

IMAGE ENHANCEMENT MENGGUNAKAN METODE LINEAR FILTERING DAN STATIONARY WAVELET TRANSFORM

Silvester Tena

Staff Pengajar Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknik
Universitas Nusa Cendana, Kupang

Abstrak

The aim of the research is image enhancement using the linear filtering and the Stationary Wavelet Transform (SWT) method. The linear filtering method using in this research is median filter, low pass filter and wiener filter and the SWT method using wavelet haar/db1. The Noise as input for source image is salt&pepper and gaussian. The quality of image enhancement determined by qualitative and quantitative assessments. Quantitative performance of the method can be measured by MSE and PSNR.

The research shows that ever greater of the noise density cause the value of MSE uphill progressively but the value of PSNR decrease progressively. The qualitative assessment depend on the everyone perception to the image enhancement. The result obtained shows that the SWT method better than linear filtering method.

Kata Kunci: *Image Enhancement, Linear Filtering, SWT*

1. PENDAHULUAN

Image enhancement adalah proses mendapatkan citra yang lebih mudah diinterpretasikan oleh mata manusia (*Human Visual System/HVS*). Proses ini merupakan salah satu proses awal dalam pengolahan citra (*image preprocessing*). Untuk meningkatkan kualitas hasil proses *image enhancement* maka lebih baik manipulasi citra dilakukan dalam domain frekuensi. Beberapa jenis transformasi yang dapat digunakan untuk mengubah citra dari domain spasial ke domain frekuensi antara lain, transformasi fourier, transformasi gelombang-singkat (*wavelet transform*), *Discrete Cosine Transform* (DCT), dan sebagainya. Citra yang terbentuk menjadi berkualitas buruk karena mengalami derau (*noise*) pada saat pengambilan (*capture*) gambar, pengiriman melalui saluran transmisi, terlalu terang/gelap, kurang tajam, kabur dan sebagainya.

Pada proses perbaikan kualitas citra, ciri-ciri tertentu dalam citra lebih diperjelas kemunculannya. Secara matematis:

$$f(x,y) \longrightarrow f'(x,y) \quad (1)$$

Ciri-ciri pada $f(x,y)$ lebih ditonjolkan.

Pada proses pelembutan dan penajaman citra merupakan operasi penapisan (*filtering*), sehingga dilakukan operasi konvolusi citra $f(x,y)$ dan *filter* $h(x,y)$. Secara matematis dalam domain spasial dirumuskan sebagai berikut:

$$f'(x,y) = h(x,y) * f(x,y) \quad (2)$$

dan dalam domain frekuensi

$$F'(u,v) = H(u,v) F(u,v) \quad (3)$$

Proses pemilihan $H(u,v)$ yang tepat dalam rangka menonjolkan ciri citra $f(x,y)$. Pada umumnya nilai

$f(x,y)$ sudah diketahui yang merupakan citra asli, persoalannya adalah memilih filter $h(x,y)$ yang tepat untuk dapat menonjolkan ciri tertentu dari citra asli. Dalam domain frekuensi, umumnya citra yang mengalami gangguan yaitu pada frekuensi tinggi sehingga dilakukan proses penyaringan yang dapat menapis frekuensi tinggi *High Pass Filter* (HPF) dan meloloskan frekuensi rendah yaitu *Low Pass Filter* (LPF) [1].

Perbaikan kualitas citra dengan metoda *Fuzzy Image Filtering* disertai dengan *sharpening* yang dapat meningkatkan kualitas citra yang dihasilkan. *Fuzzy Image Filter* ini terdiri atas dua tahap, dimana tahap pertama adalah melakukan komputasi sebuah turunan fuzzy untuk delapan arah yang berbeda. Tahap kedua adalah memanfaatkan turunan tersebut untuk melakukan *fuzzy smoothing* dengan memberikan bobot kontribusi nilai pixel tetangga. Efek pengaburan yang mungkin terjadi karena proses *fuzzy smoothing* diperbaiki dengan menambahkan suatu proses *sharpening* [2]. Proses perbaikan kualitas citra yang dilakukan terbatas pada domain spasial sehingga berimplikasi pada waktu komputasi yang makin besar.

