

**ANALISIS PERFORMANSI *DENOISING* SINYAL EEG MENGGUNAKAN  
METODE *EMPIRICAL MODE DECOMPOSITION***

***ANALYSIS OF DENOISING PERFORMANCE OF EEG SIGNALS USING  
EMPIRICAL MODE DECOMPOSITION METHODS***

TEGUH DIAN ARIFANDI<sup>1</sup>, Ir. RITA MAGDALENA, M.T.<sup>2</sup>, R YUNENDAH NUR FU' ADAH,  
S.T.,M.T.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[dianteguh94i@gmail.com](mailto:dianteguh94i@gmail.com), <sup>2</sup>[ritamagdalenat@telkomuniversity.ac.id](mailto:ritamagdalenat@telkomuniversity.ac.id), <sup>3</sup>[yunendah@telkomuniversity.ac.id](mailto:yunendah@telkomuniversity.ac.id).

---

**Abstrak**

EEG (*Electroencephalogram*) merupakan sinyal biomedis yang di hasilkan dari aktifitas listrik pada otak, sinyal EEG (*Electroencephalogram*) adalah parameter utama untuk menentukan kondisi otak manusia, pada ilmu biomedis sinyal EEG (*Electroencephalogram*) bersih sangat di butuhkan, tetapi pada setiap perekaman sinyal otak selalu di dapatkan sinyal otak yang terkontaminasi oleh *noise*, sehingga pada penelitian ini akan di lakukan metode untuk membersihkan *noise* yang terdapat pada sinyal otak atau EEG (*Electroencephalogram*), teknik pembersihan ini biasa disebut dengan sistem *Denoising* dan sebagai bahan untuk pengujiannya berupa sinyal otak bersih atau EEG (*Electroencephalogram*) dengan menggunakan metode EMD (*Emphirical Mode Decomposition*).

Pada penelitian Tugas Akhir ini akan dilakukan pengujian denoising terhadap sinyal EEG (*Electroencephalogram*) dengan menggunakan metode EMD (*Emphirical Mode Decomposition*), pengujian dilakukan dengan menggunakan aplikasi Matlab, dataset sinyal EEG (*Electroencephalogram*) bersih yang di ambil dari *database Physionet*, SNR input sebesar 30 dB yang akan ditambahkan pada sinyal EEG (*Electroencephalogram*), serta data sinyal yang di gunakan berupa *noise* AWGN.

Berdasarkan hasil pengujian dengan menggunakan metode EMD, dengan memberikan *noise* AWGN (*Aditive White Gaussian Noise*), didapatakna nilai MSE dan SNR sebagai berikut: EMD dengan *Soft Treshold* memiliki nilai MSE sebesar (0.3159204498 dB) dan SNR (9.0450982065 dB), EMD dengan *Hard Treshold* memiliki nilai MSE sebesar (0.0000506143 dB) dan SNR (27.2450175619 dB) dan EMD dengan *Adaptive Soft Treshold* memiliki nilai MSE sebesar (0.3167121345 dB) dan SNR sebesar (9.0300305627 dB).

**Kata Kunci:** *Denoising*, EEG, EMD, IMF

**Abstract**

---

An EEG (*Electroencephalogram*) is a biomedical signal of the generated by electrical activity in the brain, *Electroencephalogram* (EEG) signals are the main parameters for determining the condition of the human brain, in biomedical science clean *electroencephalogram* signals are needed, but in every brain signal recording always get a brain signal that is contaminated by noise, so that in this study will be done a method to clean the noise contained in the brain signal or EEG

(Electroencephalogram). This Clean technique is commonly called the Denoising system and as an ingredient for testing in the form of clean brain signals or EEG (Electroencephalogram) using the EMD (Empirical Mode Decomposition) method.

On the research of this thesis will do the testing signal denoising against EEG (Electroencephalogram) with either method of EMD (Empirical Mode Decomposition), testing is done using Matlab applications, datasets (EEG signals Electroencephalogram cleanly) taken from the data Base Physionet, a 30 dB input SNR to be added to the signal of EEG (Electroencephalogram), and data signals in use be AWGN noise.

