

ANALISA PERBANDINGAN REDUKSI NOISE PADA CITRA ANTARA DISCRETE WAVELET TRANSFORM (DWT) DENGAN DUAL-TREE COMPLEX WAVELET TRANSFORM (DTCWT)

Andra Gunara¹⁾, Iwan Iwut Tritoasomoro²⁾, Jangkung Raharjo³⁾

Departemen Teknik Elektro

Sekolah Tinggi Teknologi Telkom Bandung–Bandung

iww@stttelkom.ac.id²⁾, jkr@stttelkom.ac.id²⁾

ABSTRACT

In any communication system, noise always occurs in the process of information delivery. This causes problems and information can not be received as expected. In order to increase the quality of information delivery, denoising process is needed. Denoising is important in delivery information in the form of images. In this paper, we compare the Discrete Wavelet Transform (DWT) method to newer Dual-Tree Complex Wavelet Transform (DTCWT). The latter is an evolution of the former. In this research, the gaussian noise is used to distort images. The decomposition level is set to 1, 2, 3, and 4 to see its effect in reducing noise. The experiment result shows that DTCWT performed better than DWT, for the noise input more than 18dB. When SNR input equals to 0dB, both methods show negative feedbacks.

Keywords : Denoising, DTCWT, DWT

1. Latar Belakang

Derau selalu muncul dalam proses pengiriman informasi pada setiap sistem komunikasi. Hal ini mengakibatkan informasi yang diterima sering mengalami gangguan sehingga hasilnya tidak sesuai dengan yang diharapkan. Untuk meningkatkan kualitas pengiriman sinyal informasi ini, diperlukan suatu proses pereduksi derau. Pentingnya pereduksi derau pada sistem informasi khususnya informasi berupa citra bertujuan untuk hasil citra yang lebih akurat dan mendekati aslinya.

Pada makalah ini, kedua metode transformasi Discrete Wavelet Transform (DWT) dan Dual-Tree Complex Wavelet Transform (DTCWT) akan diselidiki. Meski telah lama digunakan dalam pengolahan data multimedia, tetapi transformasi menggunakan metode Discrete Wavelet Transform (DWT) terbilang handal. Transformasi DWT mencakup 4 koefisien wavelet yang mana koefisien tersebut menggambarkan sinyal data inputan.

Sedangkan metode Dual-Tree Complex Wavelet Transform (DTCWT) menghasilkan 8 koefisien wavelet yang kompleks dengan mengexploitasi bagian real dan imajiner dari suatu sinyal input sehingga lebih merepresentasikan sinyal (citra) input. Dengan menggunakan transformasi wavelet yang baru ini akan didapatkan *shift invariance* yang bagus, *directional selectivity*, *perfect reconstruction*, memiliki *Redudansi* yang sangat sedikit, ($2^m : 1$ untuk m-dimensi sinyal), dan memiliki *algoritma penghitungan yang sedikit*

2. Teori Dasar Citra Digital

Istilah citra digunakan untuk menyatakan intensitas cahaya dua dimensi dalam fungsi $f(x,y)$, dimana (x,y) menyatakan koordinat spasial dan nilai dari f pada titik (x,y) menyatakan tingkat kecerahan (level keabuan) citra pada titik tersebut.

Fungsi $f(x,y)$, dipengaruhi oleh banyaknya sumber cahaya yang jatuh pada daerah yang diamati (iluminasi) dan banyaknya cahaya yang dipantulkan oleh objek pada daerah tersebut (refleksi). Hal ini dapat dituliskan secara matematis sebagai:

$$f(x,y) = i(x,y) \cdot r(x,y)$$

dimana:

$$0 < i(x,y) < \infty \quad 0 < r(x,y) < 1$$

jika $r(x,y)=0$, maka semua cahaya diserap (total absorption), sedangkan jika $r(x,y)=1$, maka semua cahaya dipantulkan (total reflectance). Bila nilai $r(x,y)$ berada diantara kedua nilai tersebut, maka akan dihasilkan warna yang berbeda.

