

IMPLEMENTASI METODE PENYISIPAN TANDA AIR MENGGUNAKAN *SINGULAR VALUE DECOMPOSITION* (SVD)

Ainiya Fahrurrosi Aziza

Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya dan
ainiyaaaziza@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Perkembangan IPTEK yang cepat dan semakin canggih terutama dalam teknologi internet dan multimedia memungkinkan terjadinya penyimpanan dan penyebaran data baik berupa citra, video maupun audio dengan mudah, sehingga untuk melindungi citra digital diperlukan suatu teknik yang dapat meminimalisir terjadinya pelanggaran hak cipta teknik tersebut disebut dengan penyisipan tanda air (*watermarking*) pada citra digital. Salah satu metode penyisipan tanda air pada citra digital yang cukup sering digunakan adalah *Singular Value Decomposition* (SVD). Objek yang digunakan untuk sistem simulasi adalah citra asli RGB berukuran 400 x 400 piksel dan 425 x 425 piksel sebagai citra penampung serta sebuah citra RGB berukuran 64 x 64 piksel sebagai citra tanda air. Pengujian ketahanan citra yang memuat tanda air dilakukan dengan menambahkan manipulasi berupa *noise gaussian*, *speckle*, *salt & pepper* serta *blurring*. Dari hasil simulasi diperoleh nilai PSNR pada Citra1 mencapai 44.4336dB dan 44.7275dB pada Citra2 pada pemilihan faktor skala alpha sebesar 0.2. SVD memiliki ketahanan yang cukup baik dari manipulasi berupa *noise gaussian*, *speckle*, *salt & pepper* serta *blurring*.

Kata Kunci: Penyisipan Tanda Air, *Singular Value Decomposition* (SVD)

Abstract

The development of rapid and increasingly sophisticated science and technology, especially in internet and multimedia technology allows the occurrence of storage and dissemination of data in the form of images, video and audio with ease so to protect the digital image required a technique that can minimize the occurrence of copyright infringement technique called insertion digital watermarking. One method of insertion of watermarks in digital imagery that is often used is *Singular Value Decomposition* (SVD). The object used for the simulation system is two original images of RGB which has size 400 x 400 pixels and 425 x 425 pixels as a cover image respectively and an image which has size 64 x 64 pixel as a watermark image. Robustness test is by adding manipulation * *noise gaussian*, *speckle*, *salt & pepper* and *blurring*. From the result obtained * value * PSNR on Citra1 reaches 44.4336dB and 44.7275dB in Citra2 on selection of alpha scale factor of 0.2. SVD has good resilience from manipulation of *noise gaussian*, *speckle*, *salt & pepper* and *blurring*.

Keywords: Watermarking, *Singular Value Decomposition* (SVD)

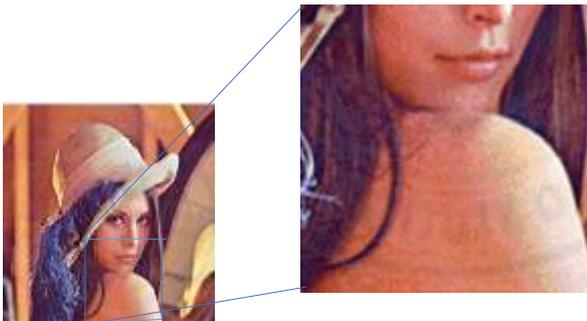
PENDAHULUAN

Perkembangan IPTEK yang cepat dan semakin canggih terutama dalam teknologi internet serta multimedia memungkinkan terjadinya penyimpanan dan penyebaran data baik berupa citra, video maupun audio dengan mudah. Namun kemudahan dan kecanggihannya tersebut menimbulkan masalah dalam hal pelanggaran hak cipta seperti pembajakan pada citra yang tentunya sangat merugikan bagi pemiliknya sehingga diperlukan suatu teknik untuk melindungi data digital yang asli dari perlakuan tak diinginkan tersebut digunakanlah suatu teknik yang disebut dengan *watermarking* (Basaruddin 2006).

