

# MEREDUKSI NOISE DARI SINYAL SUARA MENGGUNAKAN TRANSFORMASI PAKET WAVELET DENGAN COIF4 SEBAGAI FUNGSI WAVELET

## REDUCING NOISE FROM SPEECH SIGNAL USING WAVELET PACKET TRANSFORM WITH COIF4 AS MOTHER WAVELET

Asyur Zaldi

Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi Informasi,  
Institut Sains dan Teknologi Nasional,  
Jl. Moh. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640,  
Telp. (021) 7874647, Fax. (021) 7866955  
e-mail: asyurz@gmail.com

### ABSTRAK

Noise adalah faktor utama yang mempengaruhi tingkat akurasi hasil dari pemrosesan sinyal, penggunaan transformasi wavelet untuk mereduksi noise yang terkandung pada sinyal suara, yang noisalnya dengan sengaja dimasukkan dengan menggunakan white Gaussian noise pada beberapa level untuk alasan simulasi. Selanjutnya teknik pembuangan noise menjadi sangat penting pada pemrosesan sinyal sebelum digunakan pada aplikasi lainnya. Coiflet ordo 4 digunakan sebagai fungsi wavelet (mother wavelet) karena merupakan fungsi wavelet yang terbaik untuk pemrosesan sinyal suara, yang kemudian dikombinasikan dengan soft threshold sebagai aturan thresholding sinyal yang diproses. Nilai Mean Square Error (MSE) yang kecil didapat pada proses dekomposisi pada level 4, untuk setiap tingkatan WGN yang diberikan pada sinyal. Dari proses yang dilakukan, hasil yang didapat untuk noise 00dB, 10dB dan 20dB masing-masing 93,68%, 91,36%, dan 76,27%, semua proses dilakukan dengan menggunakan MatLab 2018a

**Kata Kunci:** denoising, wavelet, dekomposisi, reduksi noise, threshold

### ABSTRACT

Noise is the main factor affecting the accuracy of the results of signal processing, the use of wavelet transforms to reduce the noise contained in the sound signal, whose noise is intentionally entered using white Gaussian noise at several levels for simulation reasons. Furthermore, noise removal techniques become very important in signal processing before being used in other applications. Coiflet Order 4 is used as a wavelet (mother wavelet) function because it is the best wavelet function for processing voice signals, which is then combined with a soft threshold as a thresholding rule for processed signals. A small Mean Square Error (MSE) value is obtained in the decomposition process at level 4, for each level of WGN given to the signal. From the process carried out, the results obtained for noise 00dB, 10dB and 20dB respectively 93.68%, 91.36%, and 76.27%, all processes are carried out using MatLab 2018a.

**Keywords:** denoising, wavelet, decomposition, noise reduction, threshold

### 1. PENDAHULUAN

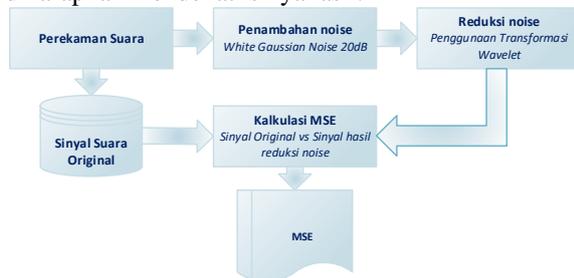
Keberadaan *noise* pada sinyal suara dapat mempengaruhi dan menurunkan performa dari proses yang akan menggunakannya oleh karenanya perlu dihilangkan [1], banyak faktor penyebab adanya *noise* mungkin karena suara latar belakang ditempat sumber berbicara [2], atau karena proses transmisi saat sinyal diterima [3], oleh karenanya diperlukan cara untuk menghilangkan/ mengurangi *noise* tersebut, yang dikenal kemudian sebagai *denoising/ noise reduction*. Pada dasarnya *denoising* merupakan usaha untuk menghilangkan *noise* (mengurangi/ mereduksi) yang terkandung pada sinyal, dengan cara mengeleminir sinyal yang tidak masuk kriteria tertentu. Metode yang digunakan untuk *denoising* disini adalah transformasi wavelet, merupakan metode yang sering digunakan

pada *speech denoising* [4] dan menjadi salah satu teknik yang sangat menjanjikan untuk pemrosesan sinyal [3], caranya dengan membagi koefisien wavelet dan kemudian koefisien tersebut disusutkan (*shrinkink*) [5]. Ada empat hal mendasar yang mempengaruhi *Wavelet Threshold Denoising*, yaitu pemilihan *mother wavelet*, pemilihan level dekomposisi, estimasi nilai dan aturan *thresholding* [6]. Pada penelitian ini Coiflets ordo 4 (coif4) dipilih sebagai *mother wavelet*, merupakan yang terbaik untuk proses sinyal suara [7].

