salah satu sumber *noise* yang mengganggu sinyal EKG adalah sinyal dengan frekuensi 50 Hz dari jala-jala listrik. Jadi, kegunaan ANC pada kasus ini yaitu untuk meredam *noise* yang ditimbulkan oleh interferensi jala-jala listrik.

ANC pada skripsi ini diprogram pada DSP board dengan menggunakan mikrokontroler ATmega 8535. *Input* yang akan diproses pada DSP board merupakan keluaran dari EKG dan menggunakan algoritma *Least Mean Square* (LMS) untuk membandingkan sinyal *output* EKG terhadap sinyal referensi yang diperoleh dari pemrograman bahasa C dengan tujuan agar *noise* yang sudah tercampur dengan sinyal *output* EKG akan teredam. Dari hasil pengujian *hardware* diperoleh sinyal *output* rangkaian EKG dengan amplitudo 1,8 Vp, penguatan instrumentasi sebesar 10 kali, penguatan *non inverting* sebesar 40,91 kali, *cut-off* frekuensi untuk LPF dan HPF masing-masing pada 100 Hz dan 1 Hz serta penguatan keseluruhan *hardware* sebesar 409,09 kali. Dari hasil pengujian *software*, Peredaman sinyal *output* setelah melalui proses filter adaptif adalah sebesar 17,50 dB terhadap sinyal *input* dan besar MSE sebesar 0,09 dengan koefisien filter 3.

Kata Kunci : ANC, EKG, *Noise*, LMS.

ABSTRACT

ECG signal is one of the main tools used to make the diagnosis of heart abnormalities and can also be used to determine the steps recovery before a more serious medical treatment. The main steps in the analysis of the ECG signal is to eliminate or reduce the noise from ECG signals using a variety of filtering techniques, and detecting of cardiac cycle by detecting QRS complex signal. However, in this thesis, will be testing the ECG signal by eliminating or reducing noise on the ECG signal that wave pattern is uncertain due to the movement of the members of the patient's body during the recording process the signal.

Filtering technique that used is an adaptive filter commonly called as the Adaptive Noise Cancellation (ANC). The ANC is the application of adaptive filter is used to overcome the distorted noise signal by using the Least Mean Square algorithm (LMS) compatible for Infinite Impulse Response (IIR). In this thesis, the ANC made will be applied to the electrocardiogram (ECG). ECG signals were recorded by the sensor on the surface of the body only produces a voltage in the order of milli volts vulnerable mixed with noise that can result in loss of information needed when recording. One source of noise that interfere with the ECG signal is a signal with a frequency of 50 Hz from the grid. Thus, the usefulness of the ANC in this case is to dampen noise caused by interference grid.

ANC in this thesis is programmed on DSP board using microcontroller ATmega 8535. Input will be processed on DSP board is the output of the ECG and using algorithms Least Mean Square (LMS) for comparing the output of the ECG signal to the reference signal obtained from C language programming in order for the noise that has been mixed with the ECG output signal will be damped. From the hardware test results, obtained by the ECG circuit output signal with an amplitude of 1.8 Vp, instrumentation strengthen by 10 times, non-inverting strengthen 40.91 times, cut-off frequency of LPF and HPF respectively at 100 Hz and 1 Hz and the overall hardware strengthen by 409.09 times. From the software test results, damping output signal after going through the process of adaptive filter is equal 17.50 dB of the input signal and MSE value is 0.09 with filter coefficient is 3.

Keywords : ANC, ECG, Noise, LMS.