Citra $f(x,y)$ yang kontinu, dapat dinyatakan sebagai nilai-nilai sample yang dipisahkan pada jarak yang sama dan disusun dalam bentuk matrik $N \times M$ dimana tiap elemen dari matrik menunjukkan entitas diskrit Level keabuan dalam bentuk diskrit terpisah dalam range 0 sampai 255. Suatu citra digital dapat dipandang sebagai array dua dimensi seperti berikut.

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1,N-1) \end{bmatrix}$$

Citra digital dapat dipandang sebagai sebuah matrik yang indeks baris dan kolomnya menyatakan titik pada citra dan elemen matriknya menyatakan level keabuan pada titik tersebut, yang disebut pixel (picture element).

2.1 Degradasi Pada Citra Digital

Degradasi pada citra digital dapat disebabkan oleh dua hal, yaitu *derau* dan *blur* sehingga mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas pada citra digital. Derau dalam pengolahan citra digital merupakan gangguan yang disebabkan pengambilan objek yang kurang fokus atau pengaruh peralatan itu sendiri atau peralatan lain disekitarnya. Degradasi citra karena efek blur disebabkan karena pengambilan gambar (kamera) dalam keadaan bergerak. Parameter utama yang berpengaruh yaitu jumlah pixel dan sudut pengambilan gambar. Pada penelitian ini, penelitian hanya terfokus pada degradasi yang disebabkan oleh penambahan derau sedangkan degradasi karena efek blur dianggap ideal sehingga dapat diabaikan pengaruhnya terhadap suatu citra.

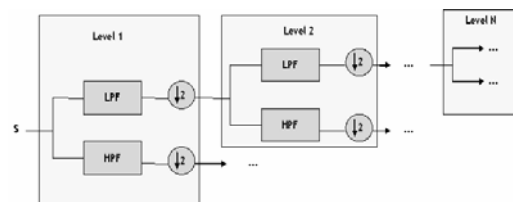
2.2 Restorasi Citra

Restorasi citra identik dengan perbaikan citra, padahal pada dasarnya restorasi tidak hanya sekedar perbaikan citra tetapi lebih pada proses yang berusaha merekonstruksi citra yang rusak (terdegradasi) karena suatu fenomena merusak (degradasi) yang telah diketahui sebelumnya. Jadi restorasi citra merupakan usaha untuk mengembalikan citra pada keadaan aslinya, sedangkan perbaikan citra merupakan usaha untuk memperbaiki citra sehingga lebih bagus dari aslinya.

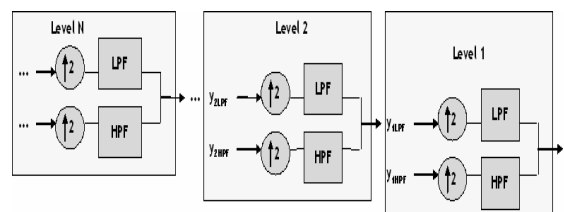
Dari pengertian, fungsi dari restorasi citra di atas maka alasan suatu citra perlu direstorasi adalah untuk menghasilkan citra baru yang mendekati aslinya. Berarti, citra yang akan direstorasi, sebelumnya telah terkena *noise*.

2.3 Discrete Wavelet Transform

Transformasi Wavelet Diskrit atau DWT identik dengan system subband yang hirakis berdasarkan frekuensi dimana masing-masing hirarki tersebut dapat dianalisa secara *spatial*. Pada umumnya DWT dapat dianalisa melalui filter bank.



Gambar 1. Transformasi Wavelet Dengan Dekomposisi Sinyal Sebanyak N kali



Gambar 2. Inverse Transformasi Wavelet Dengan Rekonstruksi Sebanyak N kali

2.4 Dual-Tree Complex Wavelet Transform

Pada pengolahan sinyal digital, transformasi wavelet memiliki reputasi yang baik dalam memproses suatu sinyal. Banyak penelitian yang telah menggunakan transformasi wavelet untuk menganalisa dan merekonstruksi suatu sinyal tetapi mendapatkan hasil yang mengecewakan, karena Discrete Wavelet Transform (DWT) memiliki kelemahan pada :

- Tidak memungkinkan adanya *shift invariant* yang berarti apabila terjadi pergeseran yang sangat kecil pada sinyal input maka dapat menyebabkan variasi distribusi energi yang sangat besar pada koefisien DWT pada perbedaan skala.
- Lemah dalam *directional selectivity*, karena filter wavelet didesain terpisah dan hanya menggunakan bagian real saja.

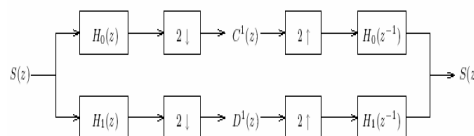
Metode ini memiliki kelebihan sebagai berikut :

- Bagus dalam pengkompresian suatu energi sinyal.
- Perfect Reconstruction.
- Tidak memiliki redundansi.
- Memiliki algoritma penghitungan yang sangat sedikit.

Sekarang telah ditemukan suatu transformasi wavelet yang baru dengan menggunakan dual-tree pada filter wavelet sehingga menghasilkan koefisien wavelet yang kompleks dan menghasilkan bagian real dan imajiner. Transformasi ini dinamakan *Dual-Tree Complex Wavelet Transform* (DTCWT). Metode ini memiliki kelebihan antara lain :

- Bagus dalam *shift invariance*.
- Bagus dalam *directional selectivity*
- Perfect Reconstruction.
- Memiliki *Redudansi* yang sangat sedikit, ($2^m : 1$ untuk m-dimensi sinyal).
- Memiliki *algoritma penghitung* yang sedikit.

2.4.1 Shift Invariance



Gambar 3. Filter Bank Orthonormal

Berdasarkan pada filter bank orthogonal dengan dua kanal menggunakan analisa low-pass filter dan transformasi-z didapatkan $H_0(z) = \sum_{k \in Z} h_0[k]z^{-k}$, untuk analisa high-pass filter didapatkan $H_1(z) = \sum_{k \in Z} h_1[k]z^{-k}$ dan untuk didapatkan sintesis filter $H_0(z^{-1})$ dan $H_1(z^{-1})$.

Berdasarkan pada Gambar 3, analisis bagian dari filter bank yang menghasilkan koefisien low-pass dan high-pass:

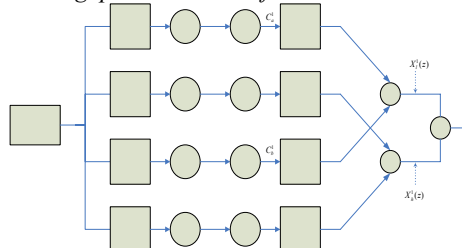
$$C^1(z^2) = \frac{1}{2} [S(z)H_0(z) + S(-z)H_0(-z)] \quad D^1(z^2) = \frac{1}{2} [S(z)H_1(z) + S(-z)H_1(-z)]$$

Dengan mengdekomposisikan sinyal input pada bagian frekuensi low $S_l^1(z)$ dan frekuensi high $S_h^1(z)$, maka didapat :

$$S(z) = S_l^1(z) + S_h^1(z)$$

Apabila sinyal input kita shift (geser) sebesar $z^{-1}S(z)$, maka akan menghasilkan kondisi aliasing.

Salah satu cara untuk mendapatkan *shift-invariant* adalah dengan menggunakan penambahan filter yang ditunjukkan pada Gambar 4, dengan pergeseran analisis filter $z^{-1}H_0(z)$, $z^{-1}H_1(z)$ dan sintesis filter $zG_0(z)$, $zG_1(z)$ dengan kombinasi dari cabang filter *lowpass* dan *highpass* dari kedua *filter bank*.