Penyisipan tanda air (*watermarking*) merupakan suatu proses penambahan kode secara permanen kedalam citra digital (Basaruddin, 2006). Penyisipan kode ini haruslah memiliki ketahanan yang cukup baik dari berbagai manipulasi seperti pengubahan, kompresi maupun enkripsi dan kode yang disisipkan tidak boleh sampai merusak citra digital yang dilindungi sehingga akan sulit untuk membedakan apakah citra digital tersebut telah disisipi tanda air atau belum secara kasat mata (Alfatwa 2009). Tanda air yang telah disisipkan tidak dapat dideteksi oleh indra manusia, namun dapat dideteksi oleh komputer menggunakan kunci yang tepat. Tanda air yang telah disisipkan tidak dapat dihapus dari dalam citra digital sehingga bila data digital yang memuat

tanda air diperbanyak dan disebar maka secara otomatis tanda air yang berada didalamnya ikut terbawa.

Salah satu metode yang cukup populer dalam domain spasial adalah metode *Singular Value Decomposition* (SVD) (Rashid, 2016). Metode ini dapat dikatakan populer karena dalam sudut pengolahan citra nilai singular pada suatu citra memiliki stabilitas yang sangat baik, artinya ketika suatu citra diberikan sedikit gangguan atau manipulasi maka nilai singularnya tidak berubah secara signifikan (Chang dkk., 2005) selain itu ukuran matriks dari transformasi metode SVD tidak tetap dan dapat berupa persegi atau lingkaran. Dalam studi ini akan dibahas mengenai penerapan penyisipan tanda air pada citra digital menggunakan SVD.



Gambar 1. Jenis tanda air terlihat
(Sumber: Tang dkk., 2006)

Penyisipan Tanda Air

Teknik penyisipan tanda air telah dikenal sekitar akhir abad ke-13. Bermula dari pabrik kertas di Italia (Fabriano) yang membuat kertas kemudian dibubuhi dengan *watermark* atau tanda air, pembubuhan ini dilakukan dengan cara menekan bentuk cetakan gambar atau tulisan pada kertas yang baru setengah jadi. Setelah kertas dikeringkan, akan terbentuk kertas yang memuat tanda air. Kertas seperti ini biasanya digunakan oleh para sastrawan dan seniman untuk menulis hasil karya mereka. Kertas yang telah disisipi dengan tanda air tersebut dapat dijadikan identifikasi bahwa karya yang ada di atasnya adalah milik mereka (Munir, 2006). Makin berkembangnya ilmu pengetahuan, penyisipan tanda air tidak hanya dibubuhkan pada kertas tetapi merambah pada media digital. Penyisipan tanda air pada media digital mulai dikembangkan pada tahun 1990 di Jepang dan tahun 1993 di Swiss (Munir, 2006).

Penyisipan tanda air disebut juga sebagai suatu teknik penyisipan atau penyembunyian informasi yang bersifat rahasia pada suatu data lainnya, tetapi orang lain tidak dapat mengetahui atau menyadari adanya informasi yang disembunyikan atau adanya data tambahan pada data yang disisipi, seolah-olah tidak ada perbedaan yang berarti antara data yang belum disisipi dengan tanda air dan data yang telah memuat tanda air (Alfatwa, 2009). Oleh karena itu tanda air yang disisipkan pada

media digital haruslah *imperceptible* atau tidak dapat dideteksi oleh sistem penglihatan manusia atau sistem pendengaran manusia (Basarudin, 2006).

Data yang memuat tanda air harus tahan terhadap segala macam perubahan maupun pengolahan, baik secara disengaja maupun tidak, yang bertujuan untuk menghilangkan tanda air pada data asli. Untuk memberikan perlindungan serta membuktikan keaslian karya atau kepemilikan digital dengan teknik yang beragam, seperti *Singular Value Decomposition*, *Discrete Wavelet Transform*, *Cosine Wavelet Transform*, *Shuffled Singular Value Decomposition*, dan masih banyak lagi teknik lainnya (Alfatwa, 2009).

Jenis Penyisipan Tanda Air

Berdasarkan media digital yang disisipi jenis tanda air adalah sebagai berikut:

1. *Text watermarking*
Jenis tanda air ini merupakan tanda air yang disisipkan pada media digital seperti dokumen atau teks.
2. *Image watermarking*
Tanda air yang disisipkan pada citra digital seperti jpg, png dan sejenisnya.
3. *Audio watermarking*
Tanda air yang disisipkan pada file berupa audio digital, seperti mpeg, mp3, dan sejenisnya.
4. *Video watermarking*
Tanda air yang disisipkan pada gambar bergerak atau video digital.



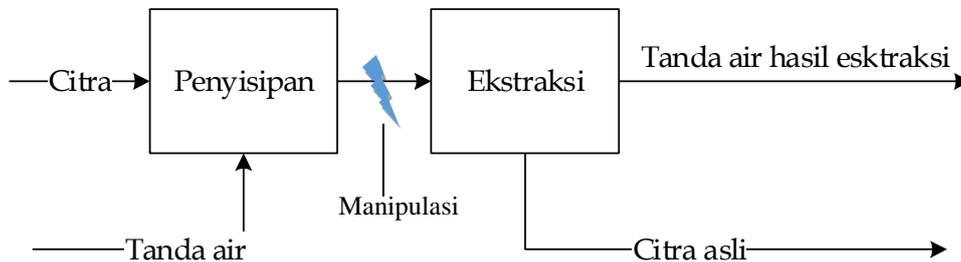
Gambar 2. Jenis tanda air tidak terlihat
(Sumber: Tang dkk., 2006)

Tipe Penyisipan Tanda Air

Terdapat dua tipe penyisipan tanda air, yaitu (Munir, 2006):

1. *Visible*
Tanda air dapat dikatakan *visible* atau terlihat karena tanda air ini dapat dilihat oleh panca indra manusia. Sifatnya sangat kuat bahkan sangat sulit dihapus keberadaannya. Contoh tanda air dengan tipe terlihat disajikan pada Gambar 1.
2. *Invisible*
Tanda air dikatakan *invisible* atau tak terlihat jika tidak dapat dilihat oleh panca indra manusia dan

bertujuan memberikan informasi rahasia serta untuk melindungi karya cipta dari orang yang tidak bertanggung jawab. Tipe tanda air seperti ini dapat dilihat dengan cara meng-ekstrak gambar yang telah disisipi dengan tanda air.



Gambar 3. Sistem penyisipan tanda air

Contoh tanda air dengan tipe tidak dapat dilihat oleh panca indra disajikan pada Gambar 2.

Kriteria Penyisipan Tanda Air

Penyisipan informasi yang bersifat rahasia pada citra digital akan mengubah kualitas citra, sehingga ada hal yang perlu diperhatikan dalam penerapan penyisipan tanda air yaitu (Munir, 2006):

1. *Fidelity*

Mutu citra penampung tidak jauh berubah setelah terjadi penambahan data rahasia dengan kata lain, citra hasil penyisipan tanda air masih terlihat dengan baik. Pengamat tidak mengetahui adanya penambahan informasi rahasia pada citra tersebut. Untuk memperoleh data penampung yang berkualitas tinggi maka *fidelity* harus ditinggikan sehingga tidak merusak citra aslinya.

2. *Robustness*

Robustness memiliki peranan penting dalam semua sistem penyisipan tanda air (Ingale dan Dhote, 2015). Data yang disembunyikan harus tahan terhadap manipulasi yang dilakukan pada citra penampung (seperti penajaman, pengubahan kontras, pemampatan, rotasi, perbesaran gambar, enkripsi, dan sebagainya). Jika pada citra dilakukan operasi pengolahan citra, maka data yang disembunyikan tidak rusak, namun terkadang sebuah tanda air hanya tahan terhadap sebuah proses tertentu tetapi masih rentan terhadap proses yang lain.

3. *Imperceptibility*

Keberadaan tanda air tidak dapat dipersepsi oleh indra visual, tujuannya untuk menghindari gangguan pengamatan visual.

4. *Non-invertibility*

Secara komputasi sangat sukar untuk menemukan tanda air bila hanya diketahui citra dengan tanda air saja.

5. *Key uniqueness*

Kunci yang berbeda menghasilkan tanda air yang berbeda artinya penggunaan kunci yang salah dapat menyebabkan hasil ekstraksi atau deteksi tanda air yang salah juga.

6. *Recovery*

Data yang disembunyikan harus bisa ditampilkan lagi. Karena tujuan penyisipan tanda air adalah menyembunyikan data. Maka sewaktu-waktu data rahasia dalam citra, harus dapat diambil kembali untuk dapat digunakan.

Penyisipan Tanda Air Digital

Pada penyisipan tanda air pada citra digital proses penyisipan tanda air ke dalam citra asli disebut dengan *embedding* atau *encoding*. Setelah proses *embedding* diperoleh citra yang memuat tanda air. Sedangkan proses untuk memperoleh atau mendapatkan kembali citra digital asli dan tanda air yang sebelumnya telah disisipkan disebut dengan ekstraksi. Umumnya proses ekstraksi melibatkan proses perbandingan citra digital asal dengan citra yang memuat tanda air untuk mendapatkan tanda air yang disisipkan. Ilustrasi proses penyisipan tanda air dapat dilihat pada Gambar 3.

SVD (Singular Value Decompostion)

Misal diketahui suatu matriks A berukuran $N \times N$ dengan rank r , maka bentuk faktorisasinya adalah seperti pada persamaan (1)

$$A = USV^T \tag{1}$$

$$A = [\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_N] \times \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \sigma_N \end{bmatrix} \times [v_1, v_2, \dots, v_N]^T$$

matriks ortogonal ditunjukkan oleh matriks U dan V sedangkan S adalah matriks diagonal dengan elemen $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_N$ yang merupakan nilai-nilai singular dari matriks A dan berlaku $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_N$ Jumlah nilai singular yang tidak nol sama dengan r (Mardiko dkk., 2010).

Dalam teknik penyisipan tanda air berbasis SVD tanda air dapat disisipkan pada matriks U , S atau V . Penyisipan dapat dilakukan pada seluruh citra asli atau pada blok-blok tertentu (Chang dkk., 2005). Beberapa penelitian mengkombinasikan metode SVD dengan metode pada domain frekuensi seperti DFT, DCT (Setiani dkk., 2017) (Chaitanya dkk., 2014), dan DWT (Basaruddin dkk., 2009) untuk menghasilkan skema penyisipan tanda air yang lebih handal. Langkah penyisipan tanda air ke dalam citra digital adalah sebagai berikut:

Langkah 1: Dekomposisi SVD pada citra asli

Penyisipan matriks tanda air X ke dalam matriks citra A dilakukan dengan cara mendekomposisi citra A menjadi matriks U , S dan V , hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai singular dari citra A seperti pada persamaan (2).

$$A = U \times S \times V^T \quad (2)$$

Langkah 2: Tambahkan nilai singular S dengan tanda air X dan dekomposisi kembali untuk mendapatkan nilai singular seperti pada persamaan (3)

$$S_t = S + \alpha X \quad (3)$$

Langkah 3: Dimana α adalah faktor pengali yang digunakan untuk menentukan kekuatan tanda air yang akan disisipkan. Selanjutnya lakukan SVD pada S_t seperti pada persamaan (4)

$$S_t = U_w S_w V_w^T \quad (4)$$

Langkah 4: Bentuk citra yang berisi tanda air dari S_w , bersama-sama matriks U dan V dari citra asal seperti pada persamaan (5)

$$A_w = U S_w V^T \quad (5)$$

Sedangkan untuk tahap ekstraksi tanda air dapat dilakukan dengan cara berikut

Langkah 5: Menerapkan SVD

Setelah mendapatkan citra telah disisipi dengan tanda air maka citra tersebut akan disimpan untuk proses ekstraksi. Pada proses ekstraksi dibutuhkan matriks U_w dan V_w dari S_t . Misalkan matriks A_w^* , adalah citra yang memuat tanda air, maka langkah ekstraksi adalah dengan menerapkan persamaan (6) dilanjutkan dengan persamaan (7)

$$A_w^* = U^* S_w^* (V^*)^T \quad (6)$$

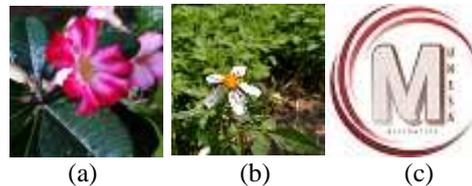
$$S_t = U_w S_w V_w^T \quad (7)$$

untuk merekonstruksi citra tanda air digunakan rumus (8)

$$W = \frac{1}{\alpha} (S_t - S) \quad (8)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan berupa dua buah citra asli RGB yakni citra1 berukuran 400 x 400 piksel dan citra2 berukuran 425 x 425 piksel serta sebuah citra tanda air RGB berukuran 64 x 64 piksel. Data yang digunakan disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. (a)Citra1, (b)Citra2, (c)Tanda air

Berdasarkan hasil uji coba penyisipan tanda air menggunakan metode SVD diperoleh hasil seperti pada Gambar 5. Dari Gambar 5 dapat diketahui bahwa secara kasat mata citra tanda air yang disisipkan tidak merusak tampilan citra penampung, untuk mengetahui nilai perbedaan kualitas citra sebelum dan sesudah disisipi dengan tanda air digunakan Peak Signal to Ration (PSNR) yang dihitung dalam satuan dB (Cheddad dkk., 2010). Standar nilai PSNR berkisar antara 30 dB hingga 40 dB (Rajkumar dkk., 2016) PSNR dihitung menggunakan rumus (9)

$$PSNR = 20 \log \left(\frac{255}{\sqrt{MSE}} \right) \quad (9)$$

dengan rumus MSE seperti pada persamaan (10)

$$MSE = \frac{1}{M \times N} \sum_i \sum_j [I(i, j) - I_w(i, j)]^2 \quad (10)$$

dimana $I(i, j)$ menunjukkan citra asli dan $I_w(i, j)$ menunjukkan citra yang memuat informasi, N dan M merupakan resolusi dari citra I . Dari hasil perhitungan nilai PSNR diperoleh hasil seperti pada Tabel 1. Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai PSNR Citra1 dan Citra2 mencapai 44.4336 dB dan 44.7275 dB artinya citra penampung memiliki kualitas yang sangat baik ketika disisipkan tanda air.



Gambar 5. Hasil penyisipan tanda air (a) Citra1 (PSNR= 44.4336dB), (b) Citra2 (PSNR=44.7275dB)

Selain uji PSNR diperlukan juga uji *robust*, uji *robust* dilakukan dengan menambahkan manipulasi pada citra yang memuat tanda air, dalam uji coba kali ini akan ditambahkan manipulasi berupa *noise gaussian*, *speckle*, *salt & pepper* dan *blurring*.

menjaga keutuhan citra tanda air. Hasil dari perhitungan koefisien korelasi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Nilai psnr

Nilai Alpha	Nilai PSNR(dB)	
	Citra1	Citra2
0.2	44.4336	44.7275
0.3	39.4998	40.3906
0.4	36.0973	37.5051
0.5	33.4975	35.2636

Tabel 2. Nilai koefisien korelasi

Manipulasi	Nilai koefisien korelasi	
	Citra1	Citra2
<i>Speckle</i>	0.970821	0.980821
<i>Salt & pepper</i>	0.987298	0.995616
<i>Gaussian</i>	0.902284	0.899907
<i>Blurring</i>	0.602138	0.63827

Untuk melihat kemiripan antara tanda air dan hasil ekstraksi citra yang memuat tanda air setelah ditambahkan manipulasi diperlukan koefisien korelasi. Koefisien korelasi dihitung menggunakan persamaan (4)

$$\rho(W, W^*) = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (W_{ij} - \mu_w)(W^*_{ij} - \mu_{w^*})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (W_{ij} - \mu_w)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (W^*_{ij} - \mu_{w^*})^2}} \quad (4)$$

Tanda air dinyatakan dengan W dan W^* menyatakan hasil ekstraksi dari citra yang memuat, μ_w merupakan mean dari penyisipan tanda air dan μ_{w^*} merupakan mean dari hasil ekstraksi. Kuat dan tidaknya hubungan antara W dan W^* dapat dinyatakan dengan fungsi linear (paling tidak mendekati). Nilai koefisien korelasi memiliki nilai paling sedikit -1 dan paling besar $+1$, makin besar nilai koefisien korelasi maka makin dekat kemiripan antara kedua objek tersebut (Ratner 2009).

Perhitungan nilai koefisien korelasi dihitung pada saat pemilihan nilai alpha 0.2. Setelah dilakukan perhitungan diperoleh hasil bahwa tanda air yang telah disisipkan ke dalam citra asli atau citra penampung lalu ditambahkan dengan manipulasi didapatkan nilai koefisien korelasi yang cukup baik yakni mendekati 1 pada kedua citra dengan manipulasi berupa *noise gaussian*, *speckle*, *salt & pepper*, ini menandakan bahwa citra yang memuat tanda air mampu mempertahankan keutuhan tanda air yang disipkan meskipun telah ditambahkan manipulasi seperti *noise gaussian*, *speckle*, *salt & pepper* sehingga kemiripan antara tanda air dan hasil ekstraksi sangat dekat.