Based on the results of testing using the EMD method, by providing Additive White Gaussian Noise, it is obtained the following MSE and SNR values: EMD with Soft Threshold has an MSE value of (0.3159204498 dB) and SNR (9.0450982065 dB), EMD with Hard Threshold has an MSE value of (0.0000506143 dB) and SNR (27.2450175619 dB) and EMD with Adaptive Soft Threshold has an MSE value of (0.3167121345 dB) and SNR of (9.0300305627 dB).

**Keyword:** Denoising, EEG, EMD, IMF

---

## 1. Pendahuluan

Dalam menghilangkan *noise* pada sinyal EEG diperlukan teknik yang lebih canggih untuk meringankan pekerjaan manusia dan memperkecil tingkat kesalahan untuk mendeteksi kelainan pada otak. Banyak teknik untuk klasifikasi seperti dengan teknik manual, teknik Jaringan Saraf Tiruan (JST), teknik *K-Means clustering* dan lain-lain. Lebih lanjut yang akan digunakan sebagai metode klasifikasi adalah metode *Empirical Mode Decomposition* (EMD) yang melatar belakangi dibuatnya Tugas Akhir ini [3].

*Denoising* merupakan cara menghilangkan atau mereduksi sinyal *noise* sekecil mungkin untuk mendapatkan visualisasi sinyal asli. Konsep yang digunakan dalam *denoising* sinyal adalah menghilangkan atau memberikan *threshold* terhadap komponen dari sinyal yang berfrekuensi tinggi atau yang disebut dengan koefisien detail. Dalam Tugas Akhir ini saya menggunakan metode EMD (*Empirical Mode Decomposition*).

Otak merupakan organ manusia yang memiliki peranan penting dalam kehidupan manusia, pusat pengaturan yang memiliki volume sekitar 1.350cc dan terdiri atas 100juta sel neuron. Saat otak sedang melakukan aktifitas maka akan menghasilkan sinyal elektrik biomedis EEG (*Electroencephalogram*). Aktivitas listrik pada otak manusia dapat dilihat dengan alat *Electroencephalograph*. *Electroencephalograph* merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menangkap aktivitas listrik di lapisan terluar (*celebral cortex*) otak manusia. Hasil sinyal EEG (*Electroencephalogram*) ini berwujud gelombang elektrik yang ukurannya microvolt ( $\mu V$ ). Sinyal ini lah yang ditangkap oleh alat tersebut dan direkam dengan bantuan komputer sehingga aktivitas otak

dapat teridentifikasi. Dalam bidang medis, aktivitas listrik yang dikeluarkan otak manusia dapat digunakan untuk mengetahui kesehatan otak. Sinyal EEG memiliki amplitudo yang rendah ( $5-200\mu\text{V}$ ) dan frekuensi  $0.1 - 30 \text{ Hz}$  [1].

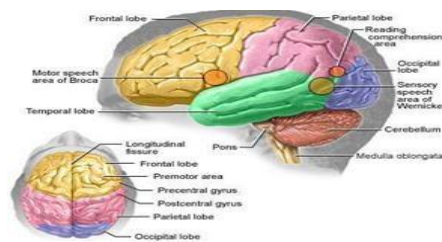
Saat ini banyak penelitian mengenai pengimplementasian sinyal otak pada bidang yang sangat luas seperti bidang biomedis, yang menggabungkan penggunaan ilmu kedokteran serta sains teknologi, namun terdapat kendala yaitu sinyal otak cenderung acak sehingga harus diekstrak dan diidentifikasi dengan baik. Dari segi identifikasi sinyal otak, teknologi EEG memiliki tantangan sebab masih banyaknya *noise* yang diakibatkan oleh sinyal lain dari aktivitas alat yang digunakan [2]. Itu menunjukkan bahwa sinyal yang dikeluarkan otak masih dalam bentuk sinyal asli yang masih memiliki *noise*, untuk itu proses *Denoising* sangat diperlukan.

Tugas Akhir ini memanfaatkan metode EMD untuk membersihkan sinyal yang telah diinterferensi oleh sinyal *noise* AWGN (*Additive White Gaussian Noise*) yang memiliki kemampuan terbaik dalam performansinya. Sehingga di capai nilai SNR, PSNR, dan MSE yang mendekati dengan sinyal aslinya [4].

## Dasar Teori

### 2.1. Elektroensefalografi (EEG)

*Elektroencephalography* (EEG) ilmu perekaman sinyal elektrik di sepanjang kulit kepala. EEG mengukur fluktuasi tegangan yang dihasilkan oleh arus ion di dalam neuron otak. Dalam konteks klinis, EEG mengacu kepada perekaman aktivitas elektrik spontan dari otak selama periode tertentu, biasanya 20-40 menit, yang direkam dari banyak *elektroda* yang dipasang di kulit kepala. *Elektroencephalography* (EEG) adalah Alat untuk merekam aktivitas listrik dari otak dengan menggunakan pena yang menulis di atas gulungan kertas. Tes ini mampu menunjukkan tanda penyakit *alzheimer* dan *epilepsy*. Sumber lain menjelaskan bahwa EEG adalah sebuah pemeriksaan penunjang yang berbentuk rekaman gelombang elektrik sel saraf yang berada di otak yang memiliki tujuan untuk mengetahui adanya gangguan fisiologi fungsi otak [5].



GAMBAR 2. 1. OTAK

### 2.2. Empirical Mode Decomposition (EMD)

Empirical Mode Decomposition (EMD) merupakan bagian mendasar dari transformasi Hilbert-Huang yang dibutuhkan untuk menangani data dari sebuah proses nonstasioner dan nonlinier. Metode penguraian pada EMD berdasarkan pada asumsi sederhana bahwa setiap data terdiri dari mode intrinsik yang berbeda-beda pada sebuah osilasi. Dengan menggunakan EMD,

kumpulan data rumit dapat diuraikan kedalam komponen yang lebih kecil dan jumlah yang terbatas serta memiliki frekuensi dan amplitude sinyal termodulasi yang disebut fungsi mode intrinsik (IMF). IMF (Intrinsic Mode Function) adalah sinyal yang memiliki karakteristik sebagai berikut [13] [14].

**2.3. Metode Threshold**

*Empirical Mode Decomposition* (EMD) merupakan bagian mendasar dari transformasi Hibert-Huang yang dibutuhkan untuk menangani data dari sebuah proses *nonstationer* dan *nonlinier*. Metode penguraian pada EMD berdasarkan pada asumsi sederhana bahwa setiap data terdiri dari mode intrinsik yang berbeda-beda pada sebuah osilasi. Dengan menggunakan EMD, kumpulan data rumit dapat diuraikan kedalam komponen yang lebih kecil dan jumlah yang terbatas serta memiliki frekuensi dan amplitudo sinyal termodulasi yang disebut fungsi mode intrinsik (IMF). IMF (*Intrinsic Mode Function*) adalah sinyal yang memiliki karakteristik sebagai berikut [13] [14].

$$T_j = \hat{\sigma} \sqrt{2 \log n} \tag{2.1}$$

n : jumlah data ,  $\sigma$  : standar deviasi  $T_j$ : *Threshold*

$$\hat{\sigma} = \frac{MAD}{0.6475} \tag{2.2}$$

$\hat{\sigma}$  = standar deviasi  $MAD = median\ absolute\ deviasi$

Donoho dan Johnstone mengusulkan sebuah perkiraan  $\sigma$  yang hanya didasarkan pada koefisien wavelet empiris pada level resolusi tertinggi, karena mereka terdiri dari sebagian besar noise. Sebagian besar informasi fungsi kecuali detail terbaik berada pada koefisien tingkat yang lebih rendah. Median deviasi absolute deviasi (MAD) dinyatakan dalam persamaan

$$MAD = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |w_{j-1,k} - w_{j,k}| \tag{2.3}$$

$w_{j-1}$  = *weavlet koefision*  $j-1$  = level resolusi tertinggi  $k$  = level ketetapan

**2.3.1 SOFT THRESHOLD**

Metode *Soft Thresholding* memiliki perhitungan matematis yaitu dengan mengurangi *samples* IMF dari  $T_j$  menuju nol di definisikan pada *equation* sebagai berikut [7]

$$soft\ threshold: \hat{f}_j = \begin{cases} f_j - T_j & |f_j| \geq T_j \\ 0 & |f_j| < T_j \end{cases} \tag{2.4}$$

$$\hat{f}_j = \begin{cases} f_j + T_j & f_j \leq -T_j \\ 0 & -T_j < f_j < T_j \\ f_j - T_j & f_j \geq T_j \end{cases}$$

Pada metode *Soft Threshold*, saat IMF lebih besar atau sama dengan  $T_j$  akan diset dengan nilai  $IMF - T_j$ . Kemudian saat IMF lebih kecil dari parameter *threshold*  $T_j$  akan diset dengan nilai nol.

**2.3.2 HARD THRESHOLDING**

Pada algoritma *Hard Thresholding* pada ketika nilai IMF lebih kecil dari atau sama dengan parameter *threshold*  $T_j$  akan di set dengan nilai nol [7].

$$\hat{w}_j = \begin{cases} w_j - T_j & |w_j| > T_j \\ 0 & |w_j| \leq T_j \end{cases} \quad (2.5)$$

**2.3.3 ADAPTIVE SOFT THRESHOLDING**

*Adaptive Soft Thresholding* memiliki teknik yang mengkombinasikan nilai *Threshold Adaptive* sebagai modifikasi rumus dari metode *Soft Threshold*, teknik ini digunakan untuk menghilangkan noise dan outlier acak dari sinyal sebelum direkonstruksi, pada intinya rumus *Adaptive Soft Threshold* ini sama dengan rumus *Soft Thresholding*, hanya perbedaannya terdapat pada beberapa kondisi yang memberlakukan *stop processing* dapat dilihat pada sistem algoritmanya sebagai berikut ini [6].

$$\hat{w}_j = \begin{cases} w_j - T_j & |w_j| \geq T_j \\ 0 & |w_j| < T_j \end{cases} \quad (2.6)$$

Pada algoritma *adaptive soft Thresholding*, saat IMF lebih besar atau sama dengan  $T_j$  akan diset dengan nilai  $|w_j| - T_j$ . Kemudian saat IMF lebih kecil dari parameter *threshold*  $T_j$  akan diset dengan nilai  $inf(\infty)$  [7].

**2.4 NOISE PADA EEG**

*AWGN (Additive White Gaussian Noise)*, *AWGN* disebut *white noise* karena seluruh *frekuensi* dalam spektralnya terdiri dari cahaya putih. *White noise* ini memiliki rapat spektral daya yang konstan.

**2.5. PARAMETER PENGUKURAN DENOISING**

PARAMETER PENGUJIAN DENOISING		
MSE	SNR	PSNR
$= \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} (s(n) - \hat{S}(n))^2 \quad (2.1)$ <p>Dimana <math>s(n)</math> didefinisikan sebagai sinyal bersih dan <math>\hat{S}(n)</math> sinyal yang telah di denoising. Dan N adalah panjang sinyal [9]</p>	$= 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{\sum_{n=0}^{N-1}  s(n) ^2}{\sum_{n=0}^{N-1}  \hat{S}(n) ^2} \right)$ <p>Dimana <math>s(n)</math> didefinisikan sebagai sinyal bersih dan <math>\hat{S}(n)</math> sinyal yang telah di denoising. Dan N adalah panjang sinyal [8]</p>	$= 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{255}{\frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1}  s(n) - \hat{S}(n) } \right) \quad (2.3)$ <p>Dimana <math>s(n)</math> didefinisikan sebagai sinyal bersih dan <math>\hat{S}(n)</math> sinyal yang telah di denoising. Dan N adalah panjang sinyal [9]</p>

GAMBAR 2.2. PARAMETER DENOSISNG SINYAL EEG

### 3. Metodologi dan Desain Model

#### 3.1 Desain pengujian

Data yang akan digunakan dalam penelitian berupa sinyal otak bersih atau *cleaned EEG signal* yang diambil dari bank sinyal *Physionet* [10], dan untuk sinyal *noise* diambil dari *database* sinyal di *Physionet*. Untuk sinyal otak bersih yang tersedia terdapat 23 hasil rekam, dan peneliti akan memilih 10 hasil rekan terbaik yang akan dijadikan bahan utama sinyal murni, yang kemudian akan ditambahkan sinyal *noise*.