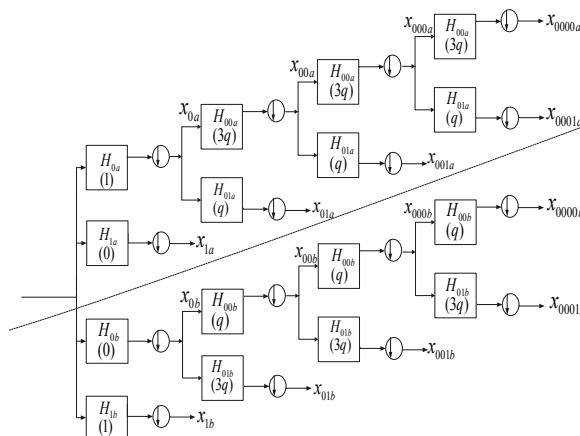
Gambar 4. Level-1 dari Complex dual tree

Kondisi aliasing akibat proses shift invariance dapat diatasi.

3. Perancangan Q-Shift Filter

Blok diagram untuk dual tree ditunjukkan pada Gambar 5. Kunci utama operasi dari DTCWT adalah pemakaian filter yang berbeda pada kedua *tree*. Proses mendapatkan *shift invariance* yang optimal, ditunjukkan pada Gambar 6 dimana

fungsi basis skala untuk *tree-b* merupakan titik tengah antara *tree-a* pada tiap level dari transformasi. Sampel delay merupakan masalah utama dalam pendisainan filter DTCWT dimana apabila digunakan satu sampel di level-1 dan level selanjutnya, pada masing-masing *tree* digunakan alternatif filter yang memiliki fasa linier dengan panjang *odd* dan panjang *even*. Hal ini mengakibatkan penambahan perbedaan delay sebesar setengah dari perioda sampel untuk mendapatkan total perbedaan delay yang tepat dari satu sampel perioda dari laju sampling pada level tersebut. Sebagai contoh, pada level-2 apabila filter H_{00a} dan H_{01a} memiliki panjang *even*, maka H_{00b} dan H_{01b} harus dengan panjang *odd*, dan sama untuk level selanjutnya.



Gambar 5. Dual Tree Dari Filter Real Untuk *Q-shift* DTCWT,

Dari contoh di atas didapat masalah pemilihan panjang filter odd atau even yang digunakan :

- a) Struktur sub-sampling yang tidak simetris. (ditunjukkan pada Gambar 6 bagian atas).
- b) Kedua *tree* memiliki respon frekuensi yang berbeda.
- c) Filter yang digunakan harus memiliki karakteristik *bi-orthogonal* daripada *orthogonal*, karena memiliki fasa yang linier.

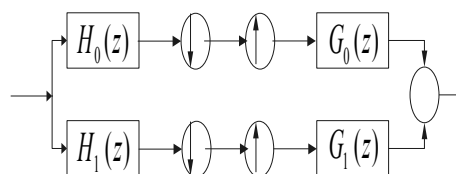
Kedua masalah yang pertama dapat diatasi dengan panjang filter yang besar (13 sampai 19 tap), tetapi itu bukan merupakan hasil akhir. Masalah yang pertama lebih fundamental dan meng-implikasikan hierarki algoritma selanjutnya, seperti pada *hidden Markov tree*.

