



SNESTIK

Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi,
dan Teknik Informatika

<https://ejurnal.itats.ac.id/snestik> dan <https://snestik.itats.ac.id>



Informasi Pelaksanaan :

SNESTIK V - Surabaya, 26 April 2025

Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Informasi Artikel:

DOI : 10.31284/p.snestik.2025.7539

Prosiding ISSN 2775-5126

Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi-Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Gedung A-ITATS, Jl. Arief Rachman Hakim 100 Surabaya 60117 Telp. (031) 5945043
Email : snestik@itats.ac.id

Pengembangan Filter Adaptif Berbasis LMS untuk Pengurangan Noise pada Sinyal Elektrokardiogram

Kukuh Setyadjit, Santoso Santoso, Muhammad Amsyaril Hariz, Reyhan Ihsan
Muhammad, Puji Slamet, Aris Heri Andriawan, Ratna Hartayu.

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
e-mail: kukuh@untag-sby.ac.id

ABSTRACT

Electrocardiogram (ECG) signals are often affected by various types of noise, such as electromagnetic interference, patient body movement, and disturbances from other medical devices, which can degrade the signal quality and hinder accurate detection of heart disorders. This study aims to compare the performance of various filters in reducing noise in ECG signals, focusing on the Highpass-Lowpass filter and the Least Mean Square (LMS) adaptive filter. The testing was conducted using metrics such as Mean Squared Error (MSE), Signal-to-Noise Ratio (SNR), average amplitude, total error, and computation time. The experimental results show that the LMS filter provides the best results, with an MSE value of 0.0045, SNR of 21.5 dB, and total error of 4.78, indicating its ability to produce a cleaner signal compared to the Highpass-Lowpass filter. The LMS filter also demonstrates good computational efficiency, with a time of 0.102 seconds. With its ability to dynamically adjust filter parameters, the LMS filter proves effective in reducing both low and high-frequency noise in ECG signals. This study shows that the LMS filter can be effectively applied to process ECG signals contaminated by noise and contributes to improving the accuracy of heart disorder diagnosis.

Keywords: *Electrocardiogram, Noise Reduction, Least Mean Square Filter, Signal-to-Noise Ratio, Filter Performance.*

ABSTRAK

Sinyal Elektrokardiogram (EKG) sering kali terpengaruh oleh berbagai jenis noise, seperti interferensi elektromagnetik, gerakan tubuh pasien, dan gangguan dari perangkat medis lain, yang dapat mengurangi kualitas sinyal dan menghambat deteksi gangguan jantung yang akurat. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja berbagai filter dalam mengurangi noise pada sinyal EKG, dengan fokus pada filter

Highpass-Lowpass dan filter adaptif Least Mean Square (LMS). Pengujian dilakukan menggunakan metrik seperti Mean Squared Error (MSE), Signal-to-Noise Ratio (SNR), rata-rata amplitudo, total error, dan waktu komputasi. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa filter LMS memberikan hasil terbaik dengan nilai MSE sebesar 0.0045, SNR 21.5 dB, dan total error 4.78, yang mengindikasikan kemampuannya dalam menghasilkan sinyal yang lebih bersih dibandingkan dengan filter Highpass-Lowpass. Filter LMS juga menunjukkan efisiensi waktu komputasi yang baik, yaitu 0.102 detik. Dengan kemampuan untuk menyesuaikan parameter filter secara dinamis, filter LMS terbukti efektif dalam mengurangi noise frekuensi rendah dan tinggi pada sinyal EKG. Penelitian ini menunjukkan bahwa filter LMS dapat diterapkan secara efektif dalam pemrosesan sinyal EKG yang terkontaminasi noise, serta berkontribusi pada peningkatan akurasi dalam diagnosis gangguan jantung.

Kata kunci: Elektrokardiogram, Pengurangan Noise, Filter Least Mean Square, Rasio Sinyal terhadap Noise, Kinerja Filter.