Penelitian tentang pemulihan citra dalam kawasan gelombang-singkat telah dilakukan dengan tipe *wavelet* yang digunakan adalah *wavelet haar* karena memberikan hasil yang paling baik dari jenis *wavelet* yang lain. Kelemahan pada penelitian ini adalah citra yang tajam akan menjadi rusak, sehingga perlu dibandingkan dengan metoda yang lain [3]. Keuntungan pemulihan citra dalam kawasan gelombang-singkat adalah waktu komputasi lebih cepat karena daerah dukungan (*region of support*) lebih kecil separuhnya.

2 METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode *linear filtering* dan *Stationary Wavelet Transform* (SWT) untuk menghilangkan derau pada data citra. Jenis derau dibangkitkan adalah *salt&pepper* dan *gaussian*. Beberapa jenis filter linear yang dijelaskan sebagai berikut.

2.1 Low Pass Filter

Proses pelembutan citra pada domain spasial dan domain frekuensi bertujuan untuk mengurangi gangguan yang diakibatkan oleh gangguan sensor pada saat pengambilan objek, gangguan transmisi, ataupun *human error*. Pada domain spasial nilai-nilai intensitas piksel yang terbentuk langsung dilakukan operasi konvolusi antara citra asli dan kernel/filter/mask.

Penapis lolos-rendah (*low pass filter*) yaitu: (1) penapis rata-rata (*mean filter*) adalah penapis *linear*; dan (2) penapis *max*, penapis *min*, penapis *median* adalah penapis *tak linear* [4].

Beberapa ketentuan untuk *low pass filter* yaitu: (1) semua koefisien filter harus positif, dan (2) jumlah semua koefisien harus sama dengan 1. Contoh penapis rata-rata (*mean filter*):

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \end{bmatrix}$$

2.2 Median Filter

Pada penapis median suatu jendela (*window*) memuat sejumlah *pixel* ganjil. Jendela digeser titik demi titik pada seluruh daerah citra. Pada setiap pergeseran dibuat jendela baru, dan titik tengah dari jendela ini diubah dengan nilai median dari jendela tersebut. Penapis median menghilangkan nilai piksel yang sangat berbeda dengan piksel tetangganya.

2.3 Wiener Filter

Tapis Wiener adalah metode pemulihan citra kabur dan berderau yang dirumuskan oleh Jain [6] sebagai berikut:

$$G(\omega_1, \omega_2) = \frac{H^*(\omega_1, \omega_2) S_{uu}(\omega_1, \omega_2)}{|H(\omega_1, \omega_2)|^2 S_{uu}(\omega_1, \omega_2) + S_{nn}(\omega_1, \omega_2)} \quad (4)$$

Dengan $H(\omega_1, \omega_2)$, $S_{uu}(\omega_1, \omega_2)$, dan $S_{nn}(\omega_1, \omega_2)$ berturut-turut adalah fungsi-alih optis (*optical transfer function*), spektral daya citra asli, dan spektral daya derau.

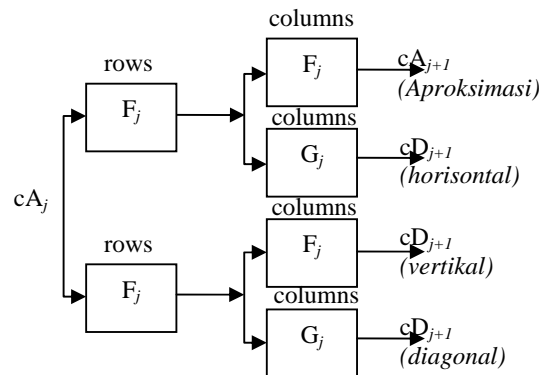
2.4 Stationary Wavelet Transform (SWT)

Wavelet transform merupakan fungsi matematika yang digunakan untuk membagi frekuensi suatu isyarat, yaitu gelombang-singkat dengan *skala besar* diterapkan pada sebuah isyarat untuk mengetahui

lebih detail tentang informasi yang terkandung dalam frekuensi rendahnya dan gelombang-singkat dengan skala kecil diterapkan pada sebuah isyarat untuk mengetahui informasi yang terkandung dalam frekuensi tingginya.