Untuk mengatasi masalah tersebut maka digunakanlah filter *q-shift* pada kedua *tree*, seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Dimana untuk semua filter pada level-2 dan seterusnya digunakan filter dengan panjang *even*, tetapi memiliki fasa linier yang sedikit berbeda. Sehingga perancangan filter harus memiliki group delay mendekati 1/4 sampel (+q). Kebutuhan akan perbedaan delay sebesar 1/2 sampel (2q), didapatkan dengan menggunakan *time-reverse* pada *tree-b* dan *tree-a*. Karena koefisien filter tidak simetris, maka untuk perancangan filter *perfect-reconstruction* harus filter yang orthonormal (seperti filter Daubechies). Sehingga untuk filter rekonstruksi harus merupakan *time-reverse* dari analisis filter pada kedua *tree*. Maka untuk level-2 dan seterusnya dipakai *prototype* dari filter orthonormal.

Kesimetrisan dari filter *q-shift* ditunjukkan pada Gambar 6, 16 sample dari input ditunjukkan pada bagian atas. Catatan, untuk filter *q-shift* CWT pada masing-masing sampel *highpass* (*), berada di tengah-tengah dari pasangan sampel *lowpass* (a,b), sehingga tiap grup berada di tengah-tengah dari pasangan grup pada level sebelumnya, sehingga didapatkan kesimetrisan untuk filter dengan panjang odd atau even

Input Samples	Block of 16 Input Samples															
$X:$	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Level 1 Samples																
Odd Lo $X_{0a}:$	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Odd Lo $X_{0b}:$	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a
Odd Hi $X_{1a}:$	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Odd Hi $X_{1b}:$	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a
Odd/ Even CWT																
Level 2 Samples																
Even Lo $X_{00a}:$	a		a				a		a				a			
Even Lo $X_{00b}:$	*	b	*	b			*	b	*	b			*	b	*	b
Hi $X_{01a}, X_{01b}:$																
Level 3 Samples																
Odd Lo $X_{000a}:$	a								a							
Even Lo $X_{000b}:$				b										b		
Hi $X_{001a}, X_{001b}:$																
Level 4 Samples																
Even Lo $X_{0000a}:$				a												
Odd Lo $X_{0000b}:$					*											
Hi $X_{0001a}, X_{0001b}:$																
Q-Shift CWT																
Level 2 Samples																
+q Lo $X_{00a}:$	a		a				a		a				a			
-q Lo $X_{00a}:$		b		b				b		b				b		b
Hi $X_{001a}, X_{001b}:$	*		*				*		*			*		*		
Level 3 Samples																
+q Lo $X_{000a}:$	a								a							
-q Lo $X_{000a}:$				b										b		
Hi $X_{001a}, X_{001b}:$			*					*		*			*		*	
Level 4 Samples																
+q Lo $X_{0000a}:$				a												
-q Lo $X_{0000a}:$					*											
Hi $X_{0001a}, X_{0001b}:$								*								b

Gambar 6. Titik Sampling Efektif Dari Filter Odd atau Even CWT; a=lowpass tree-a, b=lowpass tree-b; *=highpass kedua tree.



Gambar 7. Analisa dan Rekonstruksi 2-band Filter Bank

- No aliasing: $G_1(z) = zH_0(-z); H_1(z) = z^{-1}G_0(-z)$
- Perfect-reconstruction: $H_0(z)G_0(z) + H_0(-z)G_0(-z) = 2$
- Orthogonality: $G_0(z) = H_0(z^{-1})$
- Delay Grup 1/4 periode sample untuk H_0 .
- Memiliki karakteristik yang sangat halus ketika ber-iterasi pada skala yang tinggi.

4. Restorasi Citra Menggunakan Tresholding

Apabila suatu noise terdistribusi pada suatu citra, maka noise tersebut akan terdistribusi normal pada setiap koefisien. Sehingga teknik dasar untuk mereduksi noise adalah dengan mentransformasikan citra bernoise tersebut dalam suatu domain, kemudian dicari pada subband mana energi sinyal citra tersebut lebih terkonsentrasi atau subband yang memiliki koefisien amplitude energi paling besar kita biarkan. Subband yang lain kita potong nilai koefisiennya dengan suatu nilai tertentu, metode ini dinamakan teknik *thresholding*.