Berbeda halnya dengan penambahan manipulasi berupa *blurring* diperoleh hasil nilai koefisien korelasi mencapai 0.602138 pada Citra1 dan 0.63827 pada Citra2 korelasi antara tanda air dan hasil ekstraksi sedikit lebih jauh jika dibandingkan dengan manipulasi *noise gaussian*, *speckle*, *salt & pepper*, artinya citra asli cukup kuat untuk

PENUTUP

Simpulan

Dari hasil uji coba dapat disimpulkan bahwa makin rendah nilai alpha yang dipilih maka makin baik nilai PSNR yang diperoleh, makin tinggi nilai PSNR mengindikasikan bahwa kualitas citra yang telah disisipkan makin baik. Metode SVD memiliki *robustness* yang cukup baik dari berbagai manipulasi seperti *noise gaussian*, *speckle*, *salt & pepper* dan *blurring*.

Saran

Saran untuk uji coba berikutnya adalah membandingkan metode penyisipan tanda air pada citra *grayscale* dengan citra RGB menggunakan SVD.

DAFTAR PUSTAKA

Alfatwa, Dean Fathoni. 2009. "Watermarking Pada Citra Digital Menggunakan Discrete Wavelet Transform." : 1-19.

Basaruddin, T. 2006. "PENYISIPAN TANDA AIR PADA CITRA DIJITAL BERBASIS DEKOMPOSISI NILAI SINGULIR (DNS)." 10(2): 83-88.

Basaruddin, T, Della Maulidiya, Fakultas Ilmu Komputer, and Universitas Indonesia. 2009. "KINERJA SKEMA PEMBERIAN TANDA AIR VIDEO DIJITAL BERBASIS DWT-SVD DENGAN DETEKTOR SEMI-BLIND." 13(1): 7-14.

Chaitanya, K, E Srinivasa Reddy, and K Gangadhara Rao. 2014. "Digital Color Image Watermarking In RGB Planes Using DWT-DCT-SVD Coefficients." 5(2): 2413-17.

Chang, Chin-chen, Piyu Tsai, and Chia-chen Lin. 2005. "SVD-Based Digital Image Watermarking Scheme." 26: 1577-86.

- Cheddad, Abbas, Joan Condell, Kevin Curran, and Paul Mc Kevitt. 2010. "Digital Image Steganography: Survey and Analysis of Current Methods." 90(3): 727–52.
- Ingale, Sumedh P., and C. A. Dhote. 2015. "A Survey of Digital Watermarking Techniques." *International Journal of Engineering and Computer Science* 2(2): 10270–75.
- Mardiko, Rahmatri, T Basaruddin, Fakultas Ilmu Komputer, and Universitas Indonesia. 2010. "Evaluasi Skema Watermarking Citra Berbasis Singular Value Decomposition, Kuantisasi Dither, Dan Deteksi Sisi." 14(2): 168–72.
- Munir, Rinaldi, and Sekolah Teknik. "Sekilas Image Watermarking Untuk Memproteksi Citra Digital Dan Aplikasinya Pada Citra Medis."
- Rajkumar, S, and G Malathi. 2016. "A Comparative Analysis on Image Quality Assessment for Real Time Satellite Images." 9(September).
- Rashid, Aaqib. 2016. "Digital Watermarking Applications and Techniques: A Brief Review." 5(3): 147–50.
- Ratner, Bruce. 2009. "The Correlation Coefficient: Its Values Range between $+1 / -1$, or Do They?" 17: 139–42.
- Setiani, Indriana, Unang Sunarya, and Suci Aulia. 2017. "MODUL SIMULASI TEKNIK WATERMARKING PADA CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN METODE DWT DAN DCT THE SIMULATION MODULE OF DIGITAL IMAGE WATERMARK." 3(3): 2133–44.
- Tang, Shao-Xian. 2006. "A Contrast- Sensitive Visible." : 60–66.