Beberapa keunggulan alihragam *wavelet* sehingga diimplementasikan dalam berbagai bidang yaitu: (a) waktu kompleksitasnya bersifat linear. Alihragam *wavelet* dapat dilakukan dengan sempurna dengan waktu yang bersifat linear, dan (b) koefisien-koefisien *wavelet* bersifat jarang. Secara praktis, koefisien-koefisien *wavelet* kebanyakan bernilai kecil. Kondisi ini sangat memberikan keuntungan terutama dalam bidang pemampatan data. *Jenis wavelet* yang memberikan hasil terbaik untuk pemampatan data adalah *wavelet haar/db1* [5].

Algoritma SWT sangat sederhana dan proses dekomposisinya sama dengan *Discrete Wavelet Transform* (DWT). Aplikasi utama algoritma SWT untuk mereduksi gangguan sinyal (*denoising*). Proses dekomposisi SWT dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Dekomposisi SWT 2-D.

Proses dekomposisi pada sinyal 2-D dilakukan dengan dua langkah, (1) menerapkan penapisan terhadap seluruh baris sinyal (L_o_D dan H_i_D ; konvolusi vektor baris dan tapis LPF dan HPF), yang menghasilkan dua buah sinyal dengan banyaknya kolom adalah setengah dari sinyal, sedangkan banyaknya baris sama dengan baris semula, (2) melakukan penapisan terhadap kolom dari kedua bagian sinyal tersebut sehingga dihasilkan empat bagian sinyal (f_{LL} , f_{LH} , f_{HL} , f_{HH}) dengan ukurannya menjadi setengahnya [7].

Pengolahan dan analisis data citra diperlukan perangkat-lunak (*software*) yaitu program MATLAB versi 7.0.1 dan sebuah *Personal Computer*. Citra yang digunakan adalah citra *barbara.bmp* dan *bird.bmp*. Ukuran citra masing-masing 512 x 512 piksel (262144 byte) dengan kedalaman piksel (*pixel depth*) 8 bit. Sedangkan jenis derau yang digunakan untuk uji coba adalah *gaussian noise* dan *salt&pepper noise* dengan perubahan nilai *mean* dan

variance berkisar antara 0,01 sampai 0,5. Perubahan kepadatan derau dilakukan pada kedua jenis derau.

Berikut ditampilkan citra yang digunakan dalam proses *image enhancement*.



Gambar 2. Data citra: (a) barbara.bmp; (b) bird.bmp

Penilaian performansi metode yang digunakan dalam perbaikan kualitas citra yaitu secara kuantitatif dan kualitatif.

2.5 Kriteria Objektif (Kuantitatif)

a. Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)

PSNR (dinyatakan dengan satuan dB) sesungguhnya masih berkaitan dengan RMSE maupun MSE, dan didefinisikan sebagai

$$PSNR = 20 \times 10 \log \frac{2^b - 1}{RMSE} \quad (5)$$

dengan b adalah jumlah bit per piksel.

b. Mean Square Error (MSE)

MSE merupakan tolok ukur analisis kuantitatif yang digunakan untuk menilai kualitas sebuah citra keluaran dan keunggulan sebuah metode yang digunakan. Ukuran matriks citra $m \times n$, B_1 dan B_2 merupakan matriks citra. MSE dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} (B_1(i, j) - B_2(i, j))^2 \quad (6)$$

2.6 Kriteria Subjektif (Kualitatif)

Kriteria kualitatif diberikan kepada hasil *image enhancement* dibandingkan dengan citra asli. Penilaian dengan cara pengamatan visual ini lebih bersifat subjektif karena penerimaan dan penilaian setiap orang berbeda.

3 HASIL

3.1 Pengolahan citra dalam Matlab

Dasar struktur data di Matlab adalah *array*, yang berisikan elemen-elemen bilangan real atau kompleks. Karena bentuknya berupa bilangan *array* sehingga struktur Matlab cocok untuk mewakili citra.

Matlab menyimpan citra tersebut dalam *array* 2-dimensi, tiap elemen matriks berhubungan dengan piksel tunggal dalam citra yang tampil. Piksel (*pixel* atau *picture element*) menyatakan titik tunggal dalam tampilan komputer. Bila citra tersusun atas 200 baris dan 300 kolom, citra tersebut tersimpan dalam Matlab sebagai matriks 200x300.

Dalam keadaan baku (*default*), Matlab menyimpan data dalam *array* kelas *double*, yaitu berbentuk *double precision floating point number* yang berkapasitas 64-bit. Untuk itu, setiap fungsi dalam Matlab bekerja dalam kelas *double*, termasuk di dalamnya operasi untuk alihragam *wavelet*. Dalam proses selanjutnya, representasi kelas *double* ini tidak selalu ideal sebab jumlah piksel dalam satu citra dapat sangat besar, misalnya citra berukuran 1000x1000 akan memiliki jutaan piksel. Bila tiap piksel sedikitnya satu elemen *array*, maka citra tersebut memerlukan kurang lebih 8 megabytes memori.

Guna mengurangi penggunaan memori, Matlab mendukung penggunaan penyimpanan data dalam *array* kelas *uint8* (*unsigned integer* 8-bit) dan *uint16* (*unsigned integer* 16-bit). Data dalam *array* ini disimpan sebagai 8-bit atau 16-bit *integer* tak bertanda.

Matlab mendukung berkas citra dalam format sebagai berikut: (a) BMP (Microsoft Windows Bitmap), (b) HDF (Hierarchical Data Format), (c) JPEG (Joint Photographic Expert Group), (d) PCX (Paintbrush), (e) PNG (Portable Network Graphics), (f) TIFF (Tagged Image File Format), dan (g) XWD (X Window Dump).

3.2 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan pada citra barbara dan bird dengan jenis *noise salt&pepper*, variasi kepadatan derau dari 0,01 sampai 0,5. Untuk *gaussian noise* variasi mean dan varians dari 0,01 sampai 0,5.

Secara kualitatif berdasarkan HVS bahwa hasil perbaikan kualitas citra terlihat sama dari beberapa metode yang digunakan. Namun secara kuantitatif terjadi perbedaan yang signifikan baik MSE maupun PSNR. Semakin tinggi nilai MSE maka kualitas citra hasil rekonstruksi akan makin jelek seiring dengan penurunan nilai PSNR.

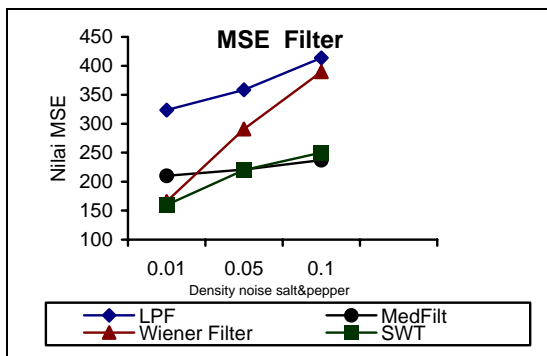
3.3 Perbaikan Kualitas Citra Barbara

Pada Gambar 3 terlihat hasil *image enhancement* dengan beberapa metode yang digunakan dan jenis derau *salt&pepper* dengan kepadatan noise 0,01. Penilaian secara kualitatif bahwa hasil rekonstruksi citranya relatif sama. Sehingga untuk mengetahui performansi metode digunakan pengukuran secara kuantitatif menggunakan MSE dan PSNR.

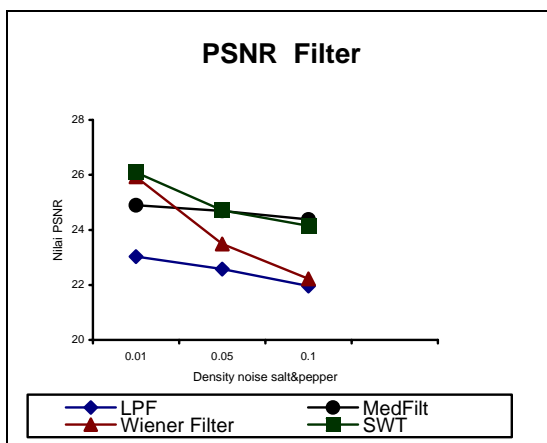


Gambar 3. Perbaikan kualitas citra barbara, Salt & pepper noise, $d = 0,01$.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar-gambar berikut secara berturut-turut. Grafik menunjukkan hubungan antara nilai MSE maupun PSNR dengan variasi nilai kepadatan derau untuk *salt & pepper noise* dan *gaussian noise*.



Gambar 4. Grafik hubungan antara density noise *Salt & pepper* dengan nilai MSE untuk citra barbara.

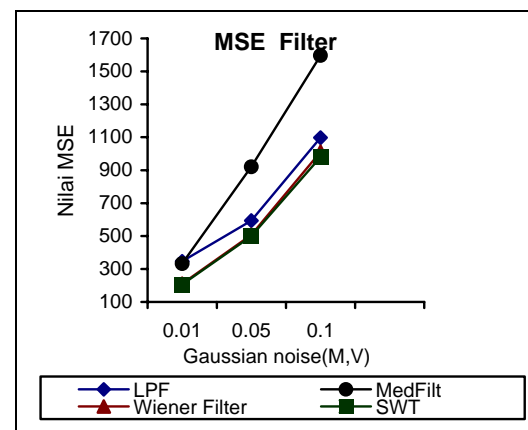


Gambar 5. Grafik hubungan antara *noisesalt & pepper* dengan nilai PSNR untuk citra barbara.

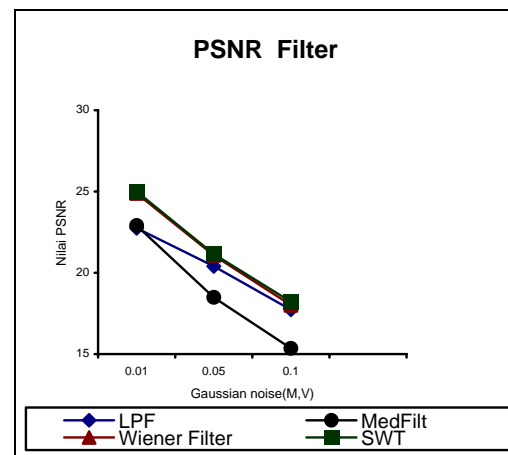
Selanjutnya contoh hasil image enhancement citra barbara dengan kepadatan derau menjadi 0,05.



Gambar 6. Perbaikan kualitas citra barbara, gaussian noise, $v = 0,05$ dan $m = 0,05$.



Gambar 7. Grafik hubungan antara *gaussian noise* dengan nilai MSE untuk citra barbara.



Gambar 8. Grafik hubungan antara *gaussian noise* dengan nilai PSNR untuk citra barbara.

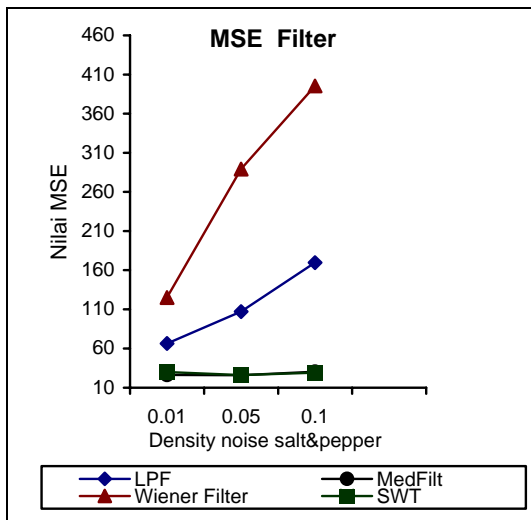
3.4 Perbaikan Kualitas Citra Bird

Pada Gambar 9 terlihat hasil *image enhancement* dengan beberapa metode yang digunakan dan jenis derau salt&pepper dengan kepadatan noise 0,01. Penilaian dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.

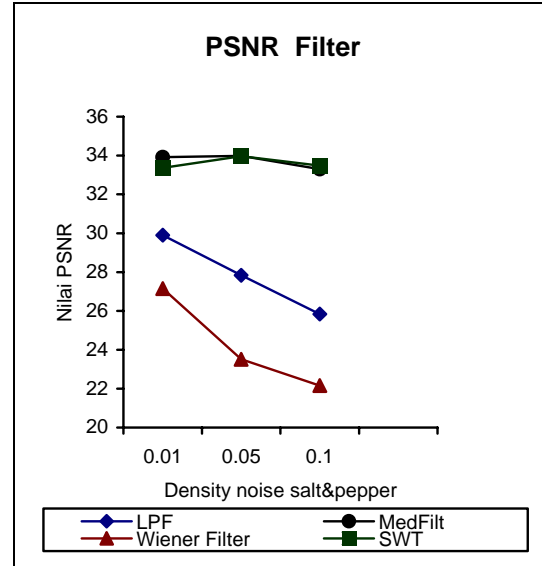


Gambar 9. Perbaikan kualitas citra bird, salt & pepper noise, $d = 0,01$.

Berikut ditampilkan grafik hubungan antara Nilai MSE dan PSNR terhadap variasi nilai noise baik untuk *salt&pepper* maupun *gaussian*.

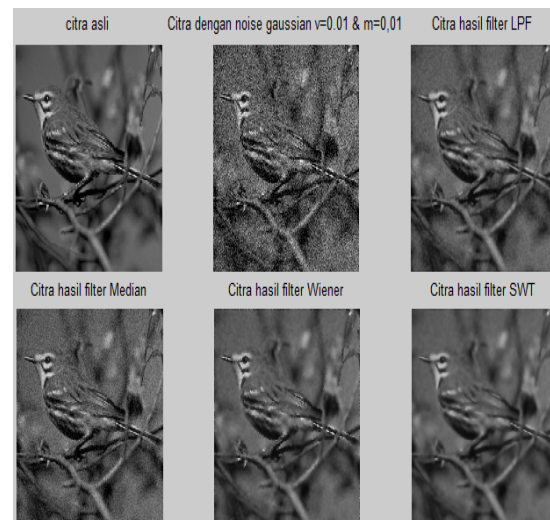


Gambar 10. Grafik hubungan antara *density noise salt & pepper* dengan nilai MSE untuk citra bird.

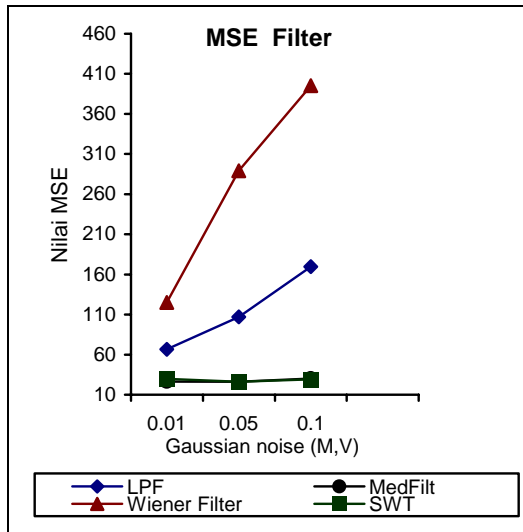


Gambar 11. Grafik hubungan antara *noise salt&pepper* dengan nilai PSNR untuk citra bird.

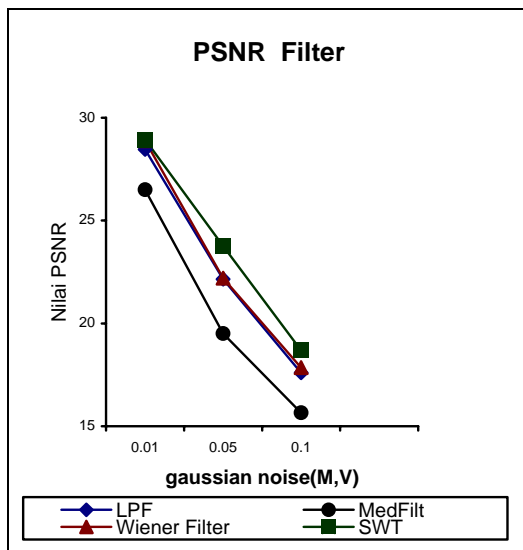
Selanjutnya contoh hasil *image enhancement* bird dengan kepadatan derau menjadi 0,01.