Thesholding merupakan salah satu metode untuk mereduksi noise. Aturan Shrinkage menjelaskan bagaimana mengaplikasikan *threshold*. Terdapat 2 cara untuk men-*threshold*:

- Hard Thesholding: Membuang semua koefisien yang lebih kecil dari threshold λ dan membiarkan koefisien yang lainnya. Hard threshold didapatkan dengan rumus di bawah ini:

$$\bar{c}_h(k) = \begin{cases} \text{Sign } c(k) (|c(k)|) & \text{if } |c(k)| > \lambda \\ 0 & \text{if } |c(k)| \leq \lambda \end{cases} \quad X(z)$$

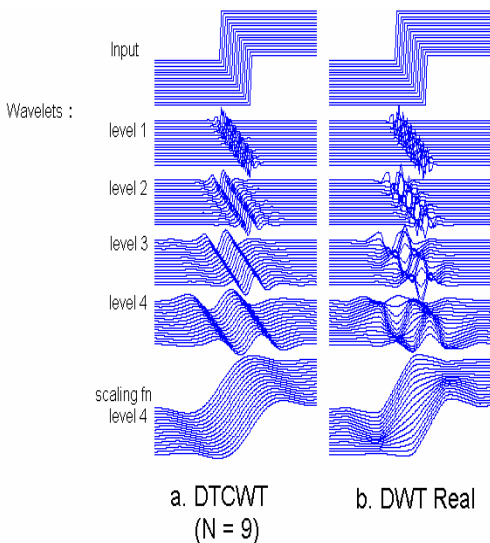
- Soft Thesholding : Mengurangi semua koefisien di bawah threshold λ dan membiarkan koefisien di atasnya. Soft threshold didapatkan dengan rumus di bawah ini :

$$\bar{c}_h(k) = \begin{cases} \text{Sign } c(k) (|c(k)| - \lambda) & \text{if } |c(k)| > \lambda \\ 0 & \text{if } |c(k)| \leq \lambda \end{cases}$$

λ didapatkan dengan rumus:

$$\lambda = \sigma \sqrt{2 \log(N)}, \quad \text{dimana :}$$

- N = Ukuran dari array koefisien
- σ^2 = Variansi sinyal noise

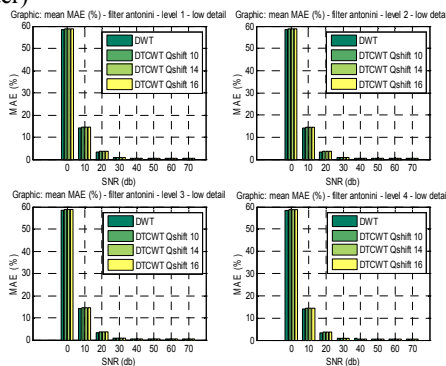


Gambar 6. Komponen Wavelet dan Fungsi Skala Pada Level 1 Sampai 4 Dengan Pergeseran 16 Step Respon dari DT CWT (a), dan real DWT (b).

5. Pengaruh Jenis Filter Terhadap Parameter

Parameter yang digunakan pada percobaan yang telah dilakukan adalah *MSE*, *MAE*, dan *SNR*.

- Filter Antonini (9,7 tap filter)



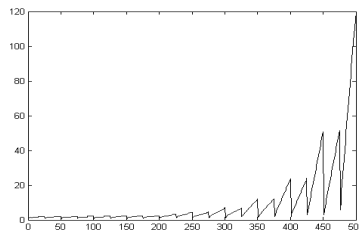
Gambar 7. MSE, MAE, SNR dari percobaan

Pada gambar di atas terlihat bahwa untuk filter Antonini dapat terlihat performansi terhadap nilai MAE dimana pada kondisi *input* terburuk SNR 0 dB, didapat nilai terbaik sebesar 65,5707148564 pada level-4 yang akan membesar pada

level di bawahnya seiring dengan kenaikan SNR. Sedangkan pada kondisi *input* terbaik SNR 70 dB, didapat nilai terbaik sebesar 1,046232 pada level-1 yang akan membesar seiring dengan kenaikan SNR. Sama halnya dengan filter lain yang menghasilkan nilai yang tidak terlalu berbeda.

6. Waktu Proses

Waktu proses merupakan kriteria kompleksitas pada algoritma yang bisa memberikan waktu proses yang sangat bergantung pada jumlah filter, level dekomposisi dan penambahan filter yang digunakan.



Gambar 8. Grafik Waktu Proses

7. Pengaruh Dimensi Citra Ternoise

Dimensi citra ternoise ternyata mempengaruhi hasil PSNR citra denoising. Semakin besar citra ternoise maka akan semakin baik pula hasil PSNR citra denoising yang dihasilkan.

8. Penilaian Subyektif

Citra yang digunakan pada penilaian subyektif ini terdiri dari 10 citra bitmap yaitu 4 citra mewakili tingkat low detail, 3 citra medium detail dan 3 citra high detail. Penilaian subyektif pada citra diberikan pada citra, filter dan level dekomposisi yang sama, tetapi masing-masing menggunakan SNR pada 10 dan 20 dB.

Dengan menentukan score pada masing-masing kualitas citra dan audio, dimana:

1. Unuseable : 1
2. Margina : 2
3. Passable : 3
4. Fine : 4
5. Execellent : 5

Dari 30 responden dapat dilihat bahwa hasil denoising citra dengan menggunakan DTCWT lebih baik daripada dengan menggunakan DWT. Sedangkan perbedaan hasil denoising dengan penggunaan filter yang berbeda tidak banyak berbeda menurut responden.

9. Kesimpulan

Level dekomposisi maksimum dan penggunaan filter yang berbeda tidak menjanjikan perbaikan optimal pada citra ternoise. Pada SNR 18, terjadi perubahan hasil *denoising* citra dimana hasil yang dihasilkan oleh DTCWT memberikan hasil yang lebih baik daripada DWT. Semakin besar ukuran citra maka akan semakin baik hasil *denoising*.

Daftar Pusataka

- [1] Gonzales Rafael C, Woods Richard E, "Digital Image Processing Second Edition", Prentice Hall, 1992.
- [2] Winkler Joab.Dr, Wu Si.Dr "Image Proceessing by Wavelet", Hing Fai KO, 2002.
- [3] Pratt William K, "Digital Image Processing Second Edition", John Willey & Sons Inc, 1991.
- [4] Kingbury, N.G.: Complex Wavelets and shift invariance, Proceedings IEEE Colloquium on Time-Scale and Time-Frequency Analysis and Applications, London (2000).
- [5] Kingbury, N.G.: Shift invariance Properties of The Dual Tree Complex Wavelet Transform, Proceedings IEEE Colloquium on Time-Scale and Time-Frequency Analysis and Applications, London (2000).
- [6] Kingbury, N G "Complex wavelets for shift invariant analysis and filtering of signals," Appl. Comp. Harm. Anal, vol 10, pp 234-253, 2001.
- [7] C. Sydney Burrus, Ramesh A. Gopinath, dan Haitao Guo, "Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms: A Primer", Prentice Hall. Inc., 1998.
- [8] M. Misiti, Y. Misiti, G. Oppenheim, J.M. Poggi, "Wavelet Toolbox User's Guide Version 2", The MathWorks, Inc., 2002.
- [9] Wahl Friedrich M, "Digital Image Signal Processing", Artech House, 1987.
- [10] M.Kivanc, Kozitsev Igor, Ramchandran dan Moulin Pierre, "Jurnal Low-complexity image denoisng based on statistical modeling of wavelet coefficients", University of Illinois at Urbana-Champaign Beckhan Institut and ECE Departement, 1999.