

# Analisis Fungsi Wavelet Daubechies untuk Sinyal Suara dengan Panjang Segmen Berbeda

Habib Ratu Perwira Negara<sup>1\*</sup>, Syahroni Hidayat<sup>2</sup>, Danang Tejo Kumoro<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Informatika, STMIK Bumigora Mataram

<sup>1</sup>[habib.ratu27@gmail.com](mailto:habib.ratu27@gmail.com), <sup>2</sup>[syahroni.hidayat@stmiknumigora.ac.id](mailto:syahroni.hidayat@stmiknumigora.ac.id), <sup>3</sup>[danangmoro@gmail.com](mailto:danangmoro@gmail.com)

## Abstract

Wavelets Daubechies have been widely applied to signal processing, such as automatic speech recognition system. Wavelet Daubechies, which is one of the wavelet families distinguished by its order, defined as  $N$ . The magnitude of the order  $N$  value has an influence on the wavelet decomposition where with the greater  $N$  value there is an increase in the smoothness of multiresolution analysis results. However, not all order Daubechies wavelet can give the same good recognition results so that its application still such as trial and error. Therefore, it is necessary to determine the order of the Daubechies wavelet base function on the Indonesian voice signal through its similarity level. The method can be used to determine the similarity level between speech signal and wavelet Daubechies function  $N$  order by calculating its cross-correlation coefficient. The result shows that there is inconsistency of the best wavelet daubechies basis function for Indonesian vowels a, i, u, e, è, o, and ò. Which db45 and db44 are the best wavelet Daubechies basis function on 2048 and 1024 segmentation length respectively.

**Keywords**— *wavelet, wavelet Daubechies  $N$  order (dbN), cross-correlation.*

## 1. PENDAHULUAN

Wavelet telah banyak diaplikasikan dalam bidang penelitian terkait pemrosesan sinyal. Misalnya pada pengenalan suara otomatis, wavelet digunakan dalam ekstraksi ciri suatu sinyal suara. Selain itu, wavelet mengungguli FFT karena mampu memetakan sinyal ke dalam domain frekuensi-waktu secara bersamaan sehingga dalam prosesnya tidak terjadi kehilangan data sinyal [1], [2]. Salah satu *family* wavelet yang banyak diaplikasikan pada pengenalan sinyal suara adalah wavelet Daubechies. Proses transformasi wavelet merupakan proses penyaringan menggunakan tapis. Tapis wavelet Daubechies memiliki koefisien respon yang dinotasikan sebagai tapis Daubechies (dbN), notasi  $N$  adalah orde tapis wavelet yang digunakan. Besaran nilai orde  $N$  memiliki pengaruh terhadap hasil dekomposisi wavelet. Dimana kelebihan menggunakan wavelet dbN dengan nilai  $N$  lebih besar adalah adanya peningkatan pada hasil analisis multi-resolusinya, yaitu

isyarat yang lebih halus. Karena peningkatan nilai  $N$  menyebabkan fluktuasi nilai magnitud isyarat menjadi lebih kecil. Sifat ini sangat baik diterapkan untuk kompresi dan penghapusan derau terutama pada isyarat rata-rata dengan resolusi yang rendah[3].

Meskipun demikian penerapan wavelet Daubechies dalam aplikasi pengenalan suara masih terkesan *trial* dan *error*. Seperti yang telah dilakukan oleh [3]–[5] yang mengaplikasikan wavelet Daubechies pada pengenalan suara fonem dan suku kata. Hasilnya menunjukkan terdapat beberapa fonem dan suku kata yang cocok dengan koefisien wavelet Daubechies yang digunakan namun ada beberapa juga yang tidak. Oleh karena itu, perlu dilakukan penentuan fungsi basis wavelet yang paling mirip dengan sinyal suara yang diolah sehingga dimungkinkan akurasi pengenalannya akan menjadi lebih baik.

Terdapat beberapa metode yang telah dikembangkan untuk penentuan fungsi basis wavelet terbaik. Salah satunya

adalah dengan menghitung korelasi antara seluruh fungsi basis wavelet dengan sinyal hasil dekomposisi [6]–[8]. Pada metode ini sinyal yang diolah disegmentasi terlebih dahulu dengan panjang tertentu. Sehingga kemungkinan terjadinya perbedaan hasil fungsi wavelet terbaik untuk panjang segmen yang berbeda. Berdasarkan uraian di atas, maka pada penelitian ini digunakan korelasi silang (*cross-correlation*) untuk penentuan fungsi basis wavelet Daubechies yang paling mirip dengan sinyal suara. Sebagai tambahan analisa, sinyal suara akan disegmentasi dengan panjang berbeda.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini suara yang direkam berupa suara vokal bahasa Indonesia, yaitu *a, i, u, e, è, o, dan ò*. Perekaman dilakukan terhadap 50 orang pembicara, masing-masing 25 orang laki-laki dan 25 orang perempuan. Alat rekam berupa *headset* dengan *software* perekaman Audacity. Proses perekaman dilakukan dengan standar pengucapan suku kata mengikuti standar *International Phonetic Association* (IPA) [9]. Perekaman dilakukan di dalam ruangan tertutup untuk mengurangi derau. Pengulangan perekaman dilakukan satu kali dengan *frekuensi sampling* sebesar 16000 Hz. Durasi perekaman ± 1 detik dan hasil perekaman disimpan dalam format *\*.wav*.

### 2.2 Reduksi Derau dan Deteksi Sinyal Suara (*End Point*)

Sinyal suara hasil rekaman umumnya terdiri dari tiga keadaan, yaitu, *silence, unvoiced* dan *voiced*. *Silence* pada sinyal suara dapat dikategorikan sebagai derau (*noise*), dan adanya derau tidak hanya akan mempengaruhi proses komputasi akan tetapi juga akan mempengaruhi kualitas suara. Oleh karena itu, derau pada sinyal suara haruslah dihilangkan agar memperoleh kualitas suara yang lebih baik serta menghemat komputasi karena yang diproses hanyalah sinyal *voiced* saja. Untuk memisahkan sinyal *voiced* dapat dengan menghapus *silence* dan mendeteksi titik akhir (*end point*) dari sinyal suara [10]. Penentuannya dengan menggunakan *Short-*

*Time Energy* (STE) dan *Short-Time Zero Crossing Rate* (ZCR) [11].

$$E_n = \sum_{m=-\infty}^{\infty} x(m)W(n-m) \quad (1)$$

Persamaan (1) merupakan algoritma perhitungan STE, dengan *W* merupakan fungsi *window*. Adapun algoritma perhitungan ZCR diberikan pada persamaan (2). Pada ZCR juga menggunakan fungsi *window* sama seperti STE. Selain itu pada ZCR menggunakan fungsi *signum*.

$$Z_n = \sum_{m=-\infty}^{\infty} |sgn[x(m)] - sgn[x(m-1)]|W(n-m) \quad (2)$$

### 2.3 Normalisasi dan Korelasi

Pada proses perekaman, hasil rekaman sinyal suara yang berulang-ulang membuat level energi yang diperoleh akan bertingkat-tingkat, hal ini disebabkan perubahan jarak mikrofon dan sumber sinyal. Normalisasi amplitudo diterapkan untuk mengatasi tingkat energi yang tidak konsisten antara sinyal dan dinyatakan pada persamaan (3) [12].

$$S_{no}(n) = \frac{S(n)}{\max(abs(S(n)))} \quad (3)$$

Adapun korelasi merupakan pengukuran statistik untuk menentukan derajat kesamaan linier antara dua variabel berbeda. Dua variabel dapat dikatakan berkorelasi jika koefisiennya bernilai antara -1 dan +1. Semakin dekat nilai koefisien dengan -1 atau +1 maka korelasi semakin kuat. Korelasi antar dua variabel dinyatakan oleh [6], [12]:

$$\rho_{x,y} = \frac{cov(x,y)}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{E((x-\mu_x)(y-\mu_y))}{\sigma_x \sigma_y} \quad (4)$$

Rumus di atas mensyaratkan adanya kesamaan antara panjang data yang akan diukur tingkat korelasinya. Sehingga untuk data sinyal suara yang memiliki panjang data yang beragam, terdapat metode perhitungan korelasi tersendiri yang disebut

korelasi silang. Rumus korelasi silang dinyatakan sebagai [13]:

$$\rho_{x,y}(l) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n)y(n-l) \quad (5)$$

#### 2.4 Transformasi Wavelet

Wavelet adalah gelombang dengan durasi terbatas yang memiliki nilai rata-rata nol, tidak seperti sinusoid yang secara teoritis memiliki panjang dari minus ke plus tak hingga, sementara wavelet memiliki awal dan akhir. Atau dapat dikatakan sebagai gelombang pendek atau singkat. Dalam wavelet dikenal dua metode transformasi yaitu transformasi diskrit dan transformasi kontinyu. Pada aplikasinya transformasi diskrit lebih hemat dalam komputasi, namun transformasi kontinyu lebih baik dan efisien karena mampu mempertahankan seluruh informasi tanpa melakukan *downsampling*. Persamaan umum wavelet kontinyu adalah :

$$CWT(t, \omega) = \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^{\frac{1}{2}} \int_{-\infty}^{+\infty} s(t) \psi\left(\frac{\omega}{\omega_0}(t-t')\right) dt' = \{s(t), \psi(t)\} \quad (6)$$

Dengan  $\{ \}$  adalah *inner product* sinyal  $\psi \in L^2(\mathfrak{R}) \setminus \{0\}$  yang sering disebut sebagai *mother wavelet*. *Mother wavelet* harus memenuhi kondisi :

$$0 < c_{\psi} = 2\pi \int_{-\infty}^{+\infty} |\hat{\psi}(\xi)|^2 \frac{d\xi}{|\xi|} < +\infty \quad (7)$$

dan  $\omega/\omega_0$  adalah faktor skala[6].

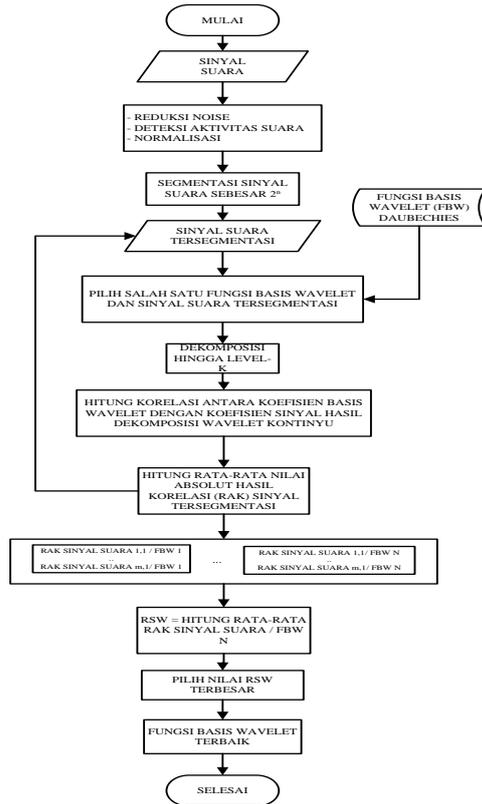
*Mother wavelet* menghasilkan semua fungsi wavelet yang digunakan dalam transformasi melalui translasi dan penskalaan, maka *mother wavelet* juga akan menentukan karakteristik dari transformasi wavelet yang dihasilkan. Oleh karena itu, perlu perhatian yang teliti terhadap penerapan wavelet dan pemilihan yang tepat terhadap *mother wavelet* harus dilakukan agar dapat menggunakan transformasi wavelet secara efisien[14]. Perbedaan *mother wavelet* ini menyebabkan wavelet dibagi menjadi ke dalam beberapa *family*, di antaranya Haar, Daubechies, Symlet, Coiflet, Meyer,

Mexican Hat, B-spline dan lain-lain [15]. Wavelet Daubechies, symlet dan coiflet merupakan fungsi asimetris. Di antara ketiga fungsi ini, Daubechies yang paling banyak diaplikasikan pada pengenalan suara otomatis.

#### 2.5 Alur Penelitian

Jalannya penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1. Ini merupakan pengembangan dari algoritma pemilihan wavelet yang telah dilakukan oleh Rafiee [6]. Pertama-tama suara hasil perekaman dihilangkan deraunya. Kemudian dilakukan pendeteksian titik akhir sinyal suara (*end point*). Selanjutnya dilakukan normalisasi untuk memperoleh nilai amplitudo maksimal yang seragam. Berikutnya adalah masing-masing sinyal suara disegmentasi sebesar 2048 dan 1024 data kemudian didekomposisi sampai level ke-4. Tujuannya adalah untuk mengurangi efek redundansi yang biasanya terjadi pada transformasi wavelet kontinyu. Setiap segmen hasil dekomposisi sinyal suara dihitung nilai korelasi silangnya terhadap seluruh fungsi basis wavelet Daubechies (dbN).

Hasil dekomposisi kemudian dihitung koefisiennya menggunakan transformasi wavelet kontinyu pada skala 4. Nilai koefisien wavelet inilah yang kemudian dikorelasikan dengan fungsi basis wavelet menggunakan korelasi silang. Proses berlanjut hingga seluruh segmen sinyal telah dihitung nilai korelasi silangnya dengan seluruh fungsi basis Daubechies. Setelah semua sinyal suara dihitung nilai korelasinya, kemudian dilanjutkan dengan proses penentuan fungsi basis wavelet terbaik. Yaitu, dengan menghitung nilai maksimal dari rata-rata nilai korelasi untuk seluruh sinyal suara.



Gambar 1. Flowchart pemilihan fungsi basis wavelet

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan korelasi silang seluruh sinyal suara vokal bahasa Indonesia terhadap fungsi basis wavelet Daubechies, diketahui bahwa untuk panjang segmen 2048, yang terbaik adalah **db45**. Adapun jika dikelompokkan berdasarkan jenis kelamin, maka fungsi basis wavelet Daubechies terbaik untuk seluruh suara vokal pria bahasa Indonesia adalah **db44**. Sedangkan untuk seluruh seluruh vokal wanita bahasa Indonesia adalah **db45**. Sementara untuk panjang segmen 1024, wavelet daubechies untuk seluruh vokal adalah **db44**. Untuk jenis kelamin berbanding terbalik yaitu db45 untuk suara vokal pria dan db44 untuk suara vokal wanita. Lebih ringkasnya disajikan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Fungsi basis wavelet terbaik

| No | Jenis Vokal                                      | 2048                  |                   | 1024                  |                   |
|----|--|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|
|    |  | Rata-rata Nilai Maks. | Family Wavelet db | Rata-rata Nilai Maks. | Family Wavelet db |
| 1  | Seluruh Vokal ( <i>a, i, u, e, è, o, dan ò</i> ) | 10.77                 | 45                | 7.32                  | 44                |
| 2  | Suara Vokal Pria                                 | 10.87                 | 44                | 7.35                  | 45                |
| 3  | Suara Vokal Wanita                               | 10.68                 | 45                | 7.30                  | 44                |

Dari Tabel 1 di atas dapat disimpulkan bahwa adanya ketidakkonsistenan hasil wavelet Daubechies terbaik untuk sinyal suara vokal bahasa Indonesia. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan panjang segmen yang dilakukan. Dimana perbedaan panjang segmen mencapai 2 kali lipat. Namun meskipun demikian, hal ini membuktikan bahwa peningkatan orde wavelet Daubechies mempengaruhi hasil dekomposisi wavelet. Dimana adanya peningkatan pada hasil analisis multi-resolusinya, yaitu isyarat yang lebih halus. Karena peningkatan nilai orde menyebabkan fluktuasi nilai magnitud isyarat menjadi lebih kecil.

### 4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dilakukan penentuan orde fungsi basis wavelet Daubechies terbaik untuk sinyal suara suku kata bahasa Indonesia dengan metode korelasi silang. Suku kata difokuskan pada vokal *a, i, u, e, è, o, dan ò*. Segmentai sinyal yang digunakan berukuran 2048 dan 1024 data. Dari hasil analisis diperoleh bahwa untuk kedua kondisi panjang segmen data tersebut diperoleh orde fungsi wavelet Daubechies terbaik yang tidak konsisten untuk sinyal suara vokal bahasa Indonesia, yaitu secara berturut-turut adalah db45 dan db44. Adapun berdasarkan jenis kelamin maka orde fungsi basis wavelet db44 dan fungsi basis wavelet db45 secara berturut-turut merupakan fungsi terbaik untuk suara

vokal pria dan wanita dengan panjang segmen 2048. Sedangkan untuk panjang segmen 1024 data maka orde fungsi basis wavelet db45 dan fungsi basis wavelet db44 secara berturut-turut merupakan fungsi terbaik untuk suara vokal pria dan wanita.

## 5. SARAN

Penggunaan panjang segmen yang lebih kecil, misal sebesar 512 dan 256, dapat digunakan untuk menganalisa konsistensi hasil orde fungsi wavelet Daubechies terbaik. Yaitu dengan menghitung hasil korelasi silang rata-rata untukkeseluruhan panjang segmen.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. R. Rashmi, "Review of Algorithms and Applications in Speech Recognition System," *Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 5, no. 4, pp. 5258–5262, 2014.
- [2] M. A. Anusuya and S. K. Katti, "Front end analysis of speech recognition: a review," *Int. J. Speech Technol.*, vol. 14, no. 2, pp. 99–145, Jan. 2011.
- [3] S. Hidayat, R. Hidayat, and T. B. Adji, "SPEECH RECOGNITION OF KV-PATTERNED INDONESIAN SYLLABLE USING MFCC, WAVELET AND HMM," *J. Ilm. Kursor*, vol. 8, no. 2, pp. 67–78, 2015.
- [4] R. Hidayat, Priyatmadi, and W. Ikawijaya, "Wavelet based feature extraction for the vowel sound," in *2015 International Conference on Information Technology Systems and Innovation, ICITSI 2015 - Proceedings*, 2015, pp. 1–4.
- [5] O. Farooq and S. Datta, "Phoneme recognition using wavelet based features," in *Information Sciences*, 2003, vol. 150, no. 1–2, pp. 5–15.
- [6] J. Rafiee, M. A. Rafiee, N. Prause, and M. P. Schoen, "Wavelet basis functions in biomedical signal processing," *Expert Syst. Appl.*, vol. 38, no. 5, pp. 6190–6201, 2011.
- [7] J. Rafiee, P. W. Tse, A. Harifi, and M. H. Sadeghi, "A novel technique for selecting mother wavelet function using an intelligent fault diagnosis system," *Expert Syst. Appl.*, vol. 36, no. 3, pp. 4862–4875, 2009.
- [8] J. Rafiee and P. W. Tse, "Use of autocorrelation of wavelet coefficients for fault diagnosis," *Mech. Syst. Signal Process.*, vol. 23, pp. 1554–1572, 2009.
- [9] International Phonetic Association, "IPA Learning Tool." [Online]. Available: <http://www.internationalphoneticalphabet.org/ipa-learning-tool/IPA-Interface/ipa-chart-with-sounds2.html>. [Accessed: 01-Jan-2015].
- [10] S. Hidayat, U. Hasanah, and A. A. Rizal, "Algoritma Penghapus Derau / Silence Dan Penentuan Endpoint Dengan Nilai Ambang Terbotot Untuk Sinyal Suara," in *Seminar Nasional APTIKOM (SEMNASTIKOM)*, 2016, no. October 2016, pp. 320–323.
- [11] S. Poornima, "Basic Characteristics of Speech Signal Analysis," *Int. J. Innov. Res. Dev.*, vol. 5, no. 4, pp. 1–5, 2016.
- [12] X. Huang, A. Acero, and H.-W. Hon, *Spoken Language Processing: A Guide to Theory, Algorithm and System Development*. Prentice Hall, 2001.
- [13] V. K. Ingle and J. G. Proakis, *Digital Signal Processing using MATLAB*, 3rd ed. USA: CENGAGE Learning, 2012.
- [14] N. Ahuja, S. Lertrattanapanich, and N. K. Bose, "Properties determining choice of mother wavelet," in *IEE Proc.-Vis. Image Signal Process.*, 2005, vol. 152, no. 5.
- [15] PYWAVELET, "WAVELET BROWSER." [Online]. Available: <http://wavelets.pybytes.com/wavelet/db3/>. [Accessed: 21-May-2015].