

KOMPARASI WATERMARKING DENGAN LIFTING WAVELET TRANSFORM DAN DISCTERE WAVELET TRANSFORM

Amanda Prawita Ningrum¹, Vincentius Praskatama², Christy Atika Sari³, Eko Hari Rachmawanto⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Informatika, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang, Indonesia

111202113646@mhs.dinus.ac.id

ABSTRAK

Privasi dan *security* merupakan hal yang sangat penting untuk dijaga pada era teknologi seperti sekarang. Cara untuk menjaga privasi dapat dilakukan dengan menggunakan pengamanan pada data. Data perlu dijaga karena didalam data tersebut terdapat informasi pribadi dan sangat bahaya apabila sampai disalahgunakan oleh pihak yang tidak bertanggung jawab. *Watermarking* merupakan proses yang dilakukan untuk melakukan pengamanan data dengan cara menyisipkan citra *watermark* ke dalam citra host atau utama. Tujuan dilakukannya *watermarking* yaitu untuk melakukan pengamanan pada citra. Pada penelitian ini akan dilakukan proses *watermarking* dengan menggunakan algoritma *Lifting Wavelet Transform* (LWT) dan *Disctere Wavelet Transform* (DWT). Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk melakukan komparasi dari proses *watermarking* yang dimana nantinya dapat dilihat proses *watermarking* mana yang lebih baik untuk digunakan. Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu citra host menggunakan citra Lena dan Baboon yang memiliki ukuran 512*512 pixel dan citra watermark dengan ukuran 64*64 pixel. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini yaitu setelah dilakukan proses pengujian, dengan menggunakan citra lena, pada algoritma LWT mendapatkan nilai PSNR sebesar 47.5513 dB dan pada algoritma DWT mendapatkan PSNR sebesar 42.2207 dB.

Keyword : *Watermarking, LWT, DWT, PSNR, Image Processing, Data Hiding*

1. PENDAHULUAN

Citra adalah suatu metode yang dapat digunakan untuk menyampaikan informasi [1]. Citra digital merupakan gambar yang memiliki bentuk dua dimensi dan dapat diolah dengan menggunakan komputer [2]. Jumadi et al [3] mengemukakan bahwa citra merupakan Kumpulan dari suatu pixel yang membentuk objek dua dimensi. Citra memiliki beberapa ruang warna, contohnya RGB dan *Grayscale*. Citra RGB adalah citra asli yang dimana memiliki kombinasi warna warna primer sebagai penyusunnya yaitu *Red*, *Green* dan *Blue* [4]. Sedangkan, citra *grayscale* merupakan citra yang hanya memiliki satu skala atau kernel warna yaitu warna abu abu [5]. Pada penelitian ini, akan digunakan citra *grayscale* dalam melakukan proses *watermarking* dengan menggunakan algoritma *Lifting Wavelet Transform* (LWT) dan juga *Disctere Wavelet Transform* (DWT). Tujuan digunakannya citra *grayscale* sebagai citra host atau citra utama untuk dilakukan proses *watermarking* yaitu karena keuntungan dari citra *grayscale* yang hanya memiliki 1 kernel warna saja yang memiliki rentang 0 hingga 255 pixel. Dengan hanya digunakannya 1 kernel warna saja yaitu warna abu abu, maka akan mempercepat proses komputasi dan penyatuan antara citra host dan citra *watermark* yang digunakan.

Pengolahan citra merupakan Teknik yang digunakan untuk melakukan pemrosesan pada citra, yang dimana memiliki tujuan untuk memperbaiki kualitas dari citra tersebut [6]. Tujuan dari memperbaiki citra yaitu agar citra yang digunakan dapat dengan mudah untuk dilakukan analisis dan identifikasi baik dilakukan oleh manusia ataupun

komputer [7]. Dengan menggunakan pengolahan citra juga, suatu gambar atau citra dapat dilakukan proses untuk mengetahui informasi yang terdapat didalamnya [8]. Oleh karena itu, pada era revolusi industri 4.0 ini pengolahan citra memiliki dampak yang cukup signifikan baik bagi bidang riset ataupun bidang teknologi informasi dan komunikasi [9]. Dalam proses melakukan pengolahan citra, pertama tama akan dilakukan proses akuisisi citra yaitu tahap dari pengumpulan data citra yang akan digunakan sebagai bagian dari pengujian [10]. Pada penelitian ini, akan menggunakan citra Lena dari citra Baboon yang didapatkan dari website <http://www.dip.ee.uct.ac.za/imageproc/stdimages/grayscale/>. Pada kedua citra tersebut, akan di resize menjadi ukuran 512*512 pixel. Tujuan dari dilakukannya proses resize pada citra *host* yaitu untuk mengurangi waktu komputasi yang diperlukan [11].

Perkembangan pada bidang teknologi informasi dan komunikasi membawa pengaruh kepada kehidupan manusia zaman sekarang [12]. Namun, dengan berkembangnya teknologi informasi tersebut, masih tidak lepas dari kurangnya keamanan pada data [13]. Kurangnya keamanan data tersebut disebabkan karena dengan teknologi internet, memberikan akses untuk kemudahan dalam hal bertukar informasi [14]. Karena itu diperlukan suatu system ataupun alat yang dapat digunakan untuk melakukan pengamanan data.

Watermarking merupakan proses untuk melakukan penyatuan data citra *watermark* ke citra host atau citra utama [15]. Novamizanti et. al [16], mengemukakan bahwa *watermarking* merupakan proses yang dilakukan untuk menyematkan

watermark ke dalam citra utama yang nantinya *watermark* tersebut di ekstrak Kembali pada sisi penerima. *Watermarking* merupakan salah satu cara untuk mengamankan data dengan cara memberikan identitas pada data untuk melindungi data tersebut agar tidak disalahgunakan [17]. Karena itu, *watermarking* secara digital mengambil peranan yang penting untuk dapat melakukan proteksi, autentikasi dan pemberian hak cipta pada data [18]. Penggunaan proses *watermarking* untuk melakukan perlindungan pada data dilakukan karena dengan proses *watermarking*, *watermark* yang diberikan memiliki ketahanan yang tinggi, hanya memerlukan kapasitas yang sedikit, tidak mengganggu penglihatan manusia, memberikan keamanan pada data dan juga biaya komputasi yang cukup ringan [19]. Dengan menggunakan Teknik *watermarking* maka kita dapat dengan baik mengamankan dan memberikan hak cipta pada data tersebut [20]. Banyak Teknik yang bisa dilakukan untuk implementasi *watermarking* seperti *Discrete Cosine Transform* (DCT), *Singular Value Decomposition* (SVD), *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Lifting Wavelet Transform* (LