

## WATERMARKING DENGAN METODE INDEPENDENT COMPONENT ANALYSIS UNTUK CITRA MEDIS DIGITAL

Koreidianto Usman<sup>1</sup>, Muhammad Ramdhani<sup>2</sup>, Iswahyudi Hidayat<sup>3</sup>, Achmad Rizal<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Dosen Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Telkom, Bandung  
Alamat: Jl. Telekomunikasi, Dayeuhkolot, Bandung, Jawa Barat - 40137  
Email: <sup>1</sup>kore76@yahoo.com, <sup>2</sup>mra@sttelkom.ac.id, <sup>3</sup>isw@sttelkom.ac.id,  
<sup>4</sup>arz@sttelkom.ac.id

### Abstrak

Pada penelitian ini, dipelajari tentang kinerja Watermarking citra medis digital menggunakan metoda Independent Component Analysis (ICA). Sistem yang dibicarakan adalah citra medis yang akan ditransmisikan dari pemancar ke penerima melalui media telekomunikasi udara. Watermarking pada citra medis ini digunakan untuk keperluan autentikasi. Pada penelitian ini, digunakan citra medis berupa gambar dari sinar-X grey-scale 8 bit. Citra ini kemudian di-watermarking dengan data watermark berupa text dan ditransmisikan dari pemancar ke penerima melalui media transmisi udara. Kanal transmisi dianggap bersifat Additive White Gaussian Noise (AWGN). Di sisi penerima, proses dewatermarking dilakukan untuk melihat keaslian dari citra tersebut. Hasil positif yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat merekomendasi penggunaan teknik Independent Component Analysis untuk keperluan praktis watermarking citra medis pada aplikasi Telemedicine.

**Kata Kunci:** Watermarking, Independent Component Analysis (ICA), FastICA, Wavelet, Citra Medis.

### I. Pendahuluan

#### 1.1. Latar Belakang

Watermarking adalah penanaman suatu data informasi ke data utama atau dokumen yang bertujuan untuk memberi tanda atau cap pada data utama tersebut. Tanda atau cap ini biasanya digunakan untuk keperluan autentikasi atau hak cipta. Data informasi dapat berupa data identitas, tanda tangan, foto, stempel, dll, yang menunjukkan identitas dari pemilik dokumen tersebut. Secara visual, watermarking dibedakan menjadi dua macam, yaitu *robust watermarking* dan *hidden watermarking*. Pada *robust watermarking*, gambar stempel tampak pada gambar asli sedangkan pada *hidden watermarking*, gambar stempel tidak tampak pada gambar data asli.

Kebutuhan *watermarking* ini semakin terasa pada dunia medis, khususnya setelah berkembangnya teknik *Telemedicine* di seluruh dunia baru-baru ini. Pada *Telemedicine*, komunikasi antara tenaga medis dengan tenaga medis lain atau dengan pasien dilakukan jarak jauh menggunakan perangkat dan infrastruktur telekomunikasi. Sepanjang perjalanan dari pemancar ke penerima, sinyal informasi ini dapat mengalami derau serta gangguan lain dari pihak ketiga yang bertujuan mengganggu kelancaran dari sistem ini. Teknik *watermarking* menggunakan Independent Component Analysis, diterapkan untuk menghasilkan *watermarking* yang handal dan kebal terhadap gangguan-gangguan di atas.

#### 1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengimplementasikan *hidden watermarking* menggunakan teknik *Independent Component Analysis* dan *Wavelet*. Penelitian ini juga bertujuan untuk menunjukkan bahwa teknik ini menghasilkan *watermarking* yang bersifat handal terhadap gangguan derau yang terjadi selama transmisi. Hasilnya ini dapat digunakan sebagai landasan untuk merekomendasikan algoritma *Independent Component Analysis* untuk *watermarking* pada citra medis untuk telemedicine.

### 1.3. Batasan Masalah

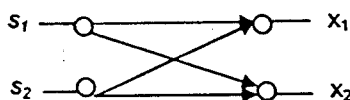
Batasan masalah untuk penelitian ini adalah:

- i). Citra medis yang digunakan adalah citra dari sinar-x *gray-scale* 8 bit.
- ii). Data *watermark* adalah berupa teks.
- iii). Algoritma ICA yang digunakan adalah FastICA.

## II. Landasan Teori

### 2.1 Independent Component Analysis

Independent Component Analysis adalah metode baru dalam analisis sinyal statistik. Metode ini pada dasarnya adalah memisahkan dua atau lebih sinyal yang tercampur menjadi sinyal asli yang tidak tercampur dengan asumsi bahwa sinyal asli sebelum tercampur bersifat independen satu dengan yang lainnya. Gambar 1 mengilustrasikan proses pencampuran dua sinyal asli  $s_1$  dan  $s_2$  menjadi sinyal tercampur  $x_1$  dan  $x_2$ .



Gambar 1 : Pencampuran sinyal asli  $s_1$  dan  $s_2$  menjadi sinyal tercampur  $x_1$  dan  $x_2$ .

Sinyal tercampur  $x_1$  dan  $x_2$  diberikan oleh persamaan:

$$x_1 = a_{11} \cdot s_1 + a_{12} \cdot s_2 \quad (1)$$

$$x_2 = a_{21} \cdot s_1 + a_{22} \cdot s_2 \quad (2)$$

atau dalam bentuk matriks:

$$x = A \cdot s \quad (3)$$

Matrix  $A$  disebut sebagai *mixing* matriks.

Permasalahan yang akan dipecahkan oleh ICA adalah mencari matriks *demixing*  $w$ , sedemikian rupa sehingga:

$$w \cdot x = w \cdot A \cdot s = y = s' \quad (4)$$

Pada persamaan 4, nilai  $y$  adalah sedekat mungkin dengan sinyal asli  $s$ .

Oleh karena informasi yang ada adalah sinyal yang tercampur  $x$ , maka kita tidak dapat memecahkan persamaan 3 secara langsung dengan aljabar biasa. Algoritma ICA memanfaatkan kenyataan bahwa sinyal asli  $s$  bersifat independen, sedangkan sinyal tercampur  $x$  tidak independen. Dengan demikian, matriks demixing  $w$  diperoleh dengan cara memaksimalkan tingkat keindependenan dari matrix tercampur  $x$ .

Algoritma ICA yang digunakan pada tugas akhir ini adalah FastICA yang dikembangkan oleh Aapo Hyvarinen[1]. Algoritma ICA ini memiliki kelebihan dalam hal kecepatan komputasi dibandingkan dengan algoritma ICA yang lain.

Berikut ini adalah algoritma dari FastICA tersebut:

- 1). Whitening dari matrix  $x$ , yaitu membuat *mean* dari  $x$  adalah 0 dan variansnya 1.
- 2). Pilih harga matriks *demixing* awal  $w$  secara acak tidak sama dengan nol.
- 3). Hitung  $w^+ = E\{x \cdot g(w^T \cdot x)\} - E\{g'(w^T \cdot x)\} \cdot w$
- 4). Misalkan  $w^+ = \frac{w^+}{\|w^+\|}$
- 5). Jika  $w^+$  tidak konvergen, maka ulangi langkah 3.

Fungsi  $g$  pada langkah 3 dapat dipilih sama dengan  $g(u) = \tanh(a, u)$  atau  $g(u) = u \cdot \exp(u^2/2)$ .

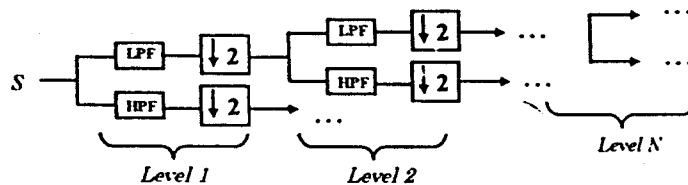
Harga  $a$ , pada fungsi pertama diambil sama dengan 1.

Istilah 'konvergen' pada langkah 5 berarti bahwa nilai  $w$  yang baru diperoleh pada langkah 4 adalah sama dengan nilai  $w$  pada langkah sebelumnya.

Pada penelitian watermarking ini, teknik ICA digunakan untuk memisahkan campuran antara sinyal asli dengan sinyal stempel pada proses *dewatermarking*.

## 2.2. Digital Wavelet Transform

Seperti halnya transformasi Fourier, transformasi wavelet bersifat menguraikan sinyal asli ke dalam komponen frekuensinya (dekomposisi). Sedangkan invers dari transformasi ini bertujuan untuk mengembalikan kembali komponen-komponen frekuensi ini menjadi sinyal semula (rekonstruksi). Proses transformasi pada wavelet ini dapat diwakili oleh proses melewati sinyal asli ke dalam low pass filter (LPF) dan high pass filter (HPF), kemudian melakukan *down-sampling* dengan faktor 2 pada sinyal keluarannya. Proses ini dapat diulangi lagi dengan prinsip yang sama (Gambar 2).



Gambar 2: Transformasi wavelet yang dihitung menggunakan dekomposisi sinyal dengan melewati sinyal melalui LPF dan HPF kemudian *down-sampling*. Proses ini dapat dilakukan berulang-ulang sebanyak  $N$  kali.

Keluaran dari filter dinyatakan dalam persamaan:

$$x(n) * h(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k) \cdot h(n-k) \quad (5)$$

Dan keluaran dari HPF dan LPF setelah dilakukan *down-sampling* berturut-turut adalah:

$$y_{HPF}(k) = \sum_n x(n) \cdot g(2k-n) \quad (6.a)$$

$$y_{LPF}(k) = \sum_n x(n) \cdot h(2k-n) \quad (6.b)$$

Jumlah sampel pada keluaran *down-sampling* adalah separuh dari jumlah sampel dari masukannya. Sedangkan pada sisi rekonstruksi, keluaran dari HPF dan LPF setelah dilakukan *up-sampling* berturut-turut adalah:

$$y_{HPF}(k) = \sum_n x(n) \cdot g(-n+2k) \quad 7.a$$

$$y_{LPF}(k) = \sum_n x(n) \cdot h(-n+2k) \quad 7.b$$

Sedangkan sinyal *output* pada ujung dari tiap level adalah:

$$x(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} (y_{HPF}(k) \cdot g(-n+2k) + y_{LPF}(k) \cdot h(-n+2k)) \quad (8)$$

Koefisien pada filter dekomposisi  $h(n)$  dan filter konstruksi  $g(n)$  diberikan oleh persamaan:

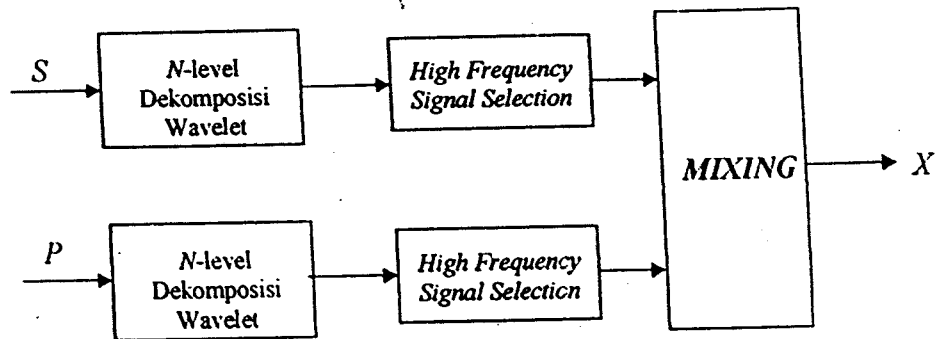
$$g(L-1-n) = (-1)^n \cdot h(n) \quad (9)$$

Persamaan ini menjamin bahwa sinyal keluaran dari bagian konstruksi adalah sama dengan sinyal semula.

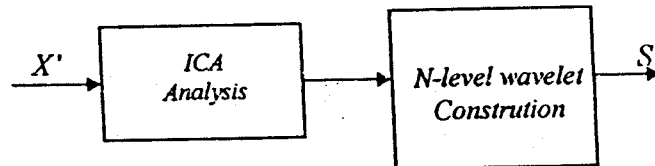
Pada proses watermarking ini, wavelet digunakan untuk mendekomposisi sinyal semula sehingga menjadi komponen-komponen frekuensinya. Proses watermarking dilakukan pada komponen frekuensi tinggi sehingga sinyal stempel nantinya tidak akan tampak secara visual dan tersebar ke seluruh bagian gambar.

### III. Metodologi

Penelitian tentang kinerja dari ICA ini dilakukan pada simulasi di computer menggunakan Matlab. Gambar 1 menunjukkan tentang blok diagram dari sistem watermarking yang akan disimulasikan. Gambar 2 menunjukkan blok diagram dari proses dewatermarking-nya.



Gambar 3: Blok Diagram dari sistem watermarking yang akan diimplementasikan.



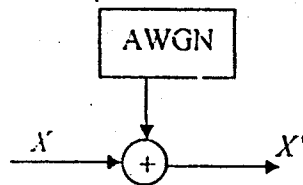
Gambar 4: Blok Diagram dari sistem dewatermarking.

Pada Gambar 3 di atas, proses dekomposisi wavelet sebanyak  $N$ -level digunakan untuk menguraikan citra asli  $S$  ke dalam komponen-komponen frekuensinya. Selanjutnya, proses watermarking dilakukan pada komponen frekuensi rendah dari sinyal asli. Hal ini dimaksudkan agar data watermark  $P$  tertanam namun tidak tampak secara visual di citra aslinya. Disamping itu, proses ini dimaksudkan pula agar citra yang dihasilkan lebih kebal terhadap derau AWGN. Pada proses watermarking ini, digunakan citra asli berupa gambar berukuran 480 x 600 pixel. Wavelet yang digunakan adalah wavelet Haar. Dekomposisi wavelet dilakukan sampai level 2, 3, 4.

Gambar 4 menunjukkan proses dewatermarking dari citra yang diterima. Proses dewatermarking ini merupakan kebalikan dari proses watermarking sebelumnya. Citra  $X$  yang akan di-dewatermarking telah mengalami gangguan di dalam perjalanannya dari pemancar ke penerima, dengan gangguan berupa penambahan derau AWGN.

Simulasi dilakukan pada setiap manipulasi citra tersebut, dan proses de-watermarking dilakukan untuk setiap jenis manipulasi.

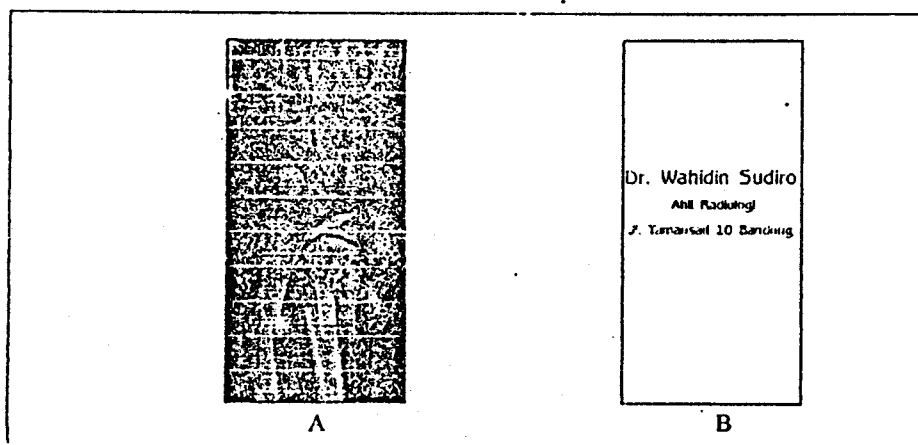
Hasil dari setiap proses ini dibandingkan dengan data aslinya untuk menilai tingkat kehandalan algoritma.



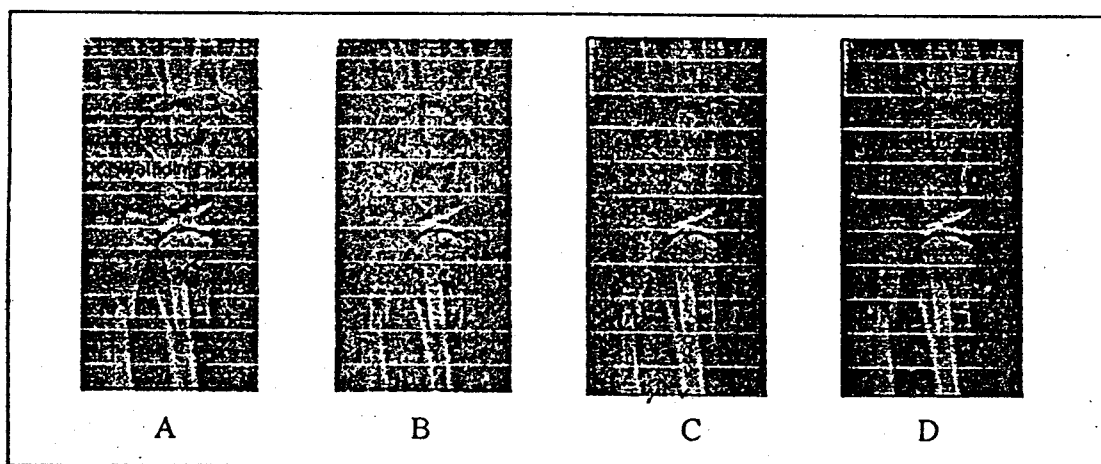
Gambar 5: Gangguan yang dialami oleh data di dalam perjalanannya.

#### IV. Hasil Simulasi

Gambar 6.a adalah gambar citra medis asli yang digunakan. Gambar 6.b adalah gambar stempel yang akan digunakan untuk me-watermark citra medis asli. Gambar 7.a, 7.b, 7.c, dan 7.d berturut-turut adalah citra yang telah di-watermarking tanpa melakukan dekomposisi wavelet, dengan dekomposisi wavelet pada level 1, dengan dekomposisi wavelet pada level 2 dan dengan dekomposisi wavelet pada level 3. Mixing matrix  $x$  yang digunakan pada proses pencampuran sinyal asli dengan sinyal stempel adalah  $a = [0.8, 0.2; 0.2, 0.8]$ . Secara visual terlihat bahwa proses watermarking tanpa dekomposisi wavelet menghasilkan sinyal stempel tampak secara visual pada sinyal asli.

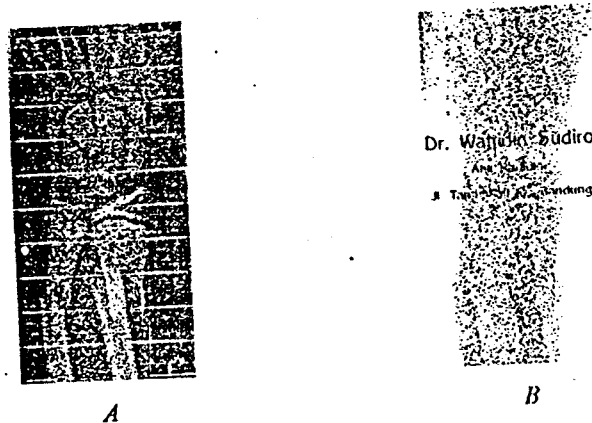


Gambar 6: A. Citra asli berupa foto-x dari tangan. B. citra stempel.



Gambar 7: Hasil watermarking: A. Tanpa dekomposisi, B: Dekomposisi level 1 C: Dekomposisi Level 2. D: Dekomposisi level 3

Masing-masing citra kemudian diberi derau AWGN. Intensitas dari derau ini ditambah secara gradual dengan menambah daya derau. Oleh karena tiap piksel dari citra diwakili oleh 8 bit, maka nilai yang menunjukkan intensitas dari tiap piksel berkisar dari 0 sampai dengan 255. Penambahan derau dapat menyebabkan nilai intensitas piksel dapat keluar pada rentang ini. Untuk mengatasi hal tersebut, setelah penambahan derau, ditambahkan fungsi modulo 256 untuk memastikan bahwa nilai intensitas tersebut berada dalam rentang yang diijinkan. Gambar 8.a menunjukkan contoh gambar yang telah terkontaminasi oleh derau. Gambar 8 menunjukkan hasil ekstraksi dari citra stempel dari gambar 8.a. Pada gambar ini, perbandingan antara sinyal dengan derau (SNR) adalah 15 dB.

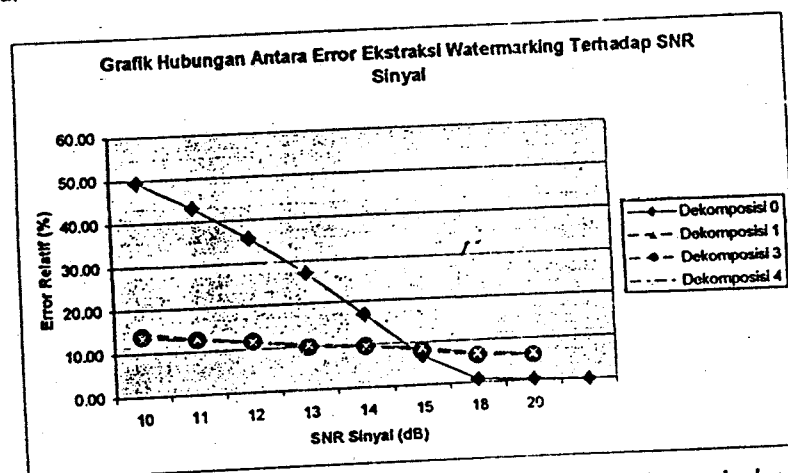


Gambar 8. A. Sinyal hasil watermarking yang terkontaminasi oleh derau. SNR = 15 dB. B. Hasil ekstraksi dari stempel dengan menggunakan Independent Component Analysis.

