

## SIMULASI DAN ANALISIS CITRA WATERMARKING MENGGUNAKAN METODE LOG POLAR MAPPING (LPM) UNTUK MELAWAN SERANGAN GEOMETRI

Rodia Mardia<sup>1</sup>, Bambang Hidayat<sup>2</sup>, Suryo Adhi Wibowo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

---

### Abstrak

Watermark merupakan salah satu solusi untuk melindungi hak cipta terhadap foto digital yang dihasilkan dengan cara menyisipkan informasi tambahan kepemilikan citra. Dengan diterapkannya digital image watermarking, maka hak cipta akan kepemilikan citra dapat terlindungi. Dalam tugas akhir, digunakan metode log polar mapping (LPM) dengan alasan metode ini kokoh terhadap serangan geometri, memperbaiki metode-metode sebelumnya yang rentan akan serangan geometri.

Metode log polar mapping digunakan dalam proses embedding dan ekstraksi watermark dengan bantuan phase correlation. Proses ini dilakukan pada magnitude dari domain Fourier sebuah citra digital untuk membuat watermarking independen terhadap translasi. Metode LPM digunakan pada proses embedding untuk membuat watermark yang independen terhadap rotasi dan skala. Pada proses ekstraksi digunakan LPM dan phase correlation untuk proses penyesuaian (rectification) citra digital terhadap rotasi, skala, dan translasi. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 15 citra dengan dimensi yang berbeda-beda dengan menghasilkan hasil maksimal pada citra berdimensi 256 x 256.

Dari hasil pengujian untuk semua citra diperoleh citra watermarked dengan PSNR terbesar adalah infinite dengan MSE 0 dan PSNR terkecil sebesar 37,3587 dB dengan MSE sebesar 11,9457. Sedangkan untuk korelasi terbaik yaitu sebesar 0,896 pada citra berdimensi 256 x 256.

**Kata Kunci :** image watermarking, transformasi Fourier, log polar mapping, phase correlation, serangan geometri.

---

### Abstract

Watermark is one of solutions to protect copyright of the digital photo that produced by inserting additional information about image author. By the digital image watermarking implemented, so the copyright will be protected. In this final project, will be used log-polar mapping method because it has strong defense from geometric attack, fixing early methods that weak from geometric attack.

Log Polar Mapping method is used in embedding process and watermark extract with phase correlation support. The process is run in the magnitude from Fourier domain of a digital image to make independen watermarking as translation. LPM method is used in embedding process to make independen watermarking toward rotation and scale. In extracting process used LPM and phase correlation to rectification process digital image toward rotation, scale, and translation. Experiment has been done by using 15 images that have different dimensions with maximal result in image's dimension 256x256.

The result of experiment for all image got watermarked image with the biggest PSNR is infinite with MSE 0, then the lowest PSNR is 37,3587 dB with MSE 11,9457. Meanwhile for the best correlation is equal to 0.896.

**Keywords :** image watermarking, Fourier transformation, log polar mapping, phase correlation, geometric attack.

---

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kemudahan penyebaran citra digital melalui internet memiliki keuntungan dan kerugian terutama bagi pemilik asli citra digital. Keuntungan dari kemudahan penyebaran tersebut adalah dengan cepatnya pemilik citra tersebut menyebarkan file citra digital ke berbagai alamat situs di dunia. Sedangkan kerugiannya adalah jika tidak ada hak cipta yang berfungsi sebagai pelindung citra yang disebar, maka citra digital ini akan sangat mudah diakui kepemilikannya oleh pihak lain.

Kemajuan dalam bidang internet juga memicu makin luasnya penggunaan citra digital. Namun perluasan dalam penggunaan citra digital ini juga membuat pembajakan semakin marak. Ditambah dengan kemajuan internet, maka distribusi dari pembajakan juga semakin mudah.

Pembajakan inilah yang menjadi faktor utama yang memicu riset dibidang *watermark* mendapat perhatian dari kalangan yang tertarik pada perlindungan hak cipta. Oleh karena itu, kekokohan terhadap serangan oleh pembajak dari *watermark* adalah faktor utama untuk sebuah *watermark* menjadi berguna<sup>[14]</sup>, hal ini termasuk kokoh terhadap kompresi seperti JPG, skala dan perubahan rasio, rotasi, *cropping*, penambahan noise, *filtering*, kriptografi, dan juga *embedding watermark* lain.