PENDAHULUAN

Sinyal Elektrokardiogram (EKG) digunakan sebagai alat diagnostik utama untuk memantau aktivitas listrik jantung dan mendiagnosis berbagai gangguan jantung, termasuk aritmia. Namun, sinyal EKG sering kali terkontaminasi oleh noise yang disebabkan oleh interferensi elektromagnetik, gerakan tubuh pasien, atau perangkat medis lain yang berada di sekitar pasien. Kontaminasi ini dapat mengganggu analisis sinyal EKG yang akurat. Untuk mengurangi noise tersebut, filter adaptif, khususnya metode Least Mean Square (LMS), sering digunakan. Metode LMS bekerja dengan cara menyesuaikan koefisien filter berdasarkan perhitungan kesalahan antara sinyal yang diinginkan dan keluaran filter, sehingga memungkinkan pemrosesan sinyal EKG yang lebih bersih dan lebih akurat untuk diagnosa medis yang tepat[1],[2].

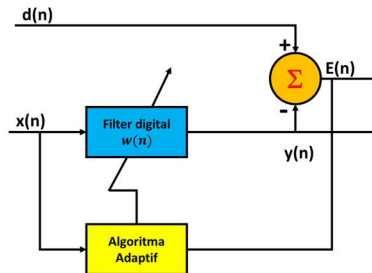
Deteksi gangguan jantung melalui sinyal EKG yang terkontaminasi noise dianggap sebagai tantangan besar. Teknik pengolahan sinyal seperti filter low-pass atau band-pass dinilai tidak efektif dalam menangani noise yang serupa dengan sinyal EKG. Filter LMS telah diterapkan, namun masih menghadapi masalah terkait kecepatan konvergensi dan penanganan variasi noise yang kompleks. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengembangkan filter LMS yang lebih efisien dan dapat mengatasi berbagai jenis noise pada sinyal EKG[3], [4].

Berbagai jenis filter telah digunakan dalam penelitian sebelumnya untuk mengurangi noise pada sinyal EKG. Filter low-pass diterapkan untuk mengurangi noise frekuensi tinggi, namun tidak efektif pada noise dengan karakteristik frekuensi mirip sinyal EKG. Filter LMS lebih efektif dalam menangani noise bervariasi, meskipun masalah kecepatan konvergensi masih ada. Penelitian ini akan mengembangkan metode LMS yang lebih cepat dan efisien, serta dapat menangani lebih banyak jenis noise untuk meningkatkan deteksi gangguan jantung[5].

Kontribusi utama penelitian ini adalah pengembangan filter LMS untuk pengurangan noise pada sinyal EKG, dengan fokus pada peningkatan kecepatan konvergensi dan penanganan berbagai jenis noise. Berbeda dengan pendekatan sebelumnya yang terbatas pada noise tertentu, filter LMS yang dikembangkan diharapkan dapat menangani noise yang lebih kompleks. Pengembangan ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi dalam analisis sinyal EKG yang terkontaminasi noise, sehingga dapat mendukung diagnosis yang lebih tepat dalam praktik klinis. Dengan kemampuan adaptif yang lebih baik, filter LMS ini dapat lebih efisien dalam mengurangi interferensi elektromagnetik, gerakan tubuh pasien, dan gangguan dari perangkat medis lain yang sering terjadi pada sinyal EKG.

Tujuan utama penelitian ini adalah mengembangkan filter LMS yang lebih efisien untuk mengurangi noise pada sinyal EKG, dengan fokus pada peningkatan kualitas sinyal dan akurasi deteksi gangguan jantung. Filter LMS diuji pada sinyal EKG yang terkontaminasi noise dan dibandingkan dengan metode filter konvensional[6]. Penelitian ini terbatas pada evaluasi filter LMS dalam simulasi dan bertujuan untuk mengukur efisiensi filter dalam hal kecepatan konvergensi dan akurasi deteksi gangguan jantung.