Untuk memperoleh nilai kuantitatif dari stempel hasil dewatermarking, maka didefinisikan error kuantitatif relatif sebagai berikut:

$$Q = \frac{E - E_{referensi}}{256} \times 100\% \quad (9)$$

dimana  $E$  adalah Amplituda Rata-Rata sinyal ditambah dengan derau dan  $E_{referensi}$  adalah Amplituda Rata-Rata sinyal ketika tidak ada derau. Nilai  $Q$  berkisar dari 0% sampai dengan 100% secara teoretis, namun kualitas dari sinyal dapat ditunjukkan pada interval 0%-50%. Harga 0% terjadi jika tidak ada derau.



Gambar 9: Hubungan antara Error Relatif ( $Q$ ) sinyal hasil dewatermarking terhadap SNR sinyal.

Gambar 9 menunjukkan hasil  $Q$  sebagai fungsi dari SNR untuk 4 macam implementasi watermarking, yaitu: tanpa dekomposisi wavelet, dekomposisi sampai level 1, dekomposisi sampai level 2 dan dekomposisi pada level 3.

#### V. Diskusi

Melihat grafik pada Gambar 9, tampak bahwa teknik watermarking ICA tanpa dekomposisi wavelet memberikan hasil yang sensitif terhadap perubahan SNR. Pada rentang SNR 10 dB sampai dengan 20 dB, faktor  $Q$  berubah drastis dari 49,8% menjadi 0.48%. Titik potong dari kurva pada Gambar 9 adalah pada SNR sekitar 15 dB. Sedangkan teknik ICA diikuti oleh dekomposisi wavelet, terlihat bahwa sistem tidak sensitif terhadap perubahan SNR. Hal ini disebabkan oleh karena dekomposisi wavelet menyebabkan derau terbagi menjadi dua komponen frekuensi. Ditambah lagi dengan teknik ICA yang dilakukan pada komponen frekuensi tinggi dari sinyal dekomposisi menyebabkan sinyal stempel tersebar ke seluruh sinyal asli pada proses watermarkingnya. Hal ini menambah tidak sensitifnya derau pada proses dewatermarking.

Terlihat bahwa level dekomposisi wavelet tidak berpengaruh pada kualitas sinyal hasil *dewatermarking*nya. Hal ini disebabkan karena proses *dewatermarking* dilakukan pada komponen frekuensi tinggi, sedangkan citra medis pada umumnya tidak memiliki daya yang besar pada frekuensi tingginya.

#### VI. Kesimpulan

Hasil penelitian teknik *watermarking* menggunakan ICA dan wavelet menunjukkan bahwa teknik ini handal pada lingkungan yang memiliki tingkat derau yang tinggi. Pada SNR sinyal antara 10 sampai dengan 20, terlihat bahwa teknik ini tidak sensitif terhadap perubahan derau. Tingkat error relatif  $Q$  hanya berubah dari 13% ke 6.7%. Tanpa dekomposisi, di sisi lain, perubahannya adalah 49.8% ke 0.48%. Jika disyaratkan faktor  $Q$  maksimal 20%, maka teknik tanpa dekomposisi praktis tidak memberikan hasil yang memenuhi syarat.

Faktor  $Q$  ternyata relatif tidak berubah untuk tingkat dekomposisi 1, 2 dan 3. Dalam hal ini, wavelet dengan dekomposisi 1 memiliki hasil *dewatermarking* yang lebih baik karena artefak dari sinyal stempel secara visual hampir tidak terlihat pada sinyal hasil *dewatermarking*nya.

Oleh karena itu, penggunaan ICA dan level dekomposisi wavelet 1 memberikan hasil yang terbaik untuk SNR kurang dari 15 dB, dan untuk SNR lebih dari 15 dB, teknik ICA tanpa dekomposisi wavelet akan memberikan hasil yang lebih baik.

#### Daftar Pustaka

- [1]. Aapo Hyvarinen, 'Tutorial Independent Component Analysis'  
<http://www.cs.helsinki.fi/aapo.hyvarinen/>
- [2]. Chun Sie Liu, et. Al., 'Denoising and Copy Attacks Resilient Watermarking by Exploiting Prior Knowledge at Detector'
- [3]. Minfen Sen, et. Al., 'A Method for Digital Image Water Marking Using ICA', 4<sup>th</sup> International Symposium on Independent Component Analysis and Blind Signal Separation (ICA2003), April 2003, Nara, Japan
- [4]. James J. Walker, 'Wavelet Transform, Principles and Its Engineering Applications', Prentice Hall, 2003.