Ada banyak metode *watermarking* yang telah dikembangkan, namun beberapa metode lama yang tidak kokoh, antara lain metode dari L.F.Turner yang menggunakan metode *watermarking* yang memasukkan kode identifikasi ke dalam sinyal audio dengan cara mensubstitusikan bit yang tidak signifikan dari sampel yang dipilih secara random dengan bit dari kode identifikasi. Bit dianggap tidak signifikan jika dilakukan perubahan terhadap bit tersebut maka perubahan tersebut tidak terdengar. Metode tersebut dapat diaplikasikan ke dalam citra dua dimensi. Sayangnya metode ini mudah dikalahkan, apabila diketahui metode ini hanya mempengaruhi 2 bit yang paling tidak signifikan, maka hanya dengan melakukan *flip* terhadap bit tersebut maka *watermark* dapat dihancurkan. Metode lain adalah metode dari Caronni yang menambahkan sebuah pola geometrik kecil ke dalam bagian yang memiliki keterangan tinggi sehingga tidak terlihat, metode ini tidak kokoh terhadap perubahan geometrik umum. Begitu pula dengan metode dari Brassil,

yang menggunakan teks yang ada dalam citra. *Watermark* dikodekan dengan menggeser secara vertikal baris teks, menggeser secara horizontal kata-kata, atau merubah sifat teks seperti garis vertikal dari tiap-tiap huruf. Metode inipun tidak kokoh.

Salah satu metode *watermarking* yang kokoh adalah metode *watermarking* yang menggunakan domain frekuensi (pada umumnya menggunakan transformasi *Fourier*) sebagai tempat *embedding watermark*. Untuk dapat mengerti keuntungan dari penggunaan domain frekuensi dalam pemasangan *watermark*, perlu dilihat efek dari sebuah serangan terhadap spektrum frekuensi dari sinyal<sup>[10]</sup>. Serangan tersebut antara lain : Kompresi jenis *Lossy* adalah operasi yang biasanya membuang bagian yang tidak terlihat (*perceptually insignificant*) dari sebuah citra. Jika seseorang ingin melindungi *watermark* dari serangan tersebut, dia harus menaruh *watermark* di bagian yang terlihat (*perceptually significant*) dari data. Pada umumnya operasi-operasi jenis ini dilakukan dalam domain frekuensi. Pada kenyataannya, hilangnya data biasanya terjadi di bagian frekuensi tinggi dari data. Oleh karena itu *watermark* harus ditambahkan pada daerah bagian frekuensi yang signifikan (bagian frekuensi rendah) dari gambar. Distorsi geometrik bersifat spesifik untuk tiap citra. Dengan menentukan secara manual maksimum dari empat atau sembilan antara *watermark* yang terdistorsi dan *watermark* asli, adalah mungkin untuk membuang transformasi *affine* dari dua atau tiga dimensi. Namun, sebuah skala *affine* (pengecilan) dari citra akan mengarah pada hilangnya data pada daerah frekuensi tinggi. *Cropping* merupakan ancaman serius bagi *watermark* yang ditambahkan pada domain spasial, tapi kemungkinan untuk mempengaruhi *watermark* yang menggunakan domain frekuensi adalah lebih kecil. Distorsi sinyal umum, yang memiliki sifat *nonlinear*, sulit untuk dianalisis efeknya terhadap baik domain frekuensi maupun spasial.

Metode Fourier-Mellin adalah metode transformasi yang independen terhadap serangan rotasi, skala, dan translasi. Metode ini diusulkan pertama kali oleh O'Ruanaidh<sup>[9]</sup>. Pada pendekatannya *Discrete Fourier Transform* (DFT) dari citra dihitung kemudian transformasi Fourier-Mellin dilakukan pada magnitudenya, *watermark* ditambahkan pada hasil transformasi tersebut. Citra *watermarked* kemudian direkonstruksi dengan menggunakan transformasi invers (invers DFT dan invers Fourier-Mellin) setelah digabungkan kembali dengan phase dari DFT sebelumnya. Transformasi Fourier-Mellin adalah *log polar mapping* (LPM) yang diikuti oleh invers dari transformasi Fourier, sedangkan invers dari transformasi Fourier-Mellin adalah invers dari LPM yang diikuti oleh invers dari transformasi Fourier. Dalam domain *log polar* ini sebuah serangan rotasi

dan skala hanya akan menjadi pergeseran dari citra sehingga bisa dikatakan independen terhadap rotasi dan skala. Ekstraksi watermark dilakukan dengan cara melakukan transformasi citra *watermarked* ke dalam domain *log polar*.