Proses yang terkandung didalam denoising yang menggunakan transformasi wavelet antara lain level dekomposisi, pemilihan aturan dan nilai *threshold* serta proses melakukan rekonstruksi balik dari sinyal, sebagai hasil dari proses *denoising*.

**2. METODOLOGI PENELITIAN**

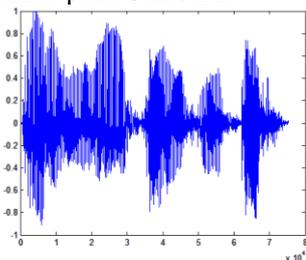
Secara umum, prosesnya dibagi menjadi 4 bagian seperti terlihat pada Gambar 1 berikut, akan memberikan hasil dari proses denoising yang diharapkan mendekati sinyal asli.



**Gambar 1.** Diagram Blok Metode Penelitian.

**Perekaman Suara**

Signal suara diperoleh dengan menggunakan media Laptop, sumber direkam dengan mengucapkan kalimat "ILMU KOMPUTER", sample rate yang digunakan sebesar 44100Hz dengan *mono-channel*. Seperti terlihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Sinyal Suara asli

**Penambahan Noise**

White Gaussian Noise (WGN) sebesar 20dB ditambahkan pada setiap sinyal suara yang diperoleh dari hasil perekaman, yang diasumsikan mewakili *noise* dari sinyal suara yang diterima kemudian, dengan sinyal yang mengandung *noise* ditulis dalam persamaan (1), dengan  $x(n)$  adalah sinyal asli,  $w(n)$  sebagai WGN,

$$y(n) = x(n) + w(n) \dots \dots \dots (1)$$

Dengan proses *denoising* menggunakan wavelet serta dengan nilai dan aturan *threshold* yang dipilih, diusahakan untuk mendapatkan kembali sinyal suara asli.

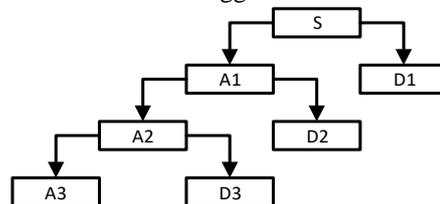
**Mereduksi Noise (denoising)**

Sinyal rusak yang diterima bisa disebabkan saat perekaman atau saat pengiriman, tujuan dari proses *denoising* adalah membuang sebanyak mungkin *noise* yang terkandung di dalamnya, tetapi tetap menyimpan informasi sinyal yang penting.

Inti dari analisis multi-resolusi Mallat dari proses *denoising* adalah dengan mendekomposisi sinyal kedalam ruang berbeda yang memiliki frekuensi berbeda pula. Informasi dalam skala yang berbeda

dapat menunjukkan karakteristik dari sinyal dalam frekuensi yang berbeda. Sinyal diurai menjadi dua bagian pada setiap dekomposisi. Salah satunya adalah bagian detail yang berisi informasi frekuensi tinggi dari sinyal dan yang lainnya adalah bagian perkiraan (aproksimasi) yang berisi frekuensi rendah dari informasi sinyal. Bagian aproksimasi didekomposisikan lagi untuk mendapatkan bagian detail dan aproksimasi lainnya yang lebih besar skalanya. Diagram dekomposisi wavelet level 3 ditunjukkan pada Gambar. 3. Dalam diagram A1, A2, A3 adalah masing-masing sesuai dengan aproksimasi bagian sinyal pada skala yang berbeda dan D1, D2, D3 masing-masing berhubungan dengan sinyal detailnya, biasanya *noise* berada pada D1, D2, D3. Proses *denoising* dilakukan pada koefisien D1, D2, D3 yang kemudian digunakan untuk merekonstruksi sinyal dengan metode balikan dari transformasi wavelet. Secara umum proses reduksi *noise* dapat dibagi menjadi 3 bagian.

- Sinyal yang mengandung *noise* di dekomposisi dengan transformasi wavelet yang orthogonal untuk mendapatkan koefisien waveletnya.
- Pada setiap proses *threshold* yang dipilih diberlakukan pada koefisien yang berfrekwensi tinggi.
- Sinyal di rekonstruksi dari sinyal berfrekwensi rendah sebagai hasil dari proses *threshold* diatas dengan sinyal yang berfrekwensi tinggi.



**Gambar 3.** Transformasi wavelet dengan 3 level dekomposisi

**Transformasi Wavelet**

$\psi(t)$  adalah fungsi wavelet (*Mother Wavelet*), Transformasi Wavelet Kontinu diperoleh dengan melalui proses *multi-resolusi* [8] dengan melakukan proses dilatasi dan translasi dari fungsi wavelet masing-masing sebanyak  $a$  dan  $b$  kali [4], yang ditulis seperti persamaan (2).

$$(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) x(t) dt \dots \dots \dots (2)$$

Dengan  $a$  adalah nilai dilatasinya (*scale*) dan  $b$  merupakan nilai translasinya seperti terlihat pada persamaan (3) berikut.

$$a = 2^j, b = k. 2^j, \text{ dengan } j, k \in Z \dots \dots \dots (3)$$

Sedangkan transformasi wavelet diskrit yang selanjutnya dikenal sebagai *dyadic dilatation* dan

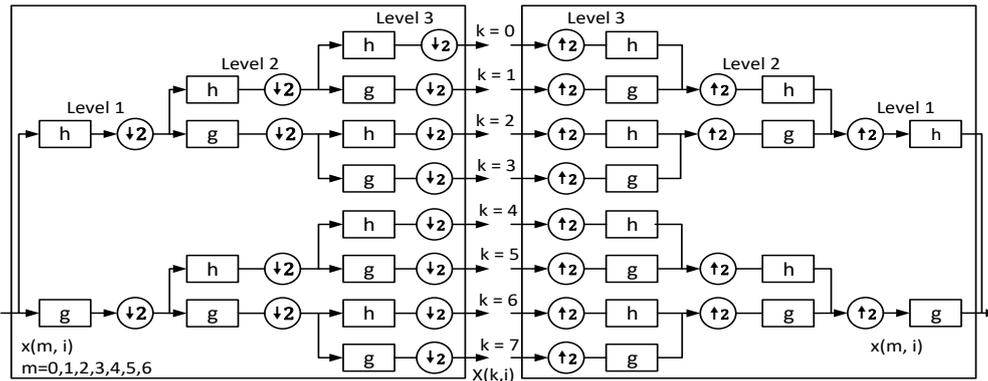
dyadic translation seperti terlihat pada persamaan (4) berikut,

$$X(a, b) = 2^{-j} \sum_{n=0}^{N-1} x(t) \psi(2^{-j}n - k) \dots \dots \dots (4)$$

**Transformasi Paket Wavelet**

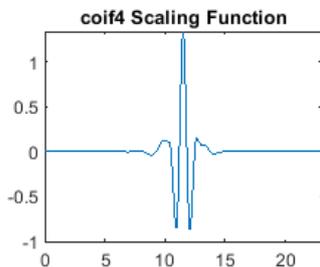
Transformasi Paket Wavelet merupakan pengembangan dari transformasi wavelet (Gambar 3), yang memberikan resolusi pada frekwensi rendah serta pada frekwensi tinggi. Gambar 4 memberikan

gambaran proses dekomposisi dan re-konstruksi dari transformasi paket wavelet, sinyal yang bernoise dikirim ke h-filter tapis bawah (*h-low pass filter*) dan dan g-filter tapis atas (*g-high pass filter*), keluarannya dibagi menjadi dua yaitu koefisien aproksimasi (*approximation coefficients*) dan koefisien detail (*detail coefficients*), berdasarkan pada algoritma dekomposisi kedua koefisien didekomposisi seperti terlihat pada Gambar 4, proses ini berlanjut hingga 3 level (transformasi wavelet men-dekopsisi hanya pada koefisien aproksimasinya saja [3]), kemudian gunakan *threshold* sebagai acuan sinyal yang diambil.