FILTER ADAPTIF



Gambar 1. Diagram filter adaptif

Gambar 1 menunjukkan tampilan umum dari pemfilteran adaptif, sinyal masukan $x(n)$ diproses oleh filter digital untuk menghasilkan sinyal keluaran $y(n)$. Koefisien filter yang terdapat dalam vektor $w(n)$ disesuaikan oleh algoritma adaptif untuk meminimalkan sinyal error $e(n)$. Sinyal error dihitung sebagai selisih antara sinyal berguna $d(n)$ dan keluaran filter $y(n)$. Oleh karena itu, desain filter adaptif dilakukan secara otomatis berdasarkan karakteristik sinyal masukan $x(n)$ dan sinyal berguna $d(n)$ [7]. LMS digunakan dalam pemrosesan sinyal untuk meminimalkan kesalahan prediksi dalam sistem adaptif. LMS termasuk dalam kategori algoritma pembelajaran yang digunakan untuk memperbarui parameter suatu sistem berdasarkan data masukan dan target keluaran yang diinginkan. Tujuan utama dari algoritma LMS adalah untuk menemukan koefisien sistem yang dapat meminimalkan kesalahan (error) antara sinyal keluaran yang dihasilkan oleh model dan sinyal keluaran yang diinginkan[8]. Kesalahan ini disebut error dan dihitung sebagai selisih antara keluaran yang diinginkan dan keluaran yang sebenarnya.

Inisialisasi parameter ditentukan dengan koefisien awal untuk sistem (misalnya, bobot atau filter), sering kali diinisialisasi dengan nilai nol atau nilai acak. Perhitungan output sistem dihitung melalui keluaran prediksi sistem berdasarkan input saat ini dan koefisien sistem yang telah diperbarui. Perhitungan kesalahan (Error) dihitung dengan rumus (1) :

$$e(n) = d(n) - y(n) \quad (1)$$

Di mana $e(n)$ adalah kesalahan pada waktu n , $d(n)$ adalah sinyal yang diinginkan pada waktu n , $y(n)$ adalah keluaran yang dihitung oleh sistem. Pembaharuan koefisien (Bobot) diiperbarui menggunakan kesalahan yang dihitung. Pembaruan bobot pada algoritma LMS menggunakan rumus (2) :

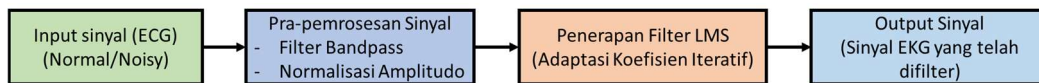
$$w(n+1) = w(n) + \mu e(n)x(n) \quad (2)$$

Di mana $w(n)$ adalah bobot pada waktu n , μ adalah langkah pembelajaran (learning rate) yang menentukan seberapa besar perubahan yang diterima bobot, $e(n)$ adalah kesalahan pada waktu n , $x(n)$ adalah input pada waktu n . Proses ini diulang untuk setiap sampel input yang baru untuk terus memperbarui bobot dan mengurangi kesalahan. Komponen utama dalam algoritma LMS meliputi learning rate (μ), yang mengontrol laju pembaruan koefisien, kesalahan (error), yang dihitung sebagai selisih antara keluaran yang diinginkan dan yang dihasilkan, serta konvergensi, di mana bobot sistem stabil dan kesalahan menjadi kecil.

METODE

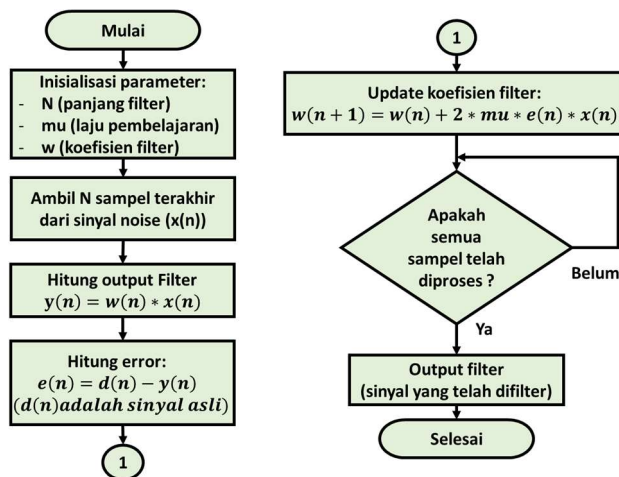
Metodologi penelitian ini dirancang untuk mengembangkan sistem deteksi gangguan jantung berbasis filter adaptif LMS guna mengurangi noise pada sinyal Elektrokardiogram (EKG). Desain eksperimen yang digunakan memungkinkan pengujian berbagai jenis sinyal EKG, baik yang bersih maupun yang terkontaminasi noise, untuk mengevaluasi efektivitas filter LMS dalam