Metode O'Ruanaidh memiliki masalah dalam implementasinya, LPM dan inversnya menghasilkan efek *ringing* pada citra hasil *embedding watermark* sehingga tidak dapat diterima kualitasnya. Untuk mengatasi hal itu maka D.Zheng<sup>[14]</sup> mengusulkan untuk melakukan *embedding watermark* tanpa melakukan LPM pada citra asli, tetapi yang mendapatkan LPM adalah *watermark*. Untuk mengurangi efek negatif dari LPM maka LPM untuk *watermark* ini dilakukan dengan aproksimasi, disebut sebagai *approximate invers log polar*. Dengan metode ini sifat independen watermark terhadap rotasi, skala dan translasi dapat dipertahankan dan efek negatif dari LPM dapat dikurangi.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dikaji untuk penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana menyisipkan *watermark* ke dalam citra asli menggunakan *Log Polar Mapping* (LPM) untuk mendapatkan *watermark* yang *invariant* (independen) terhadap rotasi, skala, ataupun translasi?
2. Apakah dengan menggunakan LPM dapat menunjukkan ketahanannya terhadap serangan RST dengan menggunakan parameter obyektif PSNR dan MSE?
3. Bagaimana perbandingan korelasi *watermark* masukan dengan *watermark* pada citra yang telah diberi serangan?

## 1.3 Tujuan

Tujuan utama dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Memahami teknik penyisipan *watermark* dengan menggunakan LPM.
2. Menguji ketahanan watermark terhadap serangan pada citra *watermarked* hasil dari aplikasi yang telah dibuat dengan cara memberikan serangan terhadap citra *watermarked* tersebut.
3. Menganalisis perbedaan kualitas citra host dengan kualitas citra *watermarked* berdasarkan parameter PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*), MSE (*Mean Square Error*), MOS (*Mean Opinion Score*).
4. Menganalisis hasil korelasi *watermark* masukan dengan *watermark* hasil serangan.

#### 1.4 Batasan Masalah

Tugas akhir ini mempunyai beberapa batasan masalah, yaitu sejauh mana program *watermarking* ini dibuat. Adapun batasan masalahnya adalah sebagai berikut.

1. *Signature watermark* yang disisipkan berupa teks ASCII yang dibinerkan terlebih dahulu.
2. Parameter performansi yang akan dianalisis dari hasil *watermarking* adalah PSNR, MSE, dan MOS. Khusus untuk perhitungan PSNR dan MSE hanya dilakukan pada citra *watermarked* tanpa serangan, sedangkan untuk citra *watermarked* + serangan dilakukan perhitungan performansi kekokohan (korelasi).
3. Serangan utama yang akan dilakukan pada citra *watermarked* berupa rotasi, *scaling*, translasi, *noise*, dan kompresi JPEG.
4. Simulasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Matlab R2009a.

#### 1.5 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah eksperimental. Beberapa langkah yang akan dilakukan dalam menyelesaikan tugas akhir ini, yaitu :

1. Pengumpulan data dan studi literatur

Pada tahap awal ini, dilakukan studi literatur dengan mencari, mengumpulkan, dan memahami literatur berupa jurnal, artikel, buku referensi, halaman dari internet, dan sumber-sumber lain yang berhubungan dengan masalah tugas akhir. Dalam hal ini tentang metode *log-polar mapping*, *unblind watermark*, dan *phase correlation*.

2. Perancangan sistem

Di tahap ini dilakukan perancangan sistem untuk *watermarking* citra digital dalam domain frekuensi dan koordinat *log polar*. Selanjutnya, digunakan algoritma/metode *log polar mapping* untuk penanaman *watermark* pada koordinat yang tepat. Setelah itu dilakukan serangan pada citra *watermarked* kemudian dilakukan ekstraksi untuk mengambil kembali data *watermark* yang sebelumnya disisipkan.