Gambar 12. Perbaikan kualitas citra bird, gaussian noise, $m=0,01$ dan $v=0,01$



Gambar 13. Grafik hubungan antara *gaussian noise* dengan nilai MSE untuk citra bird.



Gambar 14. Grafik hubungan antara *gaussian noise* dengan nilai PSNR untuk citra bird.

4 PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian untuk citra barbara dan citra bird dengan variasi pembangkitan derau pada citra masukan dapat dijelaskan bahwa semakin besar kepadatan derau diberikan akan mempengaruhi kualitas citra hasil. Hal ini akan membuktikan keunggulan metode filter yang digunakan baik *linear filtering* maupun *filter SWT*. Dari grafik MSE maupun PSNR terlihat bahwa perbaikan kualitas citra dengan filter SWT memberikan hasil yang cukup baik dibandingkan dengan metode *linear filtering*. Perbedaan kualitas tidak signifikan bila dinilai secara

kualitatif berdasarkan persepsi masing-masing orang. Namun secara kuantitatif nilai MSE dan PSNR ada perbedaan antara filter *linear* dan filter SWT. Kualitas metode yang digunakan dalam penelitian ini dapat terlihat jelas pada grafik hubungan antara PSNR dan MSE terhadap variasi derau. Keunggulan metode SWT adalah proses dekomposisi yang membagi citra menjadi beberapa kelompok frekuensi sehingga memudahkan proses *thresholding* terhadap komponen frekuensi tinggi karena mata manusia lebih peka terhadap luminansi dari pada warna.

Semakin besar nilai kepadatan gangguan (*noise density*) akan mempengaruhi kualitas *image enhancement* yang ditandai dengan meningkatnya nilai MSE dan sebaliknya nilai PSNR semakin menurun. Keunggulan sebuah filter tergantung pada jenis gangguan dan kepadatan yang dibangkitkan pada citra masukan. Dari hasil pengujian terlihat bahwa ada *linear filtering* cukup tahan terhadap *noise salt&pepper* sehingga memberikan MSE yang kecil, sedangkan untuk *noise gaussian* menghasilkan nilai MSE yang besar.

5 KESIMPULAN

Dari pembahasan sebelumnya dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Metode filter SWT memberikan hasil perbaikan kualitas citra yang lebih baik dibandingkan dengan metode *linear filtering*.
2. Keunggulan filter dapat diuji dengan jenis dan kepadatan derau (*noise*) pada citra masukan. Metode SWT lebih tahan terhadap derau dibandingkan dengan metode *linear filtering*.
3. Semakin besar kepadatan derau (*density of noise*) maka nilai MSE akan makin besar dan nilai PSNR semakin kecil.
4. Pengujian filter SWT masih terbatas pada jenis *wavelet haar/db1* dan masih terbatas untuk variasi *noise* yang dibangkitkan secara manual serta nilai *thresholding* yang sama sehingga unjukkerja setiap metode perlu dilakukan penelitian pada citra *noise* yang real.

6 DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Gonzalez R. C. dan Woods R.E, 2002. *Digital Image Processing*. Prentice Hall, New Jersey, USA.
- [2]. Putri K. S. 2006. **Perbaikan Kualitas Citra Digital Menggunakan Metoda Fuzzy Image Filtering Dengan Sharpening**. Tugas Akhir Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- [3]. Prasetyo R. 2002. **Pemulihan citra dalam kawasan gelombang-singkat**. Master Thesis Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada.

- [4]. Rinaldi Munir. 2004. **Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik**. Penerbit Informatika, Bandung.
- [5]. Tena S. 2005. **Pemampatan Berkas Video Menggunakan Wavelet Transform**. Master Thesis Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [6]. Anil K. Jain. 1995. *Fundamental of Digital Image Processing*. Prentice Hall, India.
- [7]. Michel Misiti, Georges Oppenheim. 2001. *Wavelet Toolbox for use with Matlab*. User Guide version 2.1. The MathWorks inc.