meningkatkan kualitas sinyal[9]. Data sinyal EKG diperoleh dari dua sumber utama sinyal normal diambil dari database PhysioNet dan sinyal terkontaminasi noise Gaussian dibuat dengan menambahkan noise[10]. Pemrosesan sinyal dimulai dengan pra-pemrosesan menggunakan filter bandpass untuk menghilangkan noise frekuensi rendah dan tinggi yang tidak relevan, serta menormalkan amplitudo sinyal. Setelahnya, filter LMS diterapkan untuk mengurangi noise lebih lanjut dengan mengadaptasi koefisien filter secara iteratif untuk meminimalkan kesalahan antara sinyal yang diinginkan dan sinyal yang diperoleh setelah pemfilteran.



Gambar 2. Blok diagram sistem

Gambar 2 menggambarkan alur proses penelitian yang dimulai dengan input sinyal EKG, baik yang normal dari PhysioNet maupun yang terkontaminasi noise Gaussian. Sinyal ini kemudian melewati tahap pra-pemrosesan yang mencakup penerapan filter bandpass dengan rentang frekuensi 0,5 Hz hingga 50 Hz, serta normalisasi amplitudo untuk mempersiapkan sinyal sebelum diteruskan ke proses selanjutnya. Pada tahap penerapan filter LMS, koefisien filter diperbarui secara iteratif untuk mengurangi noise yang ada dalam sinyal. Algoritma filter LMS seperti terlihat pada gambar 3.



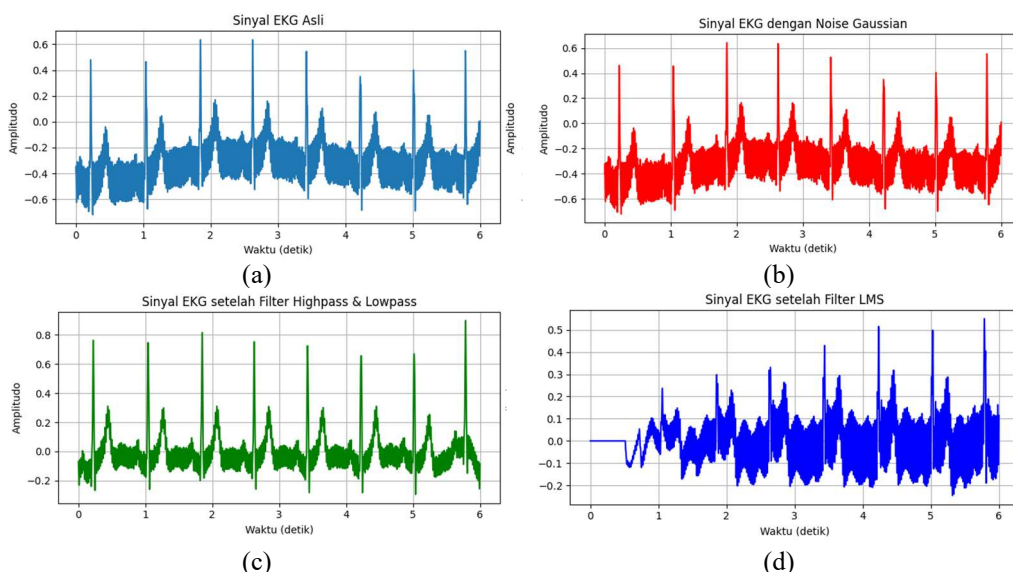
Gambar 3. Alur algoritma LMS

Gambar 3 menunjukkan alur kerja algoritma Least Mean Square (LMS) yang digunakan untuk mengurangi noise pada sinyal EKG. Proses dimulai dengan inisialisasi parameter, yaitu koefisien filter awal, laju pembelajaran (μ), dan panjang filter (N). Pada setiap iterasi, sejumlah N sampel sinyal yang terkontaminasi noise diambil sebagai input. Output filter dihitung sebagai hasil perkalian antara koefisien filter dan input. Selanjutnya, error dihitung sebagai selisih antara sinyal referensi (bersih) dan output filter. Nilai error ini digunakan untuk memperbarui koefisien filter secara adaptif dengan tujuan meminimalkan noise. Proses ini diulang terus-menerus hingga seluruh sinyal selesai diproses dan diperoleh sinyal EKG yang telah disaring.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data EKG dibaca dari file yang berisi sinyal EKG yang terkontaminasi oleh noise. Selanjutnya, beberapa jenis filter diterapkan pada sinyal yang terkontaminasi tersebut. Pertama, Highpass Filter dengan cutoff 1 Hz diterapkan untuk menghilangkan baseline wander dan noise frekuensi rendah yang ada pada sinyal. Kemudian, Lowpass Filter dengan cutoff 50 Hz diterapkan