**Gambar 4.** Tiga level Transformasi Paket Wavelet

Ada empat hal yang dapat mempengaruhi wavelet *threshold denoising*,



**Gambar 5.** Coiflets ordo 4.

fungsi wavelet (*mother wavelet*), level dekomposisi, estimasi nilai dan aturan dari *thresholding* [6]. Pada bahasan disini Coiflet (Gambar 5) dipilih sebagai fungsi waveletnya (*mother wavelet*).

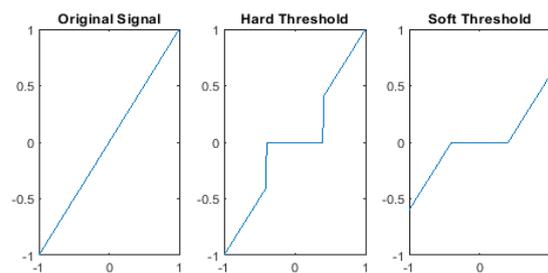
**Thresholding**

*Thresholding* merupakan aturan yang digunakan untuk membuang *noise* dari sinyal suara melalui proses dekomposisi pada sinyal bernois dengan menggunakan transformasi paket wavelet, sebagai hasil didapat koefisien wavelet yang berguna sedangkan *noisennya* akan di ganti dengan nol (sesuai dengan nilai *threshold* yang dipilih), proses ini merupakan metode penentuan dalam pemilihan sinyal yang benar (bukan *noise*), proses ini disebut dengan *wavelet thresholding*.

Koefisien wavelet yang di *threshold* adalah  $d_{jk}$  merupakan detail dari koefisien  $y$ , bukan koefisien

aproksimasinya  $c_{jk}$ , karena “low-frequency” memuat bagian yang terpenting dari sinyal, hanya sedikit terpengaruh oleh *noise*. Misalkan nilai *thresholdnya* adalah  $\lambda$ , maka nilai absolut dari koefisien lebih kecil dari  $\lambda$  akan di beri nilai nol. Koefisien *threshold* dari wavelet diperoleh dari aturan *soft thresholding* yang diperkenalkan oleh Donoho [9], yang digambarkan oleh persamaan (5) dan Gambar 6 berikut.

$$\delta_{\lambda}^S(x) = \begin{cases} 0 & |x| \leq \lambda \\ sign(x)(|x| - \lambda) & |x| > \lambda \end{cases} \dots \dots \dots (5)$$



**Gambar 6.** Hard and Soft threshold

Cara pemilihan nilai *threshold* diperkenalkan oleh Donoho and Johnstone [10] seperti terlihat pada persamaan (6), yang disebut sebagai *Universal threshold*

$$thr = \sigma \sqrt{2 \log(N)} \dots \dots \dots (6)$$

$N$  merupakan panjang dari sinyal dan  $\sigma$  adalah standar deviasi seperti ditulis pada persamaan (7) dibawah ini,

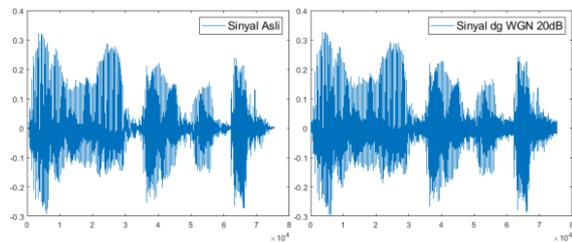
$$\sigma = \frac{MAD}{0.6745} = \frac{median(|c|)}{0.6745} \dots \dots \dots (7)$$

MAD = Median Absolute Deviation, dengan  $c$  adalah koefisien wavelet.

Proses *denoising* dilakukan untuk mendapatkan nilai minimum MSE antara sinyal asli dan sinyal hasil dari proses *denoising*. Dengan transformasi paket wavelet, koefisien yang dihasilkan di *threshold* ( $d_{jk}$ ) dengan aturan *soft threshold* dengan nilai *threshold*nya diperoleh dari *universal threshold*. Dengan level dari dekomposisi yang tepat akan terlihat pada nilai MSE yang kecil, yang didapat dari persamaan (8)[3]

$$MSE = \frac{1}{N} \left( \sum_{n=1}^N (x(n) - y(n))^2 \right) \dots \dots \dots (8)$$

Hasil penambahan *noise* pada sinyal suara diperlihatkan pada Gambar 7. Sinyal suara ditambahkan WGN sebesar 20dB.