3. Simulasi sistem

Tahap selanjutnya, rancangan sistem yang telah dibuat disimulasikan ke dalam bahasa pemrograman Matlab R2009a.

4. Pengujian sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang dibangun sudah tepat dalam mencapai tujuan yang telah dibuat.

## 5. Analisis hasil

Analisis dilakukan pada hasil-hasil yang telah diperoleh dari pengujian sistem dan berdasarkan rumusan masalah yang telah ditentukan.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini tersusun dari lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini dibahas tentang latar belakang permasalahan, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, metode penelitian serta sistematika penulisan tugas akhir.

#### **BAB II DASAR TEORI**

Pada bab ini dibahas tentang teori-teori dasar citra, citra *watermarking*, transformasi Fourier, *Log Polar Mapping*, dan parameter performansi yang digunakan dalam tugas akhir ini.

#### **BAB III PEMODELAN DAN PERANCANGAN SISTEM**

Pada bab ini dibahas tentang proses perancangan sistem yang digunakan untuk simulasi *watermarking* citra dalam domain *Log Polar Mapping*.

#### **BAB IV PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISIS HASIL**

Pada bab ini dilakukan pengujian dan analisis terhadap hasil yang diperoleh dari tahap pemodelan dan perancangan sistem.

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil kerja yang telah dilakukan serta rekomendasi dan saran untuk pengembangan dan perbaikan selanjutnya.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis sistem yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Semakin besar ukuran dimensi citra *host* maka nilai MSE akan semakin kecil sampai menginjak  $MSE = 0$ . Ini berarti bahwa tingkat error pada citra sangatlah kecil atau bahkan tidak ada. Semakin kecil nilai MSE maka nilai PSNR akan semakin besar. PSNR terbesar yaitu *infinite* pada citra berdimensi  $512 \times 512 \text{ pixel}$  dan citra berdimensi  $1024 \times 1024 \text{ pixel}$ . Rata-rata PSNR berada pada 55 dB dengan PSNR terkecil yaitu 37.3587 dB.
2. Proses ekstraksi dalam tugas akhir ini dilakukan dua kali, yaitu saat proses *encoding* (ekstrak normal) dan saat proses *decoding (phase correlation)*. Korelasi terlihat sangat baik saat dilakukan ekstrak normal yaitu dengan besar korelasi *watermark* rata-rata 0,9428 sedangkan korelasi dengan *phase correlation* menurun drastis dengan korelasi terbesar 0,896 pada citra berdimensi  $256 \times 256$ . Semakin besar dimensi citra maka korelasi yang dihasilkan semakin kecil.
3. Untuk serangan berupa rotasi, semakin besar rotasi yang diberikan maka rata-rata korelasi menurun sekitar 0,0503, korelasi terbaik saat citra dirotasi  $180^\circ$ , hasil korelasi sama dengan citra *watermarked* tanpa serangan.
4. Untuk serangan berupa *scaling*, korelasi bergantung pada *scaling*  $< 1$  atau  $> 1$ . Saat *scaling*  $< 1$  korelasi *watermark* rata-rata menurun sekitar 0,1133 sedangkan *scaling*  $> 1$  menghasilkan korelasi yang sangat kecil atau dapat disimpulkan kalau *watermark* tidak dapat diekstrak karena mengalami penurunan korelasi sekitar 0,7907.
5. Untuk serangan berupa translasi, *watermark* sangat kokoh, terlihat dari hasil korelasi yang tidak mengalami perubahan. Hal ini karena *watermark* dimodifikasi pada domain *Log Polar Mapping* sedangkan penyerangan dilakukan pada koordinat kartesian.
6. Untuk serangan kombinasi RST, korelasi *watermark* mengalami penurunan korelasi rata-rata 0,146.