Sinyal *noise* yang akan disisipkan ke dalam sinyal *EEG* adalah yang tertera pada tabel berikut. Pada umumnya *Additive White Gaussian Noise (AWGN)* merupakan noise yang paling sering digunakan dalam penelitian terkait denoising sinyal

**Tabel 3. 1. Noise yang dipakai**

No	Data Noise	Keterangan
1	AWGN	<i>Additive White Gaussian Noise</i>

Sedangkan untuk *empirical mode decomposition* digunakan beberapa pilihan. metode yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi pemrosesan sinyal EMD yaitu *Soft Thresholding*, *Hard Thresholding* dan *Adaptive Soft Thresholding*. Pada tabel :

**TABEL 3. 2 DATA NILAI TRESHOLDING**

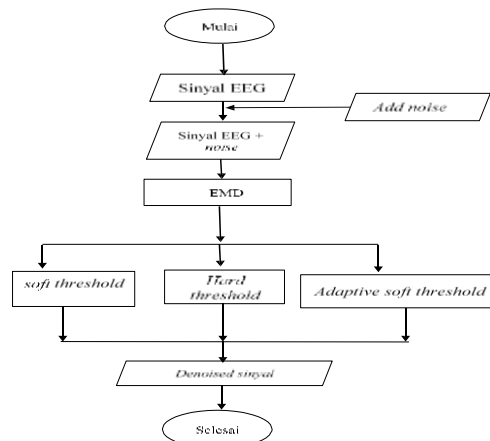
Metode	Nilai Ambang Batas
<i>Sof Thresholding</i>	0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9
<i>Hard Thresholding</i>	0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9
<i>Adaptive Soft Thresholding</i>	0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9

Kemudian untuk metode sinyal EEG yang digunakan adalah sebagai berikut :

**TABEL 3. 3 DATA SINYAL**

Sinyal EEG	Data sinyal .mat	Sinyal EEG	Data sinyal .mat
1. sinyal 1	eeg_12m	1. sinyal 6	eeg_18m
2. sinyal 2	eeg_13m	2. sinyal 7	eeg_19m
3. sinyal 3	eeg_15m	3. sinyal 8	eeg_21m
4. sinyal 4	eeg_16m	4. sinyal 9	eeg_15m
5. sinyal 5	eeg_17m	5. sinyal 10	eeg_6m

### 3.2 Desain Metode



GAMBAR 3. 1. DESAIN PENGUJIAN METODE

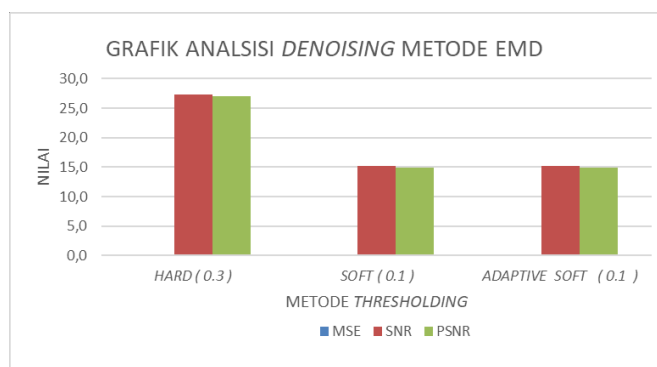
## 4. Analisis dan Hasil Data Pengujian

### 4.1 Tujuan Pengujian

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini yaitu mengetahui metode *denoising* dengan performansi terbaik pada sinyal EEG (*Electroencephalogram*), dengan menggunakan metode EMD yang dipadukan dengan metode *thresholding* serta menggunakan tingkat level 0,1 hingga 0,9. Pada penelitian Tugas Akhir ini dilakukan percobaan pada setiap tahapan *denoising* sehingga diharapkan bisa menghasilkan performansi yang paling maksimal.

### 4.2 Analisis data terbaik Metode EMD

Pada skenario pengujian 1 di lakukan system pengujian *denoising* pada sinyal eeg\_12m, eeg\_13m, eeg\_15m, eeg\_16m, eeg\_17m, eeg\_18m, eeg\_19m, eeg\_21m, eeg\_15m, eeg\_6m. Dengan menggunakan metode EMD yang di kombinasikan dengan *Hard tresholidng*, *Soft tresholidng*, *Soft Adaptive tresholidng*. Dengan menggunakan nilai level *thresholding* 0.1– 0.9 ,*noise* yang digunkan yaitu AWGN (*Additive White Gaussian Noise* ). Metode di katakan baik jika nilai  $MSE \approx 0$ ,  $SNR \approx 30$  atau  $\geq 30$ , dan  $PSNR \approx 30$  atau  $\geq 30$  [9]



Gambar 4.1 Grafik analisis

Didapatkan hasil performansi *denoising* terbaik pada metode EMD dengan *Hard Threshold* yaitu pada level 0.3 dengan rincian nilai pada MSE sebesar **(0.0000377614)dB** dan SNR dengan rincian nilai sebesar **(27.3413)dB**. Dengan begitu di ketahui bahwa metode EMD *Hard Thresholding* sesuai dengan Teori yang menyebutkan bahwa *Hard Thresholding* semua koefisien Framelet lebih besar dari nilai ambang yang diberikan dipertahankan, dan sisanya koefisien dibuat nol [11].