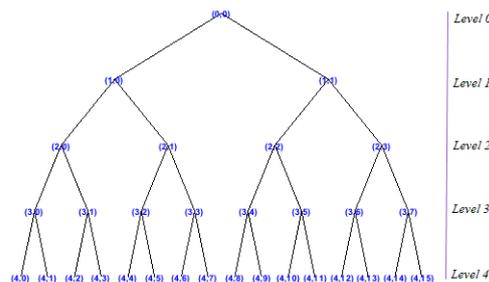
Gambar 7. Sinyal asli, dan Sinyal dengan *noise* WGN 20dB.

Pada proses *denoising* dengan menggunakan transformasi paket wavelet seperti terlihat pada Gambar 8, koefisien detail yang dihasilkan oleh proses dekomposisi di *threshold* dengan menggunakan *soft threshold* dengan menggunakan nilai yang didapat dari *universal threshold* dan standar deviasi dari koefisien wavelet  $\sigma$  yang akan di *threshold*.

### 3. HASIL PERCOBAAN

#### Pohon dekomposisi

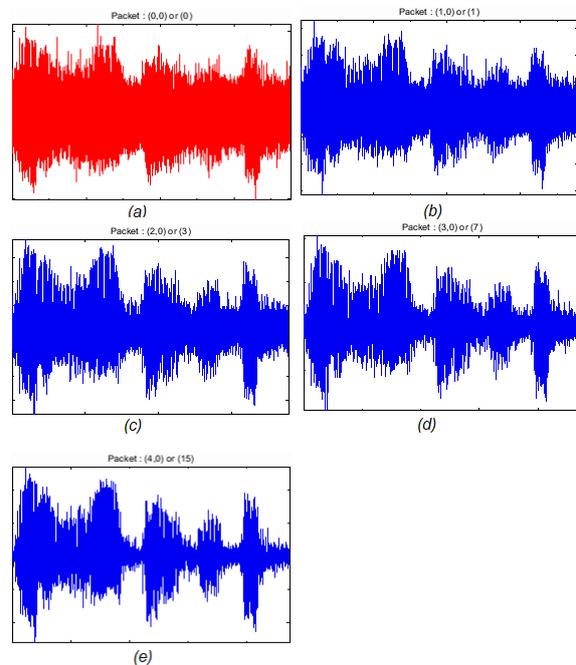
Sinyal suara yang mengandung *noise*, direduksi *noisennya* dengan menggunakan metode transformasi paket wavelet dengan 4 level, 6 level dan 8 level dekomposisi untuk setiap sinyal bernois yang ada, dengan aturan *threshold* yang digunakan adalah *soft threshold*, yang diperlihatkan pada Gambar 8 dibawah ini adalah proses dekomposisi hingga level 4.



Gambar 8. Pohon dekomposisi hingga level 4.

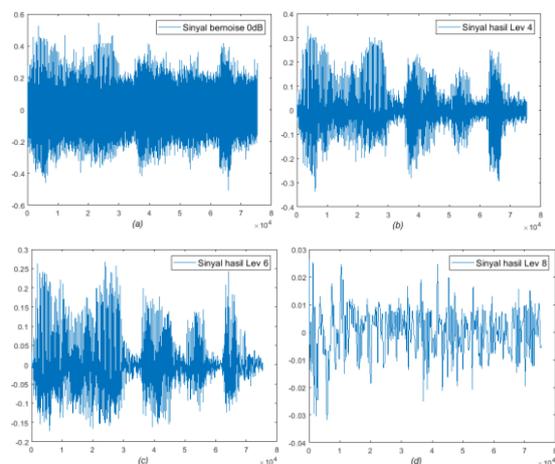
#### Sinyal hasil dekomposisi

Gambar 9 dibawah ini menampilkan hasil dari proses dekomposisi sebanyak 4 level pada sinyal yang mengandung *noise* 0dB, dari Gambar 9 titik (0,0), (1,0), (2,0), (3,0) dan (4,0) menampilkan sinyal koefisien aproksimasinya.



Gambar 9. Sinyal dengan *noise* 0dB dan 4 level dekomposisi, (a) Sinyal dengan *noise* WGN 0dB, (b) hasil dekomposisi level 1, (c) hasil dekomposisi level 2, (d) hasil dekomposisi level 3 dan (e) hasil dekomposisi level 4.

