SEMINAR NASIONAL MATEMATIKA DAN PENDIDIKAN MATEMATIKA (6th SENATIK)
PROGRAM STUDI PENDIDIKAN MATEMATIKA
FPMIPATI-UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
Semarang, 11 Agustus 2021

ISSN 2807-324X (Online)

Kajian tranformasi dengan *wavelet daubechies* dan parameter *thresholding*-nya

Tika Sri Rahayu*, Dewi Retno Sari Saputro

Departemen Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret

*Penulis Korespondensi: tika02rahayu@student.uns.ac.id

Abstract. Along with the development of science and technology in the era of globalization continues to progress. In analyzing high fluctuating data, a method is needed to detect the signal, one of which is using the wavelet method. A wavelet is a transformation function that automatically cuts data into different parts and studies each component with a resolution appropriate to its scale. One type of wavelet is Daubechies wavelet. In analyzing wavelets there is noise that affects the accuracy of the data, so noise reduction process is needed using thresholding. The purpose of this research is to study the Daubechies wavelet transform and thresholding parameters. The result of this research is a study of the Daubechies wavelet method and the threshoding parameters, namely the minimax threshold and the universal threshold.
Keywords: wavelet; Daubechies wavelet; wavelet transformation; threshoding parameters

1. Pendahuluan

Pada 1980 hingga awal tahun 1990-an *wavelet* diperkenalkan sebagai analisis gelombang. Kata *wavelet* berasal dari bahasa Perancis yaitu *ondelete* yang berarti gelombang kecil. Istilah *wavelet* dalam pemodelan matematis memiliki arti fungsi dasar yang dapat merekonstruksi sinyal. Sebagai fungsi pembangun, *wavelet* mampu merekontruksi sinyal mulus dan tak mulus termasuk sinyal lompatan atau sinyal runcing (Hall dan Patil, 1995). *Wavelet* merupakan fungsi transformasi yang secara otomatis memotong data kedalam beberapa bagian berbeda dan mempelajari setiap komponen dengan resolusi yang sesuai dengan skalanya. Metode *wavelet* yang paling tua yaitu metode Haar selain Haar dapat juga digunakan *wavelet* Daubechies yang merupakan salah satu dari keluarga *wavelet* orthogonal. Menurut Daubechies (1992), *transformasi wavelet* merupakan teknik dekomposisi multiresolusi untuk mengatasi masalah pemodelan yang menghasilkan sinyal representasi lokal yang baik pada domain waktu dan domain frekuensi. Transformasi *wavelet* yang dipandang lebih sesuai untuk data *time series* adalah *Discrete Wavelet Transform* (DWT) karena dalam setiap level dekomposisi terdapat koefisien wavelet dan skala sebanyak panjang data. Salah satu *wavelet* yang sering digunakan adalah *wavelet* Daubechies yang memiliki panjang filter *wavelet* Daubechies adalah $2N$. Tujuan *Discrete Wavelet Transform* (DWT) adalah untuk mengurai sinyal menjadi resolusi yang berbeda menggunakan resolusi *high pass filter* dan *low pass filter* (Ogden, 1997). Dalam melakukan analisis *wavelet* terdapat *noise* pada sinyal yang berpengaruh pada keakuratan data sehingga perlu adanya *thresholding* untuk mereduksi *noise* pada sinyal tersebut. Berdasarkan hal tersebut pada penelitian ini dikaji ulang filter *wavelet* Daubechies dengan panjang 4 atau $D4$ dengan banyak filter 4 dan parameter *thresholding*-nya.

ISSN 2807-324X (Online)

2. Metode

Penelitian ini merupakan penelitian yang berbasis teori yaitu mengkaji tentang metode Transformasi dengan *wavelet* Daubechies dan parameter *thresholding*-nya. Berikut langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini yaitu melakukan studi teoritis yang diperoleh dari berbagai artikel, jurnal, dan buku yang berkaitan dengan materi, meneliti dan menganalisis hasil studi teoritis filter *wavelet*, transformasi *wavelet* diskrit dan parameter *thresholding*, kemudian menentukan nilai α yang digunakan pada formula rumus, mensubtitusi nilai α dan menghitung filter skala dan filter *wavelet* yang telah diketahui, selanjutnya menganalisis hasil perhitungan filter skala dan filter *wavelet* yang diperoleh berdasarkan sifatnya, mengkaji ulang teori tentang parameter *thresholding* dan membuat kesimpulan.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada hasil dan pembahasan terdiri atas fungsi *wavelet*, filter *wavelet*, filter skala, transformasi *wavelet* diskrit, *wavelet* Daubechies, dan parameter *thresholding*.

3.1. Fungsi Wavelet

Wavelet diartikan suatu gelombong kecil (*small wave*) yang mempunyai kemampuan mengelompokkan sinyal dan terkonsentrasi dalam waktu tertentu serta naik dan pada periode tertentu. Fungsi *wavelet* terdiri dari dua fungsi yaitu *wavelet* ayah (ϕ) dan *wavelet* ibu (ψ) yang memiliki persamaan ditulis sebagai

$$\int_{-\infty}^{\infty} \phi(x)dx = 1 \quad (1)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(x)dx = 0 \quad (2)$$

dengan proses dilatasi dan translasi, *wavelet* ayah (ϕ) dan *wavelet* ibu (ψ) menghasilkan keluarga *wavelet*, yaitu

$$\phi_{j,k}(x) = \left(p2^j\right)^{\frac{1}{2}}\phi(p2^j x - k) \text{ dan } \psi_{j,k}(x) = \left(p2^j\right)^{\frac{1}{2}}\psi(p2^j x - k) \quad (3)$$

dengan $j = j_0, j_{1,..}j_n, n \in$ Z, j menunjukkan banyak komponen level transformasi dan n menunjukkan banyak koefisien dalam suatu level transformasi (Friedman dkk., 2008).

3.2. Filter Skala

Filter skala merupakan filter *low-pass*. Menurut (Pervical dan Walden, 2000), filter skala memenuhi tiga kondisi yaitu

1. $\sum_{l=0}^{L-1} g_l = \sqrt{2}$ atau $\sum_{l=0}^{L-1} g_l = -\sqrt{2}$
2. $\sum_{l=0}^{L-1} g_l^2 = 1$ (4)
3. $\sum_{l=0}^{L-1} g_l g_{l+2n} = 0$

3.3. Filter wavelet

Filter *wavelet* atau filter *high-pass* merupakan filter yang bersifat *smooth* yang didefinisikan sebuah deret bilangan *real* yang membangun filter *wavelet* $\{h_l : l = 0, \ldots, L-1\}$, dengan L adalah lebar filter dan merupakan bilangan bulat. Menurut (Pervical dan Walden, 2000), filter *Wavelet* memenuhi tiga kondisi dasar yaitu

1. $\sum_{l=0}^{L-1} h_l = 0$
2. $\sum_{l=0}^{L-1} h_l^2 = 1$ (5)
3. $\sum_{l=0}^{L-1} h_l h_{l+2n} = 0$

untuk semua n *integer* dengan $h_l = 0$, untuk $l < 0$ dan $l \geq L$, dapat dikatakan $\{h_l\}$ adalah deret tak hingga.

3.4. Transformasi wavelet diskrit

Transformasi *wavelet* adalah fungsi transfer (*transform*) yang digunakan untuk menguraikan data atau fungsi atau operator menjadi komponen frekuensi yang berbeda-beda dan kemudian mempelajarinya

ISSN 2807-324X (Online)

dengan resolusi yang disesuaikan dengan skalanya (Daubechies., 1992). Tranformasi *wavelet* terbagi menjadi dua, yaitu transformasi *wavelet* diskrit dan tranformasi *wavelet* kontinu. Transformasi *wavelet* diskrit dapat digunakan dalam analisis runtun waktu. Menurut (Ramadhan dan Setiyono, 2019:8) pada penskalaan dan fungsi *wavelet*, fungsi *wavelet* diskrit ditulis sebagai

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=1}^{\infty} c_{j,k} \phi_{j,k}(t) + \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} d_{j,k} \psi_{j,k}(t) \tag{6}$$

dengan N merupakan jumlah data, j merupakan jumlah komponen multiresolusi atau skala dan k antara 1 sampai jumlah koefisien dalam komponen yang telah ditentukan. Koefisien $c_{j,k}$ dan $d_{j,k}$ merupakan koefisien transformasi *wavelet*. Fungsi $\phi_{j,k}(t)$ dan $\psi_{j,k}(t)$ merupakan fungsi pendekatan *wavelet*. Menurut (Subanar dan Vemmie, 2015) koefisien *wavelet* dan skala transformasi *wavelet* diskrit disimbolkan $W_{j,t}$ dan $V_{j,t}$ ditulis sebagai

$$W_{j,t} = \sum_{l=0}^{L-1} h_k X_{(2t-k) mod\, N} \tag{7}$$

$$V_{j,t} = \sum_{l=0}^{L-1} g_k X_{(2t-k) mod\, N} \tag{8}$$

dengan $t = 0,1, \dots, \frac{N}{2} - 1$. $W_{j,t}$ dinyatakan sebagai koefisien *wavelet* tranformasi *wavelet* diskrit pada level ke-j dan pada waktu ke-t, $V_{j,t}$ dinyatakan sebagai koefisien skala transformasi *wavelet* diskrit pada level ke-j dan pada waktu ke-t.

Proses menghitung koefisien *wavelet* transformasi *wavelet* diskrit pada level pertama akan mengurai data runtun waktu X menjadi koefisien W_1 dan V_1 yang sama besar dengan masing-masing koefisien terdiri dari $\frac{N}{2}$ koefisien *wavelet* W_1 dan $\frac{N}{2}$ koefisien skala V_1. Tahap pertama atau level pertama ini menggunakan persamaan (7) sebagai filter *wavelet* dan persamaan (8) sebagai filter skala. Tahap kedua atau level kedua memproses $V_{1,t}$ dengan cara yang sama seperti sebelumnya. Pada level kedua ini $V_{1,t}$ diasusmsikan sebagai rata-rata dari skala unit. Hal itu dikarenakan $V_{1,t}$ merupakan koefisien skala yang bersifat detail atau sinyal yeng lebih dekat dengan sinyal aslinya (Verma, 2015:4). Level kedua ini akan menghasilkan koefisien *wavelet* level kedua atau $W_{2,t}$ dan $V_{2,t}$. Koefisien-koefisien tersebut diperoleh dengan menggunakan filter yang ditulis sebagai

$$W_{2,t} = \sum_{l=0}^{L-1} h_k W_{1,(2t-k) mod\, \frac{N}{2}} \tag{9}$$

$$V_{2,t} = \sum_{l=0}^{L-1} g_k V_{1,(2t-k) mod\, \frac{N}{2}} \tag{10}$$

level kedua ini menguraikan koefisien $V_{1,t}$ dan diperoleh koefisien W_2 dan V_2 menggunakan persamaan (9) sebagai filter *wavelet* dan persamaan (10) sebagai filter skala, proses ini berlaku hingga level terakhir atau maksimum. Menurut Sutarno (2010:5), penentuan level maksimal dalam tranformasi *wavelet* diskrit ditulis sebagai

$$Level_{maks} = \frac{\ln(N)}{\ln(2)} \tag{11}$$

3.5. Wavelet Daubechies

Wavelet Daubechies adalah salah satu keluarga *wavelet* orthogonal. *Wavelet* orthogonal adalah *wavelet* yang transformasi *wavelet*-nya bersifat orthogonal. Nama Daubechies diambil dari nama penemunya yaitu Inggrid Daubechies. Selain itu, *wavelet* ini sering digunakan karena baik untuk kompresi data. *Wavelet* Daubechies disimbolkan dengan dbN, dengan N adalah angka indeks mulai dari 2 sampai 20, untuk indeks $N = 1$ disebut juga Haar, panjang *wavelet* Daubechies adalah $2N$ (Burrus dkk., 1998). Persamaan umum untuk semua *wavelet* ditulis sebagai

$$\phi(t) = \sqrt{2} \sum_{k=0}^{N-1} h_k \phi(2t-k) \text{ dan } \psi(t) = \sqrt{2} \sum_{k=0}^{N-1} g_k \phi(2t-k) \tag{12}$$

Transformasi Daubechies perlu adanya filter skala dan filter *wavelet*. Filter skala adalah filter *low-pass* dan filter *wavelet* adalah filter *high-pass*. Menurut (Burrus dkk., 1998) dalam $D4$ terdapat empat filter skala yaitu $g(0), g(1), g(2)$, dan $g(3)$ yaitu

ISSN 2807-324X (Online)

$g(0) = \frac{(1-\cos(\alpha)+\sin(\alpha))}{2\sqrt{2}}$, $g(1) = \frac{(1+\cos(\alpha)+\sin(\alpha))}{2\sqrt{2}}$, $g(2) = \frac{(1+\cos(\alpha)-\sin(\alpha))}{2\sqrt{2}}$,
$g(3) = \frac{(1-\cos(\alpha)-\sin(\alpha))}{2\sqrt{2}}$

dengan $\alpha = \frac{\pi}{3}$, sehingga diperoleh

1. $g(0) = \frac{(1-\cos(\alpha)+\sin(\alpha))}{2\sqrt{2}}$
   $<=> \frac{1+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}$

2. $g(1) = \frac{(1+\cos(\alpha)+\sin(\alpha))}{2\sqrt{2}}$
   $<=> \frac{3+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}$

3. $g(2) = \frac{(1+\cos(\alpha)-\sin(\alpha))}{2\sqrt{2}}$
   $<=> \frac{3-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}$

4. $g(3) = \frac{(1-\cos(\alpha)-\sin(\alpha))}{2\sqrt{2}}$
   $<=> \frac{1-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}$

berdasarkan 1, 2, 3, dan 4 maka $g(0), g(1), g(2)$, dan $g(3)$ memenuhi tiga sifat filter skala yaitu

i. $g(0) + g(1) + g(2) + g(3) = \frac{1+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}} + \frac{3+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}} + \frac{3-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}} + \frac{1-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}} = \sqrt{2}$

ii. $g^2(0) + g^2(1) + g^2(2) + g^2(3) = \frac{4+2\sqrt{3}}{32} + \frac{12+6\sqrt{3}}{32} + \frac{12-6\sqrt{3}}{32} + \frac{4-2\sqrt{3}}{32} = 1$

iii. $g(0)g(2) + g(1)g(3) = \left(\frac{1+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}} \times \frac{3-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}\right) + \left(\frac{3+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}} \times \frac{1-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}\right) = 0$

dengan demikian diperoleh filter skala untuk *wavelet* Daubechies (D4) atau dengan panjang filter empat ditulis sebagai

$$g_0 = \frac{1+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, g_1 = \frac{3+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, g_2 = \frac{3-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, g_3 = \frac{1-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}} \quad (13)$$

untuk filter *wavelet* $D4$ menggunakan formula rumus

$$h(l) = (-1)^l g_{L-1-l}$$

sehingga diperoleh

1. $h(0) = (-1)^0 g_{4-1-0}$
   $<=> \frac{1-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}$

2. $h(1) = (-1)^1 g_{4-1-1}$
   $<=> \frac{-3+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}$

3. $h(2) = (-1)^2 g_{4-1-2}$
   $<=> \frac{3+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}$

4. $h(3) = (-1)^3 g_{4-1-3}$
   $<=> \frac{-1-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}$

ISSN 2807-324X (Online)

berdasarkan 1, 2, 3, dan 4 maka $h(0), h(1), h(2),$ dan $h(3)$ memenuhi tiga sifat filter *wavelet* yaitu

i. $h(0)+h(1)+h(2)+h(3) \;=\frac{1-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}+\frac{-3+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}+\frac{3+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}+\frac{-1-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}=0$

ii. $h^2(0)+h^2(1)+h^2(2)+h^2(3) \;=\frac{4-2\sqrt{3}}{32}+\frac{12-6\sqrt{3}}{32}+\frac{12+6\sqrt{3}}{32}+\frac{4+2\sqrt{3}}{32}=1$

iii. $h(0)h(2)+h(1)h(3) \;=\left(\frac{1-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}\times\frac{3+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}\right)+\left(\frac{-3+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}\times\frac{-1-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}\right)=0$

dengan demikian diperoleh filter *wavelet* untuk *wavelet* Daubechies (D4) atau dengan panjang filter empat ditulis sebagai

$$h_0=\frac{1-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, h_1=\frac{-3+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, h_2=\frac{3+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, h_3=\frac{-1-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}} \tag{14}$$

3.6. Parameter Thresholding

Thresholding adalah salah satu metode mereduksi *noise* yang paling sederhana dan menjadi dasar bagi beberapa metode mereduksi *noise* yang lain (Soeparni dan Gazali, 2010:10). Proses mereduksi *noise* dilakukan per level resolusi, sebelum melakukan *thresholding* terlebih dahulu menentukan sebuah nilai yang dianggap sebagai batas atau *threshold*. Pembentukan koefisien *thresholding* dapat dilakukan dengan menggunakan fungsi *thresholding* yang sesuai, terdapat dua jenis fungsi *thresholding* yaitu *Thresholding* Lunak, $\partial_\lambda^S=\begin{cases} A_{j,t}-\lambda & ;\ A_{j,t}<\lambda \\ 0 & ;\ A_{j,t}\leq\lambda \\ A_{j,t} & ;\ A_{j,t}>\lambda \end{cases}$ dan *Thresholding* Keras, $\partial_\lambda^H=\begin{cases} A_{j,t} & ;\ A_{j,t}\geq\lambda \\ 0 & ;\ A_{j,t}<\lambda \end{cases}$,

dengan λ adalah parameter *thresholding*. Menurut (Qhomariah dkk., 2005:8) fungsi *wavelet* dengan parameter *thresholding* ditulis sebagai

$$f_\lambda(t)=\sum_{k=1}^{\infty} P_{j,k}\phi_{j,k}(t)+\sum_{k=1}^{\infty}\sum_{j=1}^{\infty}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\partial_\lambda\frac{\sqrt{n}Q_{j,k}}{\sigma}\psi_{j,k}(t) \tag{15}$$

dengan $P_{j,k}=\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\partial_\lambda\left(\frac{\sqrt{n}c_{j,k}}{\sigma}\right)$ sebagai penduga koefisien fungsi skala dan $Q_{j,k}=\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\partial_\lambda\left(\frac{\sqrt{n}d_{j,k}}{\sigma}\right)$ sebagai penduga koefisien fungsi *wavelet*. Nilai *threshold* dilambangkan dengan λ, nilai *threshold* yang terlalu besar akan memberikan hasil estimasi yang sangat halus (Hapsari dkk., 2009:5). Dalam pemilihan parameter terdapat dua kriteria yaitu *global thresholding* dan *level-dependent thresholding*. Menurut Ogden (1997) untuk pemilihan *global thresholding*, terdiri atas dua pemilihan *threshold* yang hanya bergantung pada banyaknya data pengamatan N yaitu *minimax threshold* dan *universal threshold*.

1. *Minimax threshold*

Minimax threshold digunakan untuk mendapatkan hasil optimal dengan fungsi *thresholding* lunak atau fungsi *thresholding* keras. Menurut (Wang dkk., 2015) *minimax threshold* ditulis sebagai

$$\lambda^M=\begin{cases}\sigma(0{,}3936+0{,}1829\ \log_2 N) & ;N>32 \\ 0 & ;N<32\end{cases}$$

dengan $\sigma=\frac{Median(|A_{j,t}|)}{0{,}6745}$

Menurut (Donoho dan Johnstone, 1998:3) tabel nilai *minimax threshold* λ^M dengan N menunjukkan jumlah data dan λ^M merupakan nilai *threshold* yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai *Minimax Threshold*

N	λ^M	N	λ^M
2	0	512	2,048
4	0	1024	2,232
8	0	2048	2,414
64	1,474	4096	2,594
128	1,669	8192	2,773
256	1,860	16384	2,952

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa nilai *minimax threshold* yang digunakan bergantung pada banyaknya jumlah data pada N.

ISSN 2807-324X (Online)

2. *Universal Threshold* (λ^{VS})

Menurut Ogden (1997) parameter *Universal threshold* ditulis sebagai

$$\lambda^{VS} = \sigma\sqrt{2\log(N)} \quad (16)$$

dengan N adalah banyaknya data dan $\sigma = \frac{Median(|A_{j,t}|)}{0,6745}$

4. Penutup

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat disimpulkan bahwa *wavelet* Daubechies dengan panjang filter empat memiliki filter skala dan filter *wavelet* yang harus memenuhi tiga sifatnya masing-masing. *Thresholding* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mereduksi *noise* pada penguraian sinyal transformasi *wavelet*.

Daftar Pustaka

Burrus, C.S., R.A Gopinath, and H. Guo. (1998). *Introduction to Wavelet and Wavelet Transform*. NJ: Prentice Hall.

Daubechies I. (1992). *Ten Lectures on wavelets, Society for Industrial and Applied Mathematics*. PA: Philadelphia.

Donoho D. L. and Johnstone I. M. (1998). *Minimax estimation via wavelet shrinkage*. *Annalys of statistics*. 26(3), 879-921.

Friedman, Jerome., T. Hastie, and R. Tibshirani. (2008). *The elements of statistical learning data mining, inference, and prediction*. California: Springer.

Hapsari, D., Suparti, dan Tarno. (2009). *Pemilihan Threshold Optimal pada Estimator Regresi Wavelet Thresholding dengan Metode Cross Validasi*. Media Statistika, FMIPA UNDIP, 2(2), 59-69.

Lestari, V. N., Subanar. (2015). *Transformasi wavelet diskret untuk data time series*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta: In Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika UNY.

Ogden, R. T. (1997). *Essential Wavelets for Statistical Applications and Data Analysis*. Boston: Birkhauser

Percival, D.B. dan Walden, A.T. (2000). *Wavelet Methods for Time Series analysis*,1st *published*. New York: Cambridge University Press.

Qhomariyah, N., B. Kusuma. P, dan F. Qodir. (2005). *Penghalusan Derau Pada Penerimaan Sinyal Video Televisi Berwarna Menggunakan Metode Wavelet*. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, 8(2), 126-136.

Ramadhan,M.D dan Setiyono,B. (2019). *Pengolahan Citra untuk Mengetahui Tingkat Kesegaran Ikan Menggunakan Metode Transformasi Wavelet Diskrit*. Jurnal Sains dan Seni ITS, 8(1), 2337-3520.

Soeparno, H dan G. Wikaria. (2010). *Perancangan program aplikasi noise pada citra digital menggunakan metode berbasis wavelet*. Jurnal MatStat, 10(1), 76-86.

Sutarno. (2010). *Analisis Perbandingan Transformasi Wajah pada Pengenalan Citra Wajah*. Jurnal Generic, 5(2), 15-21.

Verma, Nemaa. (2015). *Performance Analysis of Wavelet Thresholding Methods in Denoising of Audio Signals of Some Indian Musical Instruments*. International journal of engineering science and technology, 4(5), 2047-2052.

Wang, R., Can, H., Jianchun, X., Juelong, L., *and* Q. Yang. (2015). *A New Wavelet Threshold Determination Method Considering Interscale Correlation in Signal Denoising*. Journal of Hindawi.