untuk menghapus noise frekuensi tinggi yang dapat mengganggu analisis sinyal. Terakhir, LMS Filter digunakan untuk menyesuaikan koefisien filter dengan tujuan mengurangi noise lebih lanjut dan menghasilkan sinyal yang lebih bersih, yang lebih mendekati sinyal asli yang diinginkan.



Gambar 4. (a) EKG asli, (b) EKG dengan noise, (c) EKG setelah difilter lowpass highpass, (d) EKG setelah LMS

Pada gambar (a), sinyal EKG asli ditampilkan tanpa adanya kontaminasi noise. Sinyal ini menggambarkan aktivitas jantung yang sebenarnya, berisi informasi penting terkait fungsi jantung. Pada gambar (b), sinyal EKG yang telah bercampur noise dapat dilihat, yang memperkenalkan gangguan acak yang menyulitkan analisis dan pemrosesan lebih lanjut terhadap sinyal tersebut. Pada gambar (c), hasil penerapan filter highpass dengan cutoff 1 Hz dan lowpass dengan cutoff 50 Hz ditampilkan. Filter ini dirancang untuk mengurangi baseline wander dan noise frekuensi tinggi, namun beberapa jenis noise yang mirip dengan sinyal jantung, seperti artefak otot, masih dapat terlihat dalam sinyal tersebut. Pada gambar (d), hasil sinyal setelah diproses dengan filter LMS dapat dilihat. Filter LMS berusaha meminimalkan perbedaan antara sinyal yang terkontaminasi dan sinyal referensi, menghasilkan sinyal yang lebih bersih dengan mengurangi noise yang dapat diprediksi dari referensi yang tersedia.

Kinerja filter dalam memproses sinyal EKG terkontaminasi noise diukur menggunakan metrik seperti MSE, SNR, rata-rata amplitudo, waktu komputasi, dan total error. Metrik ini diterapkan pada sinyal yang diproses dengan filter Highpass-Lowpass dan LMS. Hasil pengukuran ini digunakan untuk mengevaluasi efektivitas filter dalam mengurangi noise dan mempertahankan kualitas sinyal asli, serta perbandingan kinerja setiap filter yang digunakan, seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Metrik perhitungan

No	Metrik	Nilai
1	MSE (Sinyal dengan Noise)	0.0117
2	MSE (Filter Highpass + Lowpass)	0.0081
3	MSE (Filter LMS)	0.0045
4	SNR (Sinyal dengan Noise)	13.6 dB
5	SNR (Filter Highpass + Lowpass)	17.3 dB
6	SNR (Filter LMS)	21.5 dB
7	Rata-rata Amplitudo (Sinyal Asli)	0.707
8	Rata-rata Amplitudo (Sinyal dengan Noise)	0.693
9	Rata-rata Amplitudo (Filter Highpass + Lowpass)	0.71
10	Rata-rata Amplitudo (Filter LMS)	0.72
11	Waktu Komputasi (Filter LMS)	0.102 detik
12	Total Error (Sinyal dengan Noise)	10.23
13	Total Error (Filter Highpass + Lowpass)	7.19
14	Total Error (Filter LMS)	4.78