## 5. Kesimpulan

Penelitian Tugas Akhir ini berhasil melakukan validasi terhadap metode-metode EMD *thresholding* karena telah berhasil memenuhi tujuan yang dibuat pada bab 1, antara lain yaitu:

1. Menemukan nilai *threshold* terbaik untuk metode-metode *denoising*. Pada *noise Additive White Gaussian Noise*, metode *Soft thresholding* dan *Adaptive Soft Thresholding* memiliki performansi terbaik dengan nilai *threshold* 0.1. Metode *Hard Thresholding* memiliki performansi terbaik pada nilai *threshold* 0.3.
2. Melakukan validasi pada metode *denoising*. Metode *Hard Thresholding* memiliki performansi terbaik untuk *noise* AWGN. Untuk *noise* AWGN metode *Hard Thresholding* menunjukkan performansi terbaik dengan nilai MSE (0.0000377614 dB), dan nilai SNR serta PSNR yaitu (27.3413 dB) dan (27.0381 dB).
3. Berdasarkan kesimpulan nomor dua, metode *thresholding* terbaik adalah *Hard thresholding* untuk semua *noise*. Telah dibuktikan dengan percobaan pada skenario 1 dan

## Daftar Pustaka

- [1] Y. Mahaputra, A. Rizal, Y. S. Hariyani, F. I. Terapan, and U. Telkom, "PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ALAT PENANGKAP AKTIFITAS LISTRIK PADA OTAK MANUSIA (EEG) YANG TERINTEGRASI DENGAN SISTEM OPERASI WINDOWS 8."
- [2] "PEMANFAATAN SINYAL OTAK UNTUK DETEKSI NARKOBA," 2017. [Online]. Available: <http://lipi.go.id/lipimedia/PEMANFAATAN-SINYAL-OTAK-UNTUK-DETEKSI-NARKOBA/18328>. [Accessed: 23-Apr-2017].
- [3] R. Dewi, B. Hidayat, and A. Rizal, "Sistem Deteksi Kelainan Jantung Menggunakan Sinyal Elektrokardiogram dengan Metode Empirical Mode Decomposition," pp. 1–6.
- [4] F. Riaz, A. Hassan, S. Rehman, I. K. Niazi, and K. Dremstrup, "EMD based Temporal and Spectral Features for the Classification of EEG Signals Using Supervised Learning," *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.*, vol. PP, no. 99, p. 1, 2015.
- [5] "Elektroensefalografi." [Online]. Available: <https://id.wikipedia.org/wiki/Elektroensefalografi>. [Accessed: 30-Apr-2017].
- [6] D. L. Donoho, "De-Noising by Soft-Thresholding," *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. 41, no. 3, pp. 613–627, 1995.
- [7] A. O. Boudraa and J. C. Cexus, "Denoising via Empirical Mode Decomposition," *Proc. IEEE ISCCSP*, vol. 2, no. Ea 3876, pp. 1–4, 1999.
- [8] A. Vijayasankar, "Correction of Blink Artifacts from Single Channel EEG by EMD-IMF Thresholding," vol. 1, pp. 176–180, 2018.
- [9] N. K. Al-Qazzaz, S. Ali, S. A. Ahmad, M. S. Islam, and M. I. Ariff, "Selection of mother wavelets thresholding methods in denoising multi-channel EEG signals during working memory task," *IECBES 2014, Conf. Proc. - 2014 IEEE Conf. Biomed. Eng. Sci. "Miri, Where Eng. Med. Biol. Humanit. Meet."*, no. December, pp. 214–219, 2015.
- [10] "physionet." [Online]. Available: <https://physionet.org/pn4/motion-artifact/>.
- [11] M. Cyriac, "Denoising of ECG Signals using the Framelet Transform Denoising of ECG Signals using the Framelet Transform," no. July, 2015.