

# PERBANDINGAN PERFORMANSI DENOISING MENGGUNAKAN DISCRETE WAVELET TRANSFORM DAN METODE EMPIRICAL MODE DECOMPOSITION PADA SINYAL EEG

## COMPARISON OF DENOISING PERFORMANCE USING DISCRETE WAVELET TRANSFORM AND EMPIRICAL MODE DECOMPOSITION ON EEG SIGNAL

RAHMAD HIDAYATULLAH SALAM<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>rahmadhidayat@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>ritamagdalenat@telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup>yunendah@telkomuniversity.ac.id.

### Abstrak

Penelitian ini merancang sebuah sistem *denoising* untuk merekonstruksi sinyal EEG (*Electroencephalogram*). *Denoising* pada sinyal EEG penting dilakukan karena adanya *noise* yang tidak diinginkan sehingga dalam analisis sinyal EEG sulit mendapatkan informasi sinyal yang sebenarnya. Pada penelitian ini terdapat dua kasus yaitu sinyal EEG bersih akan diberikan dua noise yang berbeda yaitu *Additive White Gaussian Noise* (AWGN) dan *Ocular Noise* yang kemudian pada masing-masing kasus akan di *denoising* dengan menggunakan dua metode yaitu *Empirical Mode Decomposition* (EMD) dan *Discrete Wavelet Transforms* (DWT). Pengujian dilakukan untuk memperoleh parameter-parameter pengukuran yaitu *Mean Squared Error* (MSE), *Signal-to-Noise Ratio* (SNR), serta *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR).

Berdasarkan hasil pengujian terhadap 5 data sinyal EEG, *denoising* terbaik untuk AWGN dilakukan oleh metode DWT dengan basis wavelet *DB12*, *threshold method SURE* dengan *hard threshold* dan level dekomposisi 6 dengan nilai MSE 0,000029, SNR 27,97dB serta PSNR 26,20 dB. Pada percobaan *Ocular Noise*, DWT dengan Basis Wavelet *DB12* dan level dekomposisi 1 menunjukkan hasil terbaik pada SNR sebesar 29,99 dB PSNR 23,76 dB, sedangkan untuk hasil MSE terbaik sebesar 0,00060 diberikan oleh metode EMD dengan *hard thresholding* pada nilai dekomposisi 0,1.

**Kata kunci:** *Electroencephalogram* (EEG), *Empirical Mode Decomposition* (EMD), *Denoising*, *Discrete wavelet Transform* (DWT).

### Abstract

*This Project designed a denoising system to reconstruct EEG (Electroencephalogram) signals. Denoising the EEG signal is important because there is unwanted noise so that in the EEG signal analysis it is difficult to get the actual signal information. In this study there are two cases, namely the clean EEG signal will be given two different noise, namely Additive White Gaussian Noise (AWGN) and Ocular Noise, which in each case will be denoised using two methods namely Empirical Mode Decomposition (EMD) and Discrete Wavelet Transforms (DWT). Testing is done to obtain measurement parameters, namely Mean Squared Error (MSE), Signal-to-Noise Ratio (SNR), and Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR).*

*Based on the test results of 5 EEG signal data, the best denoising for AWGN is done by the DWT method with DB12 Wavelet Base, Threshold Method SURE with hard threshold and Decomposition Level 6 with MSE values of 0.000029, SNR 27.97 dB and PSNR 26.20 dB. In the Ocular Noise experiment, DWT with DB12 Wavelet Base and decomposition level 1 showed the best results at SNR of 29.99 dB PSNR 23.769 dB, while the best MSE results of 0.00060 were given by EMD method with hard thresholding at decomposition value 0.1.*

**Keywords:** *Electroencephalogram* (EEG), *Denoising*, *Empirical Mode Decomposition* (EMD), *Discrete wavelet Transform* (DWT).

## 1. PENDAHULUAN

Sinyal EEG (*electroencephalogram*) merupakan sinyal hasil perekaman aktifitas listrik di otak yang digunakan secara luas di bidang kesehatan seperti untuk mendiagnosis, memantau, dan mengelola gangguan neurologis serta dalam bidang penelitian teknologi dan kesehatan seperti untuk mendiagnosis epilepsi dan penyakit Alzheimer. Namun dalam prosesnya, *electroencephalogram* tidak menghasilkan sinyal otak yang benar-benar bersih karena adanya campuran berbagai noise dari beberapa aktivitas biologis yang tidak diinginkan selama perekaman (*artifacts*) yang membuat analisis sinyal EEG sulit untuk dibaca sinyal informasi yang sebenarnya<sup>[1]</sup>. Untuk hal tersebut dilakukan metode yang disebut dengan *denoising*. *Denoising* adalah metode pemrosesan sinyal yang merekonstruksi sinyal dari sebuah *noisy signal* dan bertujuan untuk menghilangkan *noise* namun tetap mempertahankan sinyal informasi asli.

Pada penelitian ini digunakan sinyal EEG hasil penelitian<sup>[2][3]</sup> sebagai dasar sinyal EEG asli dalam penelitian ini. *Noise* yang digunakan sebagai sinyal pengganggu adalah sinyal *Additive White Gaussian Noise* (AWGN) dan *Ocular Noise* yang diperoleh dari penelitian<sup>[4]</sup>. Dalam melakukan *denoising* pada penelitian ini

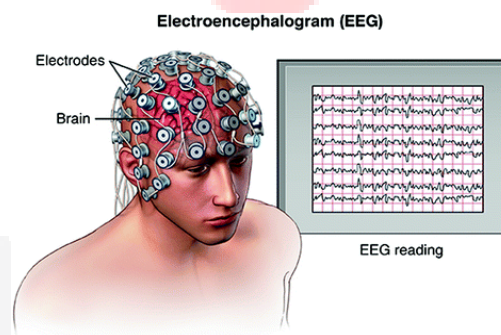
peneliti menggunakan dua metode yaitu *Empirical Mode Decomposition* (EMD) dan *Discrete Wavelet Transforms* (DWT). Pada metode DWT menggunakan *wavelet families Haar, sym2, sym3, sym4, sym6, sym7, sym8, db2, db4, db12, bior1.5, bior2.6, bior3.7, dan bior3.9*. Berdasarkan data sinyal EEG bersih dan metode di atas, pada penelitian ini akan dilakukan validasi dengan menguji serta membandingkan kinerja masing – masing metode *denoising* terhadap sinyal EEG yang telah diberi *noise*. Diharapkan dalam penelitian ini proses pengujian *denoising* dilakukan secara objektif agar memperoleh metode *denoising* terbaik untuk sinyal EEG dengan menggunakan parameter *Minimum Squared Error* (MSE), *Signal-to-Noise Ratio* (SNR), serta *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR)

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Electroencephalograph (EEG)

*Electroencephalograph* (EEG) adalah metode fisiologis untuk merekam aktivitas listrik yang dihasilkan oleh otak melalui elektroda yang ditempatkan pada permukaan kulit kepala. EEG mengukur fluktuasi tegangan yang dihasilkan arus ion di dalam neuron otak. EEG adalah salah satu teknik pencitraan otak tercepat yang tersedia karena sering memiliki tingkat sampling yang tinggi [6].

Alat untuk merekam sinyal EEG ini disebut dengan Electroencephalogram. Dalam pengukuran sinyal dengan EEG memiliki aturan penempatan elektroda di kulit kepala agar sinyal yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan. Penempatan elektroda ini berdasarkan metode dari International Federation of Society of Electroencephalogram.



Gambar 1 *Electroencephalograph* [5].

### 2.2 PhysioNet Dataset EEG Signal

*PhysioNet* merupakan website yang menyediakan berbagai rekaman sinyal fisiologis yang dapat diakses secara gratis dalam menu *PhysioBank* yang telah diakui oleh ODC Public Domain Dedication and License v1.0 [3]. Salah satunya adalah data yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini yaitu data EEG clean hasil dari kontribusi dari Kevin Sweeney beserta tim dari National University of Ireland di Maynooth pada jurnalnya yang berjudul “A Methodology for Validating Artifact Removal Techniques for Physiological Signals” [2].

Databank di *PhysioNet* tersebut berisi contoh data rekaman *Electroencephalogram* (EEG) yang dibuat untuk mengevaluasi metode *denoising artifact* [3]. Pada penelitian Tugas Akhir ini hanya menggunakan 5 dari 23 rekaman EEG yang tersedia.



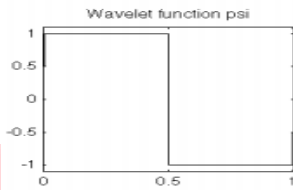
Gambar 2 Data eeg\_1m Dari *Physionet*

### 2.3 Discrete Wavelet Transform

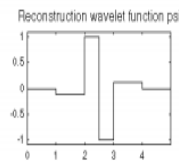
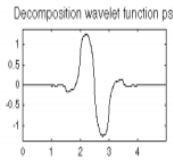
*Discrete Wavelet Transform* (DWT) adalah transformasi wavelet yang sampel waveletnya diskret. Pada DWT, sebuah sinyal harus dilewatkan dalam dua filterisasi yaitu *highpass filter* (HPF) dan *lowpass filter* (LPF) agar frekuensi dari sinyal tersebut dapat dianalisis. Analisis terhadap frekuensi dilakukan dengan menggunakan resolusi yang dihasilkan setelah sinyal melewati filterisasi digital. Analisis frekuensi yang berbeda dengan menggunakan resolusi yang berbeda pula inilah yang disebut dengan *multiresolutional analysis*. Secara garis besar proses dalam teknik ini adalah dengan melewati sinyal yang akan dianalisis pada filter dengan frekuensi dan skala yang berbeda [7].

### 2.4 Basis Wavelet

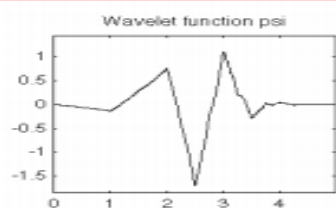
Tahap pertama analisis wavelet adalah menentukan tipe wavelet, yang disebut dengan *mother wavelet* atau *analysing wavelet*, yang akan digunakan. Hal ini perlu dilakukan karena fungsi *wavelet* sangat bervariasi dan dikelompokkan berdasarkan fungsi dasar masing-masing



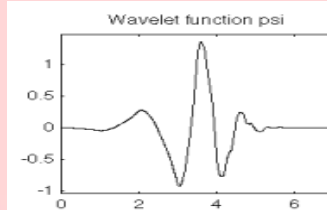
Gambar 3 Grafik Wavelet Haar<sup>[8]</sup>



Gambar 4 Grafik Wavelet biorthogonal<sup>[8]</sup>



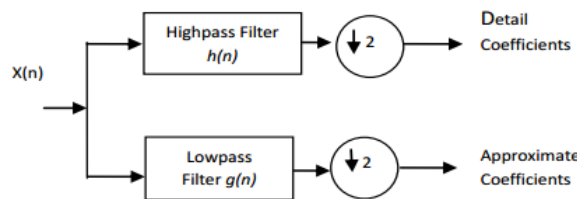
Gambar 5 Grafik Wavelet Symlet<sup>[8]</sup>



Gambar 6 Grafik Wavelet Daubechies<sup>[8]</sup>

**2.5 Dekomposisi Wavelet**

Dekomposisi adalah bagian dari proses *wavelet* yang memecah sinyal ke dalam komponen – komponen yang memiliki resolusi yang lebih rendah <sup>[7][9]</sup>. *Discrete wavelet transform* melakukan proses penguraian sinyal menjadi dua bagian yaitu *Approximation Coefficients* (AC) yang didalamnya mengandung informasi aproksimasi dari *Lowpass Filter* dan *Detailed Coefficients* (DC) yang didalamnya memberikan informasi detail berupa *High Pass Filter*.



Gambar 7 Proses Dekomposisi <sup>[11]</sup>

**2.6 Metode Thresholding**

*Thresholding techniques* merupakan suatu metode *filtering* dengan menggunakan teknik estimasi sinyal dengan mengeksploitasi sinyal *denoising* <sup>[7]</sup>. Teknik *Thresholding* berfungsi untuk mengurangi *noise* melalui nilai koefisien yang diatur atau dikurangi sehingga nilai lebih rendah dari nilai *threshold* <sup>[7]</sup>

Tabel 1. Metode *Thresholding* Pada DWT

| <i>UNIVERSAL</i> <sup>[15]</sup>  | <i>SURE</i> <sup>[15]</sup>  | <i>MINIMAX</i> <sup>[15]</sup>   | <i>HEURISTIC</i> <sup>[15]</sup>  |
|---|--|--|---|
| <p>Nilai <i>threshold</i> pada metode ini diukur dengan persamaan (1)</p> $th_j = \sigma_j \sqrt{2 \log(N_j)} \quad (1)$ <p>Dengan N merupakan panjang sinyal dan <math>\sigma</math> merupakan standar deviasi. Nilai <math>\sigma</math> dihitung dengan rumus sebagai berikut<sup>[10]</sup>:</p> $\sigma = MAD/0.675 \quad (2)$ | <p>Nilai <i>threshold</i> pada metode ini diukur dengan persamaan (3) :</p> $th_j = \sigma_j \sqrt{W_b} \quad (3)$ <p><math>W_b</math> adalah koefisien kuadrat (koefisien dengan nilai resiko kecil) yang dipilih dari vektor <math>W = (w_1, w_2, w_3, \dots, w_N)</math> Vektor ini mengandung nilai-nilai koefisien <i>wavelet</i> kuadrat, dari nilai kecil ke nilai besar. Dimana <math>\sigma</math> adalah standar deviasi dari sinyal <i>noise</i>.</p> | <p>Metode ini memakai nilai tetap dan menghasilkan kinerja <i>minimax</i> terhadap nilai MSE pada prosedur yang ideal. Nilai <i>threshold</i> ini didapatkan ketika menentukan nilai <i>minimum error</i> antara <i>wavelet</i> dari sinyal <i>noise</i> dan original sinyal</p> | <p>Metode ini merupakan gabungan dari sebuah metode <i>sure</i> dengan metode <i>global threshold</i> ketika nilai SNR dari sinyal kecil, maka nilai <i>sure</i> akan mengandung banyak <i>noise</i><sup>[10]</sup></p> |

**2.7 Empirical Mode Decompositon**

*Empirical Mode Decomposition* (EMD) merupakan metode memecah sinyal tanpa meninggalkan domain waktu. Ini dapat dibandingkan dengan metode analisis lain seperti *Fourier Transforms* dan dekomposisi wavelet.

Proses ini berguna untuk menganalisis sinyal alami, yang paling sering *non-linear* dan *non-stasioner*. Metode EMD membagi sinyal menjadi dua bagian, yaitu *Intrinsic Mode Function* (IMF) dan komponen sisa atau komponen residu. Metode EMD melakukan perhitungan berulang ulang hingga didapatkan nilai IMF yang optimal dan residu yang konstan. Sekumpulan IMF ini jika dijumlahkan bersama sama beserta komponen sisa (residu), akan menghasilkan kembali sinyal asalnya tanpa ada informasi yang hilang.

### 2.7.1 Metode Thresholding Pada EMD

Metode Thresholding pada DWT merupakan metode filtering dengan menggunakan teknik estimasi sinyal dengan mengeksploitasi sinyal *denoising* [16]. Teknik *thresholding* berfungsi untuk mengurangi *noise* melalui nilai koefisien yang diatur atau dikurangi sehingga nilai lebih rendah dari nilai *threshold* [16][14]. Dalam pengembangannya ada beberapa teknik *thresholding* yang bisa diterapkan dalam proses *denoising* sinyal EEG, yaitu *Visu Shrink*, *Sure Shrink*, *Heursure*, *Minimax*, dengan pilihan masukan *soft threshold* dan *hard threshold* pada masing-masing teknik *thresholding*.

$$T_j = \sigma \sqrt{2 \log n} \quad (4)$$

$T_j$  = parameter *threshold*  
 $n$  = panjang sinyal  
 $\sigma$  = standar deviasi

#### 2.8.1.1 Hard Thresholding

Pada metode *hard thresholding* pada ketika nilai IMF lebih kecil dari atau sama dengan parameter *threshold*  $T_j$  akan di set dengan nilai nol [11].

$$\text{Hard Thresholding} = \begin{cases} IMF_j(t) & \text{if } |IMF_j(t)| > T_j \\ 0 & \text{if } |IMF_j(t)| < T_j \end{cases} \quad (5)$$

#### 2.8.1.2 Soft Thresholding

Metode *soft thresholding* memiliki perhitungan matematis yaitu dengan mengurangi samples IMF dari  $T_j$  menuju nol. 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 [12]

$$\text{Soft Threshold} = \begin{cases} IMF_j(t) - T_j & \text{if } IMF_j(t) \geq T_j \\ 0 & \text{if } |IMF_j(t)| < T_j \\ IMF_j(t) + T_j & \text{if } IMF_j(t) \leq -T_j \end{cases} \quad (6)$$

## 2.9 Parameter Hasil Pengujian

### 2.9.1 Signal to Noise Ratio (SNR)

$$\text{SNR} = 10 \log_{10} \left( \frac{\sum_{n=0}^{N-1} s[n]^2}{\sum_{n=0}^{N-1} (s[n] - \tilde{s}[n])^2} \right) \quad (7)$$

Dengan  $s(n)$  didefinisikan sebagai sinyal bersih dan  $\tilde{s}(n)$  adalah sinyal yang telah di-*denoising*

### 2.9.2 Mean Square Error (MSE)

$$\text{MSE} = \frac{1}{N} \left( \sum_n (x_d(n) - x(n))^2 \right) \quad (8)$$

Dengan  $s(n)$  didefinisikan sebagai sinyal bersih dan  $\tilde{s}(n)$  adalah sinyal yang telah di-*denoising*

### 2.9.3 Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)

$$\text{PSNR} = 10 \log_{10} \left( \frac{f_{max}^2}{\text{MSE}} \right) \quad (9)$$

Dimana  $f_{max}^2$  merupakan nilai maksimum dari sinyal

## 3. PERANCANGAN SISTEM

### 3.1. Data

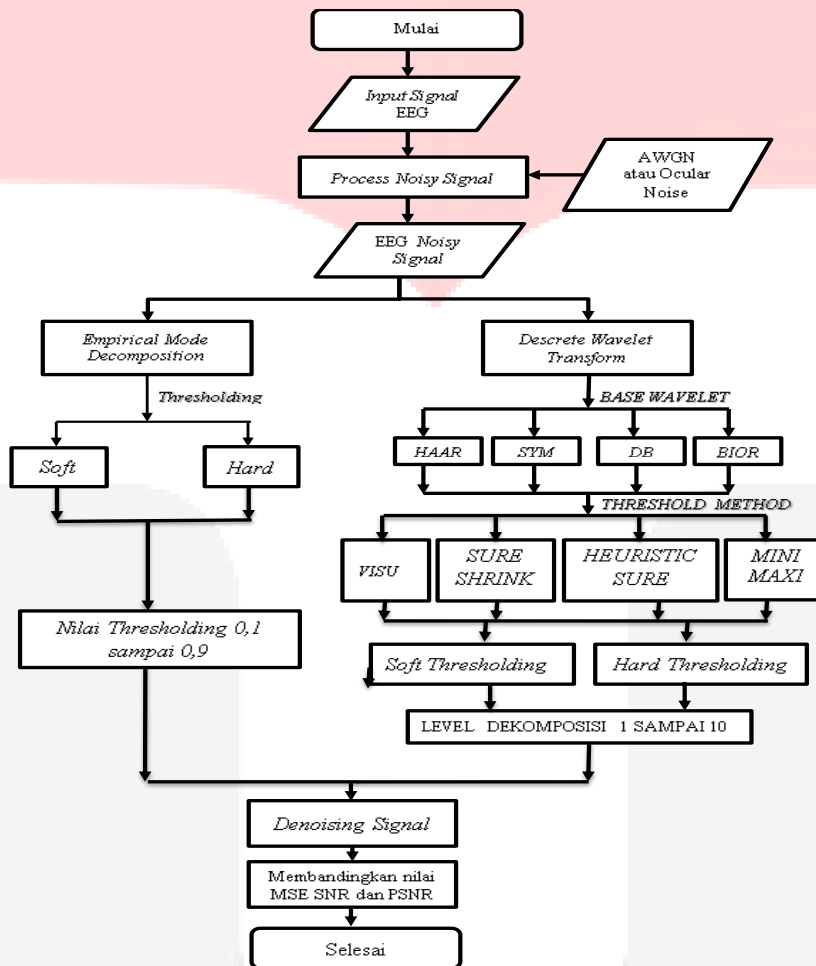
Data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah berupa sinyal otak bersih atau *cleaned EEG signal* yang diambil dari bank sinyal *Physionet*, dan untuk sinyal *noise* diambil dari penelitian [4]. Untuk sinyal otak bersih yang tersedia terdapat 23 hasil rekaman, dan peneliti akan memilih 5 hasil rekam terbaik yaitu *eeg\_1m*, *eeg\_3m*, *eeg\_13m*, *eeg\_7m*, dan *eeg\_9m* yang dijadikan bahan utama sinyal EEG bersih, yang kemudian ditambahkan dengan AWGN dan *Ocular Noise*. Basis wavelet yang digunakan pada metode *wavelet* berjumlah 13 yaitu *Haar*, *Sym3*, *Sym4*, *Sym6*, *Sym7*, *Sym8*, *Bior1.5*, *Bior2.6*, *Bior3.7*, *Bior3.9*, *db2*, *db4*, dan *db12*. Kemudian kemudian untuk *thresholding method* menggunakan *VISU*, *SURE*, *Heuristic Sure*, dan *Minimax* dengan level dekomposisi 1 sampai 10. Kemudian untuk EMD, algoritma yang akan digunakan sebagai pembandingan adalah *soft* atau *hard thresholding* nilai 0,1 sampai 0,9

### 3.2. Desain Model

#### 3.2.1. Desain Metode

Pengujian dilakukan terhadap 5 sinyal EEG bersih yang tersedia di *PhysioNet*. Kelima data tersebut adalah *eeg\_1m*, *eeg\_3m*, *eeg\_13m*, *eeg\_7m*, dan *eeg\_9m*. Noise yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 2

yaitu *Additive White Gaussian Noise* (AWGN) dan *Ocular Noise*. Masing-masing noise tersebut kemudian ditambahkan untuk mengganggu sinyal EEG bersih yang akan selanjutnya memasuki proses *denoising* secara bergantian. Untuk *denoising* sinyal EEG pada metode EMD menggunakan 2 metode *thresholding* yaitu *hard thresholding* dan *soft thresholding* dengan nilai *thresholding* 1 sampai 10. Sedangkan untuk *denoising* sinyal EEG dengan metode DWT digunakan beberapa basis wavelet yaitu *haar*, *daubichies*, *biorthogonal*, dan *symlet*. Sedangkan untuk *thresholding*-nya menggunakan metode aturan pemilihan *threshold* (*the threshold selection rule*) yang sudah tervalidasi yaitu *visu shrink*, *sure shrink*, *heuristic sure*, dan *minimax* dimana pada masing-masing diberikan input *soft thresholding* dan *hard thresholding*, kemudian level dekomposisi yang digunakan adalah pada level 1 sampai 10.



Gambar 8 Flowchart Pelaksanaan Penelitian

**4. PENGUJIAN DAN ANALISA**

**4.1 Tujuan Pengujian**

1. Membandingkan dan merealisasikan metode *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan *Empirical Mode Decomposition* (EMD).
2. Mengetahui hasil dari *Mean Square Error* (MSE), *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR).
3. Dapat memperbandingkan performansi *denoising* antara metode DWT dan EMD dalam sinyal EEG terhadap AWGN dan *Ocular noise* dari hasil MSE, SNR, dan PSNR

**4.2 Analisis Pengujian metode *Discrete Wavelet Transform***

**4.2.1 Uji Coba Pada AWGN**

Tabel 2. Uji COba Basis Wavelet Pada AWGN

| DATA SINYAL  | BASIS WAVELET | MSE          | SNR (dB)      | PSNR (dB)     |
|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| 5 Sinyal Uji | DB12          | 0,0001287645 | 25,5471790806 | 23,7838564173 |
| 5 Sinyal Uji | SYM7          | 0,0001291011 | 25,5408576275 | 23,7775349643 |
| 5 Sinyal Uji | SYM6          | 0,0001292422 | 25,5382418697 | 23,7749192064 |

|              |                |              |               |               |
|--------------|----------------|--------------|---------------|---------------|
| 5 Sinyal Uji | <i>SYM8</i>    | 0,0001292450 | 25,5362717506 | 23,7729490874 |
| 5 Sinyal Uji | <i>DB4</i>     | 0,0001296747 | 25,5239444136 | 23,7606217503 |
| 5 Sinyal Uji | <i>BIOR3.9</i> | 0,0001297828 | 25,5239190894 | 23,7605964262 |
| 5 Sinyal Uji | <i>SYM4</i>    | 0,0001298414 | 25,5213361858 | 23,7580135225 |
| 5 Sinyal Uji | <i>BIOR2.6</i> | 0,0001306136 | 25,5095897861 | 23,7462671229 |
| 5 Sinyal Uji | <i>BIOR3.7</i> | 0,0001307980 | 25,5004609770 | 23,7371383138 |
| 5 Sinyal Uji | <i>SYM3</i>    | 0,0001312991 | 25,4793826931 | 23,7023952352 |
| 5 Sinyal Uji | <i>DB2</i>     | 0,0001347315 | 25,4118592927 | 23,6348718349 |
| 5 Sinyal Uji | <i>HAAR</i>    | 0,0001529779 | 25,1058854805 | 23,3425628173 |
| 5 Sinyal Uji | <i>BIOR1.5</i> | 0,0001645540 | 24,9253369807 | 23,1483495228 |

Tabel 3. Uji Coba *Thresholding Method* Pada AWGN

| BASIS WAVELET | THRESHOLD METHOD | MSE                 | SNR (dB)             | PSNR (dB)            |
|---------------|------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| <b>DB12</b>   | <b>SURE</b>      | <b>0,0001286750</b> | <b>25,5486399621</b> | <b>23,7853172988</b> |
| DB12          | VISU             | 0,0001287541        | 25,5471274053        | 23,7838047421        |
| DB12          | HEUR             | 0,0001287952        | 25,5466275969        | 23,7833049336        |
| DB12          | MINIMAX          | 0,0001288338        | 25,5463213581        | 23,7829986948        |

Tabel 4. Uji Coba *SOFT/HARD* Thresholding Pada AWGN

| THRESHOLD METHOD | SOFT or HARD THRESHOLD | MSE                 | SNR (dB)             | PSNR (dB)            |
|------------------|------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| <b>SURE</b>      | <b>HARD</b>            | <b>0,0001286654</b> | <b>25,5498597852</b> | <b>23,7865371219</b> |
| SURE             | SOFT                   | 0,0001286846        | 25,5474201390        | 23,7840974758        |

Tabel 5. Uji Coba Level Dekomposisi Pada AWGN

| Threshold         | Level Dekomposisi | MSE                 | SNR (dB)             | PSNR (dB)            |
|-------------------|-------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| <b>Sure, Hard</b> | <b>6</b>          | <b>0,0000291685</b> | <b>27,9715167517</b> | <b>26,2081940884</b> |
| Sure, Hard        | 5                 | 0,0000406888        | 27,1840552754        | 25,4207326121        |
| Sure, Hard        | 7                 | 0,0000492951        | 26,7647553038        | 25,0014326405        |
| Sure, Hard        | 8                 | 0,0000582621        | 26,4097515308        | 24,6464288675        |
| Sure, Hard        | 4                 | 0,0000650737        | 26,1247748995        | 24,3614522363        |
| Sure, Hard        | 9                 | 0,0000661758        | 26,1469301944        | 24,3836075311        |
| Sure, Hard        | 10                | 0,0001002282        | 25,3292481396        | 23,5659254763        |
| Sure, Hard        | 3                 | 0,0001265302        | 24,6795024732        | 22,9161798100        |
| Sure, Hard        | 2                 | 0,0002506652        | 23,1949549581        | 21,4316322949        |
| Sure, Hard        | 1                 | 0,0005005666        | 21,6931083252        | 19,9297856620        |

#### 4.2.2 Uji Coba Pada *Ocular Noise*

Tabel 6. Uji COBA Basis Wavelet Pada *Ocular Noise*

| DATA SINYAL         | BASIS WAVELET  | MSE                 | SNR (dB)             | PSNR (dB)            |
|---------------------|----------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| <b>5 Sinyal Uji</b> | <b>DB12</b>    | <b>0,0140677532</b> | <b>29,9811936017</b> | <b>23,7478687791</b> |
| 5 Sinyal Uji        | <i>SYM8</i>    | 0,0140679338        | 29,9810464697        | 23,7477216471        |
| 5 Sinyal Uji        | <i>SYM7</i>    | 0,0140680455        | 29,9811707831        | 23,7478459605        |
| 5 Sinyal Uji        | <i>BIOR3.9</i> | 0,0140681511        | 29,9815539545        | 23,7482291319        |
| 5 Sinyal Uji        | <i>BIOR3.7</i> | 0,0140683218        | 29,9814508001        | 23,7481259775        |
| 5 Sinyal Uji        | <i>SYM4</i>    | 0,0140683420        | 29,9808339550        | 23,7475091324        |
| 5 Sinyal Uji        | <i>BIOR2.6</i> | 0,0140686297        | 29,9807480430        | 23,7474232204        |
| 5 Sinyal Uji        | <i>DB4</i>     | 0,0140687354        | 29,9804717978        | 23,7471469752        |
| 5 Sinyal Uji        | <i>SYM3</i>    | 0,0140695166        | 29,9797479432        | 23,7464231207        |
| 5 Sinyal Uji        | <i>DB2</i>     | 0,0140725479        | 29,9779368436        | 23,7446120210        |

|              |         |              |               |               |
|--------------|---------|--------------|---------------|---------------|
| 5 Sinyal Uji | HAAR    | 0,0140862230 | 29,9683748743 | 23,7350500517 |
| 5 Sinyal Uji | BIORI.5 | 0,0140891938 | 29,9660799438 | 23,7327551212 |
| 5 Sinyal Uji | SYM6    | 0,0141205891 | 29,9808378683 | 23,7482587165 |

Tabel 7. Uji Coba *Thresholding Method* Pada *Ocular Noise*

| Basis Wavelet | Thresholding | MSE                 | SNR (dB)             | PSNR (dB)            |
|---------------|--------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| <b>DB12</b>   | <b>SURE</b>  | <b>0,0140677532</b> | <b>29,9811936017</b> | <b>23,7478687791</b> |
| BD12          | Visu         | 0,0140677532        | 29,9811936017        | 23,7478687791        |
| DB12          | Heur         | 0,0140677532        | 29,9811936017        | 23,7478687791        |
| DB12          | Minimax      | 0,0140677532        | 29,9811936017        | 23,7478687791        |

Tabel 8. Uji Coba Level Dekomposisi Pada *Ocular Noise*

| Threshold         | Level Dekomposisi | MSE                 | SNR (dB)             | PSNR (dB)            |
|-------------------|-------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| <b>Sure, Hard</b> | <b>1</b>          | <b>0,0140428848</b> | <b>29,9999213915</b> | <b>23,7665965689</b> |
| Sure, Hard        | 2                 | 0,0140431796        | 29,9996790709        | 23,7663542483        |
| Sure, Hard        | 3                 | 0,0140437815        | 29,9990996621        | 23,7657748395        |
| Sure, Hard        | 4                 | 0,0140450648        | 29,9977013607        | 23,7643765381        |
| Sure, Hard        | 5                 | 0,0140509770        | 29,9918472491        | 23,7585224265        |
| Sure, Hard        | 6                 | 0,0140539467        | 29,9899793775        | 23,7566545550        |
| Sure, Hard        | 7                 | 0,0140764328        | 29,9781561940        | 23,7448313714        |
| Sure, Hard        | 8                 | 0,0140874483        | 29,9702994258        | 23,7369746032        |
| Sure, Hard        | 9                 | 0,0140974731        | 29,9619831211        | 23,7286582985        |
| Sure, Hard        | 10                | 0,0141363433        | 29,9232691638        | 23,6899443413        |

### 4.3 Analisis Pengujian Metode *Empirical Mode Decomposition*

#### 4.3.1 Uji Coba Pada AWGN

Tabel 9. Pengujian Nilai *Thresholding* Pada AWGN

| <i>SOFT THRESHOLDING</i> |                 |                     |                      |                      |
|--------------------------|-----------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| SINYAL Uji               | NILAI THRESHOLD | MSE                 | SNR (dB)             | PSNR (dB)            |
| 5 Sinyal Uji             | <b>0,1</b>      | <b>0,0100447814</b> | <b>15,1958447193</b> | <b>14,1680654336</b> |
|                          | 0,2             | 0,0400496995        | 12,1925492494        | 11,1647699637        |
|                          | 0,3             | 0,0800530705        | 10,7850277375        | 9,7572484518         |
|                          | 0,4             | 0,1460461796        | 9,4340822773         | 8,4063029916         |
|                          | 0,5             | 0,2322196728        | 8,4077217485         | 7,3799424628         |
|                          | 0,6             | 0,3380074672        | 7,5823536840         | 6,5545743983         |
|                          | 0,7             | 0,4640834791        | 6,8880905887         | 5,8603113029         |
|                          | 0,8             | 0,6098476175        | 6,2911505608         | 5,2633712750         |
|                          | 0,9             | 0,7753260991        | 5,7672320900         | 4,7394528042         |

Tabel 10. Pengujian Nilai *Thresholding* Pada AWGN

| <i>HARD THRESHOLDING</i> |                 |                     |                      |                      |
|--------------------------|-----------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| SINYAL Uji               | NILAI THRESHOLD | MSE                 | SNR (dB)             | PSNR (dB)            |
| 5 Sinyal Uji             | 0,1             | 0,0000399076        | 27,2318183754        | 26,2040390896        |
|                          | 0,2             | 0,0000400071        | 27,2263632490        | 26,1985839632        |
|                          | 0,3             | 0,0000401192        | 27,2220603436        | 26,1942810579        |
|                          | <b>0,4</b>      | <b>0,0000378188</b> | <b>27,4082185726</b> | <b>26,3804392868</b> |
|                          | 0,5             | 0,0002755134        | 25,8524974858        | 24,8247182000        |
|                          | 0,6             | 0,0003736208        | 25,3802805663        | 24,3525012805        |
|                          | 0,7             | 0,0006133076        | 25,4774785708        | 24,4496992850        |
|                          | 0,8             | 0,0011222642        | 25,4360928694        | 24,4083135836        |
|                          | 0,9             | 0,0030615645        | 24,7537005487        | 23,7259212629        |

### 4.3.2 Uji Coba Pada *Ocular Noise*

Tabel 11. Pengujian Nilai *Thresholding* Pada *Ocular Noise*

| <i>SOFT THRESHOLDING</i> |                        |                     |                      |                      |
|--------------------------|------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| SINYAL UJI               | NILAI <i>THRESHOLD</i> | MSE                 | SNR (dB)             | PSNR (dB)            |
| 5 Sinyal Uji             | <b>0,1</b>             | <b>0,0106683646</b> | <b>15,3063775459</b> | <b>14,2785982602</b> |
|                          | 0,2                    | 0,0407334794        | 12,2173548965        | 11,1895756107        |
|                          | 0,3                    | 0,0907985942        | 10,4426863626        | 9,4149070768         |
|                          | 0,4                    | 0,1608629044        | 9,1888013550         | 8,1610220692         |
|                          | 0,5                    | 0,2509120708        | 8,2178828514         | 7,1901035657         |
|                          | 0,6                    | 0,3609234323        | 7,4253552634         | 6,3975759777         |
|                          | 0,7                    | 0,4908532859        | 6,7558039644         | 5,7280246787         |
|                          | 0,8                    | 0,6113967855        | 6,2951173466         | 5,2673380608         |
|                          | 0,9                    | 0,7767407472        | 5,7705755083         | 4,7427962225         |

Tabel 12. Pengujian Nilai *Thresholding* Pada *Ocular Noise*

| <i>HARD THRESHOLDING</i> |                        |                     |                      |                      |
|--------------------------|------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| SINYAL UJI               | NILAI <i>THRESHOLD</i> | MSE                 | SNR (dB)             | PSNR (dB)            |
| 5 Sinyal Uji             | <b>0,1</b>             | <b>0,0006032499</b> | <b>21,5257320105</b> | <b>20,4979527247</b> |
|                          | 0,2                    | 0,0006032499        | 21,5257320105        | 20,4979527247        |
|                          | 0,3                    | 0,0006032499        | 21,5257320105        | 20,4979527247        |
|                          | 0,4                    | 0,0006086631        | 21,5150376994        | 20,4872584136        |
|                          | 0,5                    | 0,0006873216        | 21,3835963598        | 20,3558170740        |
|                          | 0,6                    | 0,0007938084        | 21,2521267353        | 20,2243474495        |
|                          | 0,7                    | 0,0010683003        | 21,0285575518        | 20,0007782660        |
|                          | 0,8                    | 0,0019577693        | 20,6661024020        | 19,6383231163        |
|                          | 0,9                    | 0,0041038363        | 20,2921823993        | 19,2644031136        |

## 4.4 Perbandingan DWT dan EMD

### 4.4.1 Pada AWGN

Tabel 13. Perbandingan Metode DWT dan EMD Terbaik Pada AWGN

| METODE <i>DENOISING</i>  | MSE                 | SNR (dB)             | PSNR (dB)            |
|--|---------------------|----------------------|----------------------|
| <b>DB12, lvl dekomposisi 6, <i>Thresholding SURE, HARD</i></b> | <b>0,0000291685</b> | <b>27,9715167517</b> | <b>26,2081940884</b> |
| EMD, <i>HARD</i> , nilai <i>thresholding</i> 0,4               | 0,0000399076        | 27,2318183754        | 26,2040390896        |

### 4.4.2 Pada *Ocular Noise*

Tabel 14. Perbandingan Metode DWT dan EMD Terbaik Pada *Ocular Noise*

| METODE <i>DENOISING</i>                           | MSE                 | SNR (dB)             | PSNR (dB)            |
|---|---------------------|----------------------|----------------------|
| Rata-rata hasil denoising DB12, lvl dekomposisi 1 | 0,0140428848        | <b>29,9999213915</b> | <b>23,7665965689</b> |
| EMD, <i>HARD</i> , nilai <i>thresholding</i> 0,1  | <b>0,0006032499</b> | 21,5257320105        | 20,4979527247        |

## 5. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil melakukan validasi untuk proses denoising pada sinyal EEG dengan menggunakan metode DWT (Discrete wavelet Transform) dan Empirical Mode Decomposition (EMD). Berdasarkan hasil pengujian didapatkan kesimpulan sesuai dengan tujuan pada bab 1 sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian denoising sinyal EEG dengan rancangan metode DWT dan EMD menunjukkan keduanya menghasilkan performansi yang baik dan mampu menghilangkan noise secara efektif.



2. Untuk denoising sinyal EEG dengan noise AWGN, metode terbaik diperoleh dari metode DWT basis wavelet DB12, thresholding SURE, hard dengan level dekomposisi 6 dengan nilai parameter MSE 0,000029, SNR 27,97 dB, dan PSNR 26,20 dB.
3. Untuk denoising sinyal EEG dengan Ocular Noise, DWT dengan Basis Wavelet DB12 dan level dekomposisi 1 menunjukkan hasil terbaik pada SNR sebesar 29,99 dB PSNR 23,76 dB, sedangkan untuk hasil MSE terbaik sebesar 0,00060 diberikan oleh metode EMD dengan hard thresholding pada nilai dekomposisi 0,1.
4. Secara keseluruhan baik pada metode DWT maupun EMD, hard thresholding menunjukkan hasil parameter yang lebih baik daripada soft thresholding.
5. Berdasarkan nilai keseluruhan SNR dan PSNR, metode DWT menunjukkan performansi lebih baik dibandingkan metode EMD

#### DAFTAR REFERENSI

- [1] M. S. Choudhry, R. Kapoor, Abhishek, A. Gupta, and B. Bharat, "A Survey on Different Discrete Wavelet Transforms and Thresholding Techniques for EEG Denoising," *Int. Conf. Comput. Commun. Autom.*, pp. 1048–1053, 2016.
- [2] K. T. Sweeney, H. Ayaz, T. E. Ward, M. Izzetoglu, S. F. McLoone, and B. Onaral, "A methodology for validating artifact removal techniques for physiological signals," *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, vol. 16, no. 5, pp. 918–926, 2012.
- [3] "Goldberger AL, Amaral LAN, Glass L, Hausdorff JM, Ivanov PCh, Mark RG, Mietus JE, Moody GB, Peng C-K, Stanley HE. PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a New Research Resource for Complex Physiologic Signals. *Circulation* 101(23):e215-e22."
- [4] W S M Sanjaya " Design and Experiment of Electrooculogram (EOG) System and Its Application to Control Mobile Robot" 2017 in IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 180 012072
- [5] [Online]. Available: <http://myscienceschool.org/index.php/?archives/3208-What-is-Electroencephalography-EEG.html> [Accessed: 07-Apr-2019].
- [6] "Niedermeyer E; da Silva F.L. (2004). *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*. Lippincott Williams & Wilkins. ISBN 0-7817-5126-8."
- [7] R. M. Soleh, A. Rizal, and R. Magdalena, "Denoising Rekam Sinyal Elektrokardiogram (EKG) Menggunakan Algoritma Iterative Threshold Pada Subband Wavelet," pp. 1–6, 2008.
- [8] "Wavelet Browser. Wavelets. [Online]. Available : <http://wavelets.pybytes.com/wavelet/> [Dikutip: 1 January 2019]."
- [9] Z. Wu and N. E. Huang, "Ensemble Empirical Mode Decomposition : A NOISE-ASSISTED DATA ANALYSIS METHOD," *World Sci. Publ.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–41, 2009.
- [10] D. Valencia, D. Orejuela, J. Salazar, and J. Valencia, "Comparison analysis between rigrsure, sqtwolog, heursure and minimaxi techniques using hard and soft thresholding methods," 2016 21st Symp. Signal Process. Images Artif. Vision, STSIVA 2016, pp. 1–5, 2016.
- [11] A. O. Boudraa and J. C. Cexus, "Denoising via Empirical Mode Decomposition," *Proc. IEEE ISCCSP*, vol. 2, no. Ea 3876, pp. 1–4, 1999.
- [12] D. L. Donoho, "De-Noising by Soft-Thresholding," *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. 41, no. 3, pp. 613–627, 1995.