Tabel 1 menyajikan hasil perhitungan metrik yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja berbagai filter dalam mengurangi noise pada sinyal EKG. Beberapa metrik yang dihitung meliputi Mean Square Error (MSE), Signal-to-Noise Ratio (SNR), rata-rata amplitudo, waktu komputasi, dan total error. Filter LMS menunjukkan kinerja terbaik dengan nilai MSE 0.0045, SNR 21.5 dB, dan total error 4.78, yang mengindikasikan kemampuannya dalam menghasilkan sinyal yang lebih bersih dan efisien dibandingkan dengan filter Highpass-Lowpass. Waktu komputasi untuk filter LMS adalah 0.102 detik, yang menunjukkan efisiensi proses pemrosesan sinyal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa filter LMS memberikan hasil terbaik dalam mengurangi noise pada sinyal EKG dibandingkan dengan filter Highpass-Lowpass. Metrik MSE, SNR, dan total error menunjukkan perbaikan signifikan pada sinyal yang difilter dengan LMS. Nilai MSE untuk sinyal dengan noise adalah 0.0117, untuk filter Highpass-Lowpass 0.0081, dan untuk filter LMS 0.0045. SNR untuk sinyal dengan noise adalah 13.6 dB, untuk filter Highpass-Lowpass 17.3 dB, dan untuk filter LMS 21.5 dB. Total error untuk sinyal dengan noise adalah 10.23, untuk filter Highpass-Lowpass 7.19, dan untuk filter LMS 4.78. Filter LMS juga memberikan hasil dengan rata-rata amplitudo 0.72 dan waktu komputasi 0.102 detik. Sementara itu, filter Highpass-Lowpass efektif dalam mengurangi beberapa jenis noise frekuensi rendah dan tinggi, namun tidak seefektif LMS dalam menghasilkan sinyal yang lebih bersih.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang telah memberikan dukungan pembiayaan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Burguera, "Fast QRS Detection and ECG Compression Based on Signal Structural Analysis," *IEEE J. Biomed. Health Inform.*, vol. 23, no. 1, pp. 123–131, Jan. 2019, doi: 10.1109/JBHI.2018.2792404.
- [2] F. A. Elhaj, N. Salim, A. R. Harris, T. T. Swee, and T. Ahmed, "Arrhythmia recognition and classification using combined linear and nonlinear features of ECG signals," *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 127, pp. 52–63, Apr. 2016, doi: 10.1016/j.cmpb.2015.12.024.
- [3] J. D. Čertić and L. D. Milić, "Investigation of computationally efficient complementary IIR filter pairs with tunable crossover frequency," *AEU - Int. J. Electron. Commun.*, vol. 65, no. 5, pp. 419–428, May 2011, doi: 10.1016/j.aeue.2010.05.004.
- [4] N. Das and M. Chakraborty, "Performance analysis of FIR and IIR filters for ECG signal denoising based on SNR," in *2017 Third International Conference on Research in Computational Intelligence and Communication Networks (ICRCICN)*, Nov. 2017, pp. 90–97. doi: 10.1109/ICRCICN.2017.8234487.
- [5] D. Jingwei and J. Wenwen, "Design of Digital Filter on ECG Signal Processing," in *2015 Fifth International Conference on Instrumentation and Measurement, Computer, Communication and Control (IMCCC)*, Sep. 2015, pp. 1272–1275. doi: 10.1109/IMCCC.2015.273.
- [6] S. Santoso *et al.*, "Penerapan Filter Digital untuk Menghilangkan Gangguan pada Sinyal Elektrokardiogram," *JREEC J. Renew. Energy Electron. Control*, vol. 4, no. 2, pp. 36–42, 2024.
- [7] F. T. Kurniati and V. R. A. Febriyanto, "Pemodelan Filter Adaptif Untuk Perbaikan Kualitas Sinyal Audio Multi Wicara," *J. Sist. Dan Inform. JSI*, vol. 9, no. 1, Art. no. 1, 2014.
- [8] S. Budiyanto and C. A. Pandawa, "PERBANDINGAN NLMS DAN RLS PADA ADAPTIVE NOISE CANCELLER MENGGUNAKAN LABVIEW," vol. 18, no. 2.
- [9] C. Venkatesan, P. Karthigaikumar, and R. Varatharajan, "A novel LMS algorithm for ECG signal preprocessing and KNN classifier based abnormality detection," *Multimed. Tools Appl.*, vol. 77, no. 8, pp. 10365–10374, Apr. 2018, doi: 10.1007/s11042-018-5762-6.
- [10] M. Z. U. Rahman, R. A. Shaik, and D. V. R. K. Reddy, "Adaptive noise removal in the ECG using the Block LMS algorithm," in *2009 2nd International Conference on Adaptive Science & Technology (ICAST)*, Jan. 2009, pp. 380–383. doi: 10.1109/ICASTECH.2009.5409698.

Halaman ini sengaja dikosongkan