7. Untuk serangan berupa penambahan *noise*, semakin besar *noise density* yang diberikan korelasi *watermark* semakin kecil. *Noise* yang ditambahkan yaitu *Salt and Pepper* dan *Gaussian Noise*. Saat citra *watermarked* diberi serangan *Salt and Pepper* rata-rata korelasi menurun sebesar 0,1103 sedangkan saat diberi serangan *Gaussian noise* rata-rata korelasi hanya menurun 0,0005.
8. Untuk serangan berupa kompresi JPEG, semakin besar *quality factor* yang digunakan maka semakin baik kualitas citra hasil kompresi karena degradasi citra semakin minim namun ukuran citra tidak jauh berkurang. Penurunan korelasi sekitar 0,0072.
9. Secara keseluruhan metode *Log Polar Mapping* kokoh terhadap serangan geometri. Hal ini karena saat proses ekstraksi dilakukan terlebih dahulu penyesuaian terhadap serangan yang diberikan. Hanya saja metode ini hanya cocok digunakan untuk citra berdimensi kecil. Untuk citra berdimensi besar *watermark* tidak dapat diekstrak.

## 5.2 Saran

Pengembangan lebih lanjut yang dapat dilakukan terhadap tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Algoritma untuk *embedding* dan ekstraksi *watermark* perlu dikembangkan lebih lanjut untuk memperoleh hasil korelasi yang lebih baik dan tidak sebatas dapat mengekstrak *watermark* pada dimensi 256 x 256 *pixel*.
2. Program ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk melakukan *embedding* dan ekstraksi *watermark* pada citra berwarna dengan ukuran panjang dan lebar citra yang berbeda.
3. Untuk memperoleh korelasi yang lebih baik dapat ditambahkan *Error Correction* seperti *Reed Muller* atau *Reed Solomon*.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bum-Soo Kima, Jae-Gark Choib, Chul-Hyun Park. 2003. Robust digital image watermarking method against geometrical attacks. *In Elsevier Science Ltd.*
- [2] DEGUILLAUME, F., VOLOSHYNOVSKIY, S., PUN, T. A method for the estimation and recovering from general affine transforms in digital watermarking applications. In Proc. SPIE Vol. 4675, *Security and Watermarking of Multimedia Contents IV*, p. 313–322, 04/ 2002.
- [3] Gonzales, Rafael C. and Woods Richard E. 2010. *Digital Image Processing. Second Edition*. Prentice-Hall, Inc.
- [4] LIU, Y., ZHAO, J. Rotation, scaling, translation invariant image watermarking based on radon transform. In First Canadian Conference on Computer and Robot Vision. Ottawa (Canada), May 17–19, 2004, p. 225-232.
- [5] Munir, Rinaldi. 2006. *Kriptografi*. Bandung: Informatika
- [6] Munir, Rinaldi. 2004. *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*. Bandung: Informatika
- [7] Putra, Darma. 2009. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi
- [8] Radovan RIDZONĚ, Duřan LEVICKÝ. Robust Digital Watermarking Based on the Log-Polar Mapping. *radioengineering*, vol. 16, no. 4, december 2007.
- [9] RUANAIDH, J. J. K., PUN, T. Rotation, scale and translation invariant digital image watermarking. In Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing 1997 (ICIP 97). Santa Barbara (CA), Oct. 1997, vol. 1, p. 536–539.
- [10] S.P. Mohanty: “Digital Watermarking: A Tutorial Review”. 1999.

[11]Suhono H. Supangkat, Kuspriyanto, Juanda. 2000. *Watermarking sebagai Teknik Penyembunyian Label Hak Cipta pada Data Digital*. Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Bandung.

[12]VOLOSHYNOVSKIY, S. et al. Attack modeling: Towards a second generation watermarking benchmark. *Sig. Processing, Special Issue on Information Theoretic Issues in Digital Watermarking*. 2001, vol. 81, no. 6, p. 1177-1214.

[13]Wilson Wai Lun FUNG and Akiomi KUNISA. 2005. Rotation, Scaling, and Translation-Invariant Multi-Bit Watermarking Based On Log Polar Mapping and Discrete Fourier Transform. 0-7803-9332-5/05/\$20.00 ©2005 IEEE

[14]ZHENG, D., ZHAO, J., El SADDIK, A. RST Invariant digital image watermarking based on log-polar mapping and phase correlation. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Special Issue on Authentication, Copyright Protection and Information Hiding*, August 2003, vol. 13, issue 8, p. 753-765.



Telkom  
University