

ANALISA IMAGE SIDIK JARI DIGITAL MENGGUNAKAN METODE WAVELET PAKET

**Oleh:
Suparti**

Staf Pengajar Jurusan Matematika, FMIPA, Undip

Abstrak

Dalam proses pengiriman image seringkali mengalami noise (gangguan) yang mengakibatkan image yang diterima menjadi tidak jelas (kabur). Untuk mendapatkan image yang mirip dengan aslinya maka gangguan ini harus dihilangkan (denoising). Dalam usaha menghilangkan noise biasanya ada informasi yang hilang. Oleh karena itu perlu dicari metode yang dapat meminimalkan informasi yang hilang.

Dalam penelitian ini dilakukan perbandingan analisa image sidik jari digital menggunakan metode wavelet (DWT) dan metode wavelet paket (WPT) dengan tujuan menentukan image sidik jari terbaik dan menentukan metode yang lebih efektif. Penelitian ini merupakan kajian literatur yang dikembangkan dengan simulasi.

Dalam analisa image sidik jari digital metode WPT lebih efektif dari metode DWT.

Kata-kata kunci : wavelet, wavelet paket, analisa image sidik jari digital.

PENDAHULUAN

Sebelum dikembangkan wavelet para ilmuwan menggunakan deret Fourier untuk menganalisa kelakuan fungsi gelombang. Namun ditengah perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, cara ini dirasa kurang efektif karena di dalam dunia riil, gelombang yang dianalisa biasanya bukan merupakan gelombang periodik sederhana, tetapi merupakan gelombang-gelombang lokal, seperti gelombang bunyi, gelombang elektromagnetik dan lain-lain. Gelombang-gelombang seperti ini tidak mudah didekati oleh deret Fourier karena memerlukan koefisien Fourier yang sangat banyak, sehingga tidak efektif. Metode wavelet merupakan suatu metode baru yang lebih efektif dari deret Fourier karena basis dalam wavelet ditentukan oleh letak dan skalanya sehingga mampu menangani masalah-masalah lokal yang tidak dapat dilakukan oleh Fourier.

Salah satu aplikasi deret wavelet untuk menganalisa image, seperti analisa image wajah dan sidik jari dalam bidang kriminal, serta analisa magnetik resonansi (MR) image brain dalam bidang kedokteran.

Dalam analisa image sidik jari, misalkan ada seorang pelaku tindak pidana yang belum teridentifikasi tetapi hanya meninggalkan jejak berupa sidik jari, maka kepolisian akan bekerja

sama dengan kepolisian daerah bahkan negara lain untuk memburu pelaku kejahatan. Kepolisian akan mengirimkan image sidik jari ke beberapa daerah lain diantaranya melalui satelit. Dalam perjalanan pengiriman image melalui satelit biasanya terjadi gangguan (noise) yang disebabkan faktor-faktor tertentu misalnya cuaca atau yang lain, yang akan mempengaruhi kualitas image sehingga image yang diterima akan terjadi penyimpangan dari image aslinya. Untuk mendapatkan image yang sesuai dengan aslinya maka penyimpangan tersebut harus dihilangkan. Dalam usaha menghilangkan penyimpangan image tersebut, tentu ada sebagian informasi yang hilang sehingga image yang diperoleh tidak dapat sama persis dengan aslinya. Oleh karena itu perlu dicari metode yang mampu meminimalkan informasi yang hilang.

Dalam penelitian ini dilakukan perbandingan analisa sidik jari digital menggunakan metode wavelet (DWT) dan wavelet paket (WPT). Tujuan penelitian ini menentukan image sidik jari terbaik dari sidik jari yang telah mendapat penyimpangan (noise) dan menentukan metode yang efisien dan dapat meminimalkan informasi yang hilang.

Menentukan image dari image yang telah mendapatkan noise (denoising) merupakan aplikasi nyata dalam penentuan estimasi fungsi regresi. Jika ada n data pengamatan independen $\{(X_i, Y_i)\}_{i=1}^n$ maka untuk mencari hubungan antara X dan Y ekuivalen dengan mencari suatu fungsi f yang memenuhi model

$$Y_i = f(X_i) + \varepsilon_i, \quad (1)$$

dengan $i = 1, 2, \dots, n$, sedangkan f fungsi regresi yang tidak diketahui dan ε_i (error) variabel galat random independen dengan mean 0 dan varian σ^2 .

Salah satu ukuran kebaikan estimator dari f dapat dilihat dari tingkat kesalahannya. Semakin kecil tingkat kesalahannya semakin baik estimasinya. Suatu ukuran kesalahan dapat dilihat dari IMSE (integral rata-rata kesalahan kuadrat) atau MSE (Rata-rata kesalahan kuadrat). Deret Fourier merupakan deret ortogonal dengan basis yang terdiri dari fungsi konstan, sinus, dan cosinus. Pengembangan deret Fourier menjadi deret wavelet dengan mengganti basis dalam Fourier dengan basis fungsi wavelet^[1]. Konvergensi IMSE dari estimator deret Fourier untuk fungsi mulus lebih besar dari konvergensi IMSE dari estimator wavelet^[2]. Jadi metode wavelet lebih efektif dari metode Fourier. Selanjutnya wavelet dikembangkan menjadi wavelet paket dengan memberi indeks osilasi pada fungsi wavelet^[3,4]. Dalam analisa image digital digunakan fungsi wavelet dan wavelet paket 2-D (dua dimensi). Dalam penelitian ini dilakukan perbandingan keefektifan antara metode wavelet (DWT) dan metode wavelet paket (WPT).

METODOLOGI

Penelitian ini merupakan kajian secara teoritis yang dikembangkan dengan simulasi. Dalam simulasi diberikan image sidik jari digital yang kemudian diberi noise sehingga imagenya terjadi penyimpangan. Dari image yang telah terjadi penyimpangan kemudian direkonstruksi dengan metode wavelet (DWT) dan metode wavelet paket (WPT) dengan bantuan software S+Wavelets dan dibandingkan besar MSE nya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Wavelet.

Fungsi wavelet paling sederhana pertama kali diperkenalkan oleh Haar tahun 1910. Jenis wavelet dibedakan menjadi 2 yaitu wavelet induk Ψ dan wavelet bapak ϕ yang keduanya melahirkan seluruh keluarga wavelet $\Psi_{j,k}(x) = 2^{j/2}\Psi(2^jx - k)$ dan $\phi_{j,k}(x) = 2^{j/2}\phi(2^jx - k)$. Wavelet lain yang merupakan pengembangan dari wavelet Haar adalah wavelet Daubechies, wavelet simetris (symmlet) dan coiflet^[5]. Wavelet-wavelet ini bersifat ortonormal. Jika f fungsi sembarang dalam $L^2(\mathbb{R})$ maka f dapat direpresentasikan ke dalam basis wavelet ortonormal,

$$f(x) = \sum_k c_{j_0,k} \phi_{j_0,k} + \sum_{j \geq j_0} \sum_k d_{j,k} \Psi_{j,k}, \quad (2)$$

dengan koefisien wavelet $c_{j_0,k} = \langle f, \phi_{j_0,k} \rangle$ dan $d_{j,k} = \langle f, \Psi_{j,k} \rangle$ ^[1].

Transformasi wavelet diskrit (DWT) merupakan bentuk diskrit dari koefisien wavelet $c_{j_0,k}$ dan $d_{j,k}$.

Jika ada sekumpulan data independen $\{(X_i, Y_i)\}_{i=1}^n$, dengan $n = 2^m$, m bilangan bulat positif dan mempunyai model (1) dan X_i rancangan titik reguler pada ruang $[0,1]$ dengan $X_i = i/n$, maka estimator regresi wavelet non linier dengan nilai ambang λ adalah

$$\hat{f}_\lambda(x) = \sum_k \hat{c}_{j_0,k} \phi_{j_0,k}(x) + \sum_{j \geq j_0} \sum_{k=0}^{2^j-1} \hat{\partial}_\lambda(\hat{d}_{j,k}) \Psi_{j,k}(x), \quad (3)$$

dengan $\hat{c}_{j_0,k} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i \phi_{j_0,k}(X_i)$, $\hat{d}_{j,k} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i \Psi_{j,k}(X_i)$ dan ∂ merupakan fungsi ambang^[6].

Selanjutnya representasi fungsi satu dimensi (2) dapat dikembangkan pada fungsi dua dimensi, yaitu jika $f \in L^2(\mathbb{R}^2)$ maka f dapat direpresentasikan dalam basis wavelet 2-D:

$$f(x, y) = \sum_{k,l} c_{j_0,k,l} \phi_{j_0,m,n}(x, y) + \sum_{j \geq j_0} \sum_{k,l} d^v_{j,k,l} \psi^v_{j,k,l}(x, y) + \sum_{j \geq j_0} \sum_{k,l} d^h_{j,k,l} \psi^h_{j,k,l}(x, y) + \sum_{j \geq j_0} \sum_{k,l} d^d_{j,k,l} \psi^d_{j,k,l}(x, y) \quad (4)$$

dengan fungsi wavelet :

$$\begin{aligned} \phi_{j_0,k,l}(x,y) &= 2^{j_0} \phi(2^{j_0}x - k, 2^{j_0}y - l), & \psi^v_{j,k,l}(x,y) &= 2^j \psi^v(2^jx - k, 2^jy - l), \\ \psi^h_{j,k,l}(x,y) &= 2^j \psi^h(2^jx - k, 2^jy - l), & \psi^d_{j,k,l}(x,y) &= 2^j \psi^d(2^jx - k, 2^jy - l), \end{aligned}$$

dan koefisien wavelet :

$$\begin{aligned} c_{j_0,k,l} &= \iint \phi_{j_0,k,l}(x,y) f(x,y) dx dy, & d^v_{j,k,l} &= \iint \psi^v_{j,k,l}(x,y) f(x,y) dx dy, \\ d^h_{j,k,l} &= \iint \psi^h_{j,k,l}(x,y) f(x,y) dx dy, & d^d_{j,k,l} &= \iint \psi^d_{j,k,l}(x,y) f(x,y) dx dy \quad [4]. \end{aligned}$$

Analisa Wavelet Paket.

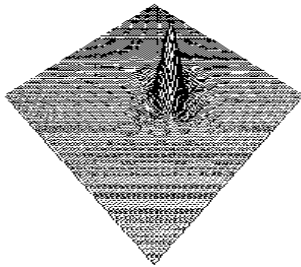
Wavelet paket merupakan pengembangan dari wavelet biasa, yaitu dengan menambahkan parameter yang merupakan indeks osilasi atau indeks frekuensi b pada fungsi wavelet bapak $\phi(x)$ ^[3]. Wavelet paket ini dinotasikan dengan $W_b(x)$. Untuk $b = 0$ maka $W_0(x) \equiv \phi(x)$ sedangkan $b = 1$ maka $W_1(x) \equiv \psi(x)$. Nilai b yang besar menunjukkan bahwa wavelet paket mempunyai banyak osilasi atau frekuensi tinggi. Keluarga wavelet paket lokasi dan translasi dinotasikan dengan $W_{j,b,k}$ diperoleh dengan melakukan translasi dan dilatasi dari W_b dengan $W_{j,b,k}(x) = 2^{j/2} W_b(2^j x - k)$. Seperti halnya dalam analisa wavelet indeks j menyatakan level resolusi dan k menyatakan translasi sedangkan b menyatakan parameter osilasi. Representasi fungsi dalam wavelet paket adalah

$$f(x) = \sum_j \sum_b \sum_k w_{j,b,k} W_{j,b,k}(x), \quad (5)$$

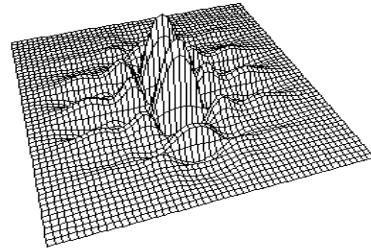
dengan koefisien wavelet paket, $w_{j,b,k} = \int W_{j,b,k}(x) f(x) dx$ dan $\{j,b\} \in P \subseteq \mathbb{Z} \times \mathbb{N}$ sedemikian sehingga interval $I_{j,b} = \{[2^j b, 2^j(b+1)), \{j,b\} \in P\}$ membentuk selimut terhitung (cover caountable)

interval $[0, \infty)$ dan saling asing^[4]. Transformasi wavelet paket (WPT) merupakan bentuk diskrit dari koefisien wavelet paket $w_{j,b,k}$.

Dalam analisa image sidik jari digital dengan metode DWT dan WPT basis yang digunakan adalah basis fungsi wavelet dan wavelet paket 2-D. Berikut diberikan contoh wavelet 2-D dan wavelet paket 2-D.



Gambar 1. wavelet 2-D (Symmlet (s12))



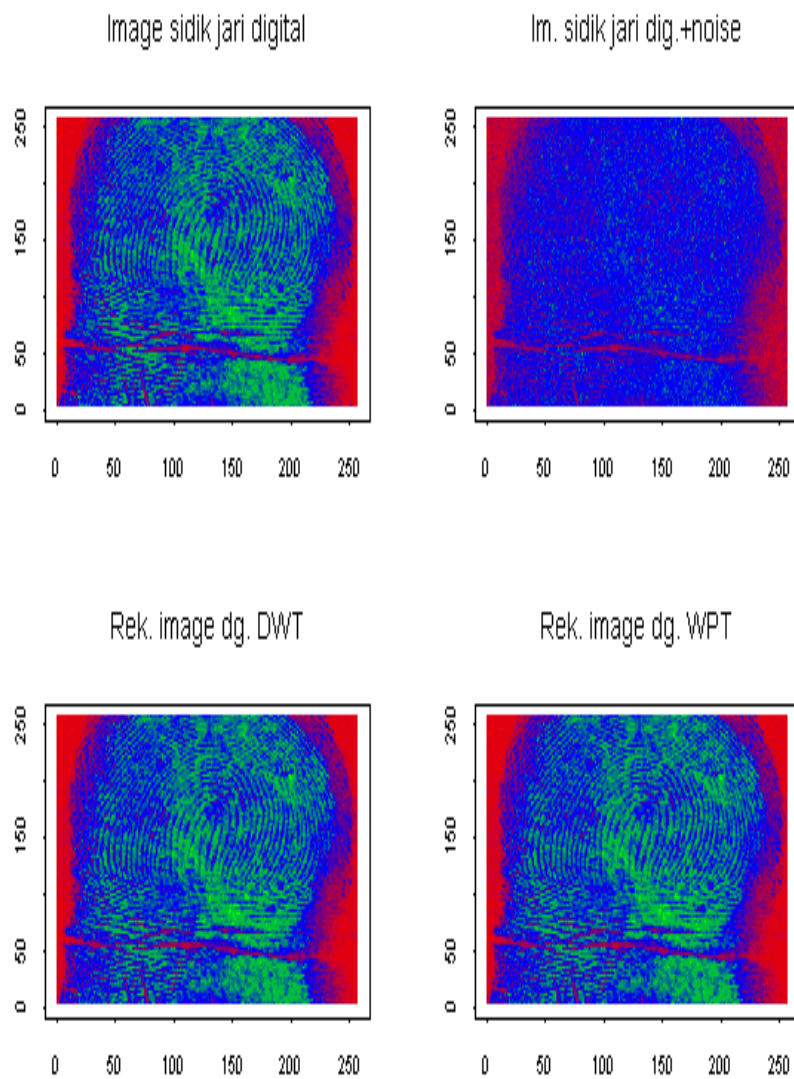
Gambar 2 : wavelet paket 2-D ($W_{4,2}(x,y)$)

Perbandingan analisa image sidik jari digital menggunakan metode wavelet (DWT) dan metode wavelet paket (WPT).

Berikut ini diberikan simulasi analisa image sidik jari menggunakan metode wavelet (DWT) dan metode wavelet paket (WPT). Pertama, diberikan image sidik jari digital dari seseorang (gb.3 kiri atas). Selanjutnya gambar 3 (kiri atas) tersebut diberikan sejumlah noise sehingga terjadi penyimpangan dari image aslinya (gb.3 kanan atas). Dari gambar 3 (kanan atas), selanjutnya direkonstruksi dengan menggunakan sejumlah koefisien DWT dan WPT. Hasil rekonstruksi dengan metode DWT dan WPT diberikan gambar 3 (kiri bawah) dan gambar 3 (kanan bawah). Kebaikan analisa dapat dilihat secara visualisasi maupun dari besarnya MSE. Secara visualisasi dapat dilihat dari kemiripan antara image aslinya dengan image hasil analisa. Biasanya dalam dunia nyata image aslinya tidak diketahui, karena yang ditangkap hanya image yang telah terjadi penyimpangan. Jadi akan sangat membantu jika digunakan MSE sebagai penentuan image terbaik. Besar MSE dari rekonstruksi image didasarkan pada K

koefisien terbesar sama dengan fungsi konsentrasi energi $E_x(K) = \frac{\sum_{i=1}^K x_{(i)}^2}{\sum_{i=1}^n x_i^2}$ dengan $x_{(i)}$ nilai koefisien terbesar ke i ^[3].

Dari perbandingan MSE (gb.4 kanan) terlihat bahwa MSE dengan metode WPT lebih kecil secara seragam dari MSE dengan metode DWT. Ini menunjukkan bahwa metode WPT lebih efisien dari metode DWT. Metode WPT ini merupakan metode standar yang digunakan oleh FBI dalam kompresi image sidik jari digital. Selanjutnya direkonstruksi juga dengan menggunakan metode WPT pada basis terbaik (WPT-BB) dan dibandingkan MSEnya (gambar 4). Dari gambar 4 (kiri), secara visual garis-garis sidik jari lebih jelas dari gambar 3 (kanan bawah) dan perbandingan MSE (gambar 4 kanan) terlihat bahwa MSE dengan metode WPT-BB lebih kecil secara seragam dari MSE dengan metode WPT-FBI. Ini menunjukkan bahwa rekonstruksi dengan WPT-BB lebih efisien dari rekonstruksi dengan WPT-FBI. Secara visual, image hasil rekonstruksi dengan metode DWT, WPT-FBI dan WPT-BB yang ditampilkan pada gambar 3 (kiri bawah), gambar 3 (kanan bawah) dan gambar 4 (kiri) hampir sama (sulit dibedakan). Ini dikarenakan rekonstruksi tersebut menggunakan rasio kompresi 1:1. Pada rekonstruksi ini besar ketiga MSE nya berimpit (hampir sama dengan 0). Jika image direkonstruksi menggunakan rasio kompresi 20:1 atau ke atas maka secara visual ketiga gambar akan terlihat perbedaannya.



Gambar 3.

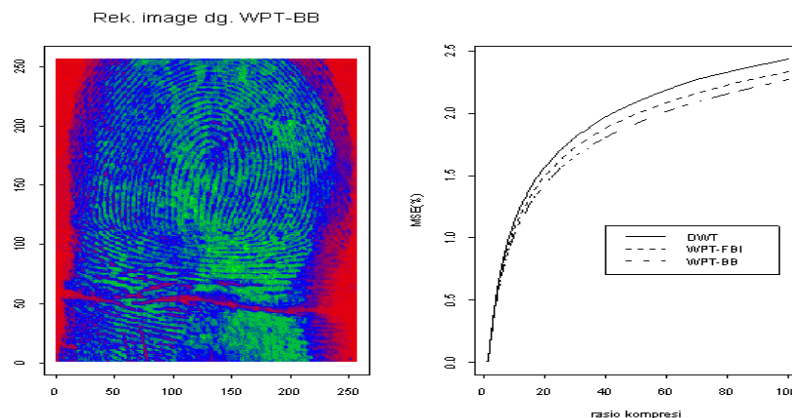
Keterangan gambar 3:

kiri atas : Image sidik jari digital

kanan atas : Image sidik jari digital + noise

kiri bawah : Rekonstruksi image dengan metode DWT

kanan bawah : Rekonstruksi image dengan metode WPT-FBI



Gambar 4

Keterangan gambar 4:

kiri : Rekonstruksi image sidik jari dengan metode WPT-BB

kanan : Perbandingan MSE antara metode DWT, WPT-FBI dan WPT-BB

KESIMPULAN DAN SARAN

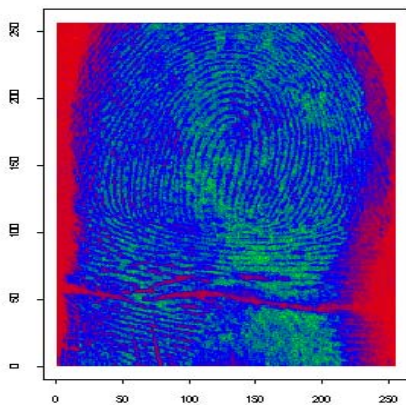
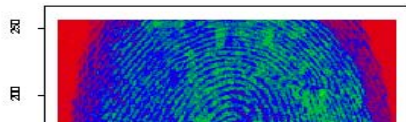
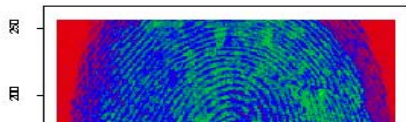
Dari hasil pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa analisa image sidik jari dengan metode wavelet paket standar FBI (WPT - FBI) lebih baik dari metode wavelet biasa (DWT) dan analisa image sidik jari dengan metode WPT basis terbaik (WPT-BB) lebih baik dari metode WPT - FBI.

Agar diperoleh hasil visual yang optimal dan meyakinkan perlu ditunjang peralatan yang memadai, yaitu dengan monitor dan alat pencetak yang mempunyai resolusi tinggi.

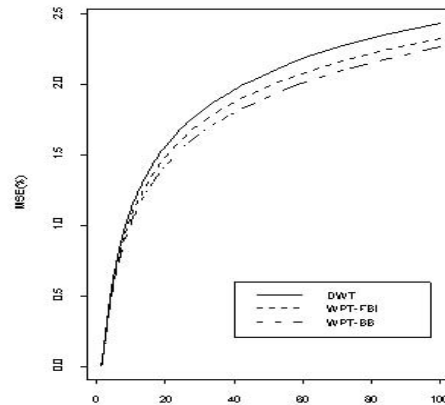
DAFTAR PUSTAKA

1. Hall,P. and Patil,P, *On Wavelet Methods for Estimating Smooth Functions*, Bernoulli 1(1/2), 1995, hlm. 041-058.
2. Suparti dan Subanar, *Estimasi Regresi dengan Metode Wavelet Shrinkage*, Jurnal Sains & Matematika ,Volume 8, Nomor 3, 2000,hlm 105-113.
3. Bruce,A. dan Gao,Hong-Ye, *Applied Wavelet Analysis with S-PLUS*, Springer, New York,1996,hlm.171-196.
- 4.Vidakovic,B, *Statistical Modeling by Wavelets*, John Wiley&Sons,Inc.,New York.,1999,hlm133-138,153-160.
5. Daubechies, I, *Ten Lectures on Wavelets*,Capital City Press, Philadelpia, 1992.

6. Hall,P. and Patil,P.(1996), *On the Choice of Smoothing Parameter, Threshold and Truncation in Nonparametrik Regression by non-linier Wavelet Methods*,J.R.Statist.Soc.B 58, No.2,1996, hlm. 361-377.



Gib.7: Ret. image dg. WPT-BB



Gib.8: Perbandingan MSE dan risiko kompresi