Pada Gambar. 10 dibawah ini, memperlihatkan hasil masing-masing level dekomposisi (4, 6, dan 8 level) untuk sinyal yang mengandung WGN sebesar 0dB.



Gambar 10. Menampilkan hasil dari proses *denoising* dengan level dekomposisi (b) 4 level (c) 6 level dan (d) 8 level

Dari Tabel 1 berikut ini diperlihatkan sinyal dengan *noise* 0dB, 10dB dan 20dB dibandingkan MSE untuk setiap proses dekomposisinya, juga terlihat level dekomposisi untuk percobaan ini memberikan nilai MSE yang terkecil untuk level dekomposisi 4 level.

Pada Gambar 10 diatas terlihat untuk (d) banyak informasi dari sinyal yang hilang, begitu pula dengan

(c) walaupun tidak sebanyak (d) akan tetapi sinyal banyak hilang.

**Tabel 1.** MSE hasil proses denoising untuk setiap *noise* pada tiap level dekomposisi

Noise level	Sinyal Asli vs sinyal bernoise	Dekomposisi			
		3 level	4 level	6 level	8 level
00 dB	0.005856	0.000727	0.000370	0.002019	0.005870
10 dB	0.000590	0.000080	0.000051	0.001945	0.005849
20 dB	0.000059	0.000014	0.000019	0.001937	0.005847

Persentasi tingkat keberhasilan dari proses denoising untuk setiap level dekomposisinya:

$$00\text{dB} = 100 - (0.000370/0.005856)*100 = 93,68\%$$

$$10\text{dB} = 100 - (0.000051/0.000590)*100 = 91,36\%$$

$$20\text{dB} = 100 - (0.000014/0.000059)*100 = 76,27\%$$

#### 4. Kesimpulan

Pada tulisan ini diketengahkan proses *denoising* dari sinyal suara dengan menggunakan transformasi paket wavelet dengan aturan *soft threshold*, yang memberikan hasil yang cukup baik untuk menghilangkan *noise* yang terkandung pada sinyal suara. White Gaussian *Noise* yang ditambahkan pada sinyal suara berhasil dengan baik, akan tetapi bagian sinyal yang asli juga ada yang turut dihilangkan, itu merupakan hal yang dipertukarkan antara nilai threshold dan kualitas sinyal suara, yang menghasilkan kebenaran untuk noise 00dB, 10dB dan 20dB masing-masing sebesar 93,68%, 91,36% dan 76,27%

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. K. Verma and N. Verma, "Performance analysis of wavelet thresholding methods in denoising of audio signals of some indian musical instruments," *Int. J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 4, no. 5, pp. 0975–5462, 2012.
- [2] P. V. Gupta, "A Review on Speech Denoising Using.pdf," vol. 4, no. 9, pp. 3882–3884, 2013.
- [3] M. Kansara and N. Chapatwala, "Noise Reduction from the Speech Signal using Wavelet Packet Transform," *Int. J. Electron. Comput. Sci. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 745–751, 1956.
- [4] R. Aggarwal, J. Karan Singh, V. Kumar Gupta, S. Rathore, M. Tiwari, and A. Khare, "Noise Reduction of Speech Signal using Wavelet Transform with Modified Universal Threshold," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 20, no. 5, pp. 14–19, 2011.
- [5] R. Goel and R. Jain, "Speech Signal Noise Reduction by Wavelets," *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.*, vol. 2, no. 4, pp. 191–193, 2013.
- [6] Y. F. Sang, D. Wang, and J. C. Wu, "Entropy-based method of choosing the decomposition level in wavelet threshold denoising," *Entropy*, vol. 12, no. 6, pp. 1499–1513, 2010.
- [7] R. M. Zhao and H. M. Cui, "Improved threshold denoising method based on wavelet transform," *Proc. 2015 7th Int. Conf. Model. Identif. Control. ICMIC 2015*, vol. 33, pp. 1354–1359, 2016.
- [8] S. Mallet, "A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation," *IEEE Trans. PAMI*, vol. 11, no. 7, pp. 674–693, 1989.
- [9] D. L. Donoho, "De-Noising by Soft-Thresholding," vol. 41, no. 3, 1995.
- [10] D. L. Donoho and I. M. Johnstone, "Threshold selection for wavelet shrinkage of noisy data," pp. A24–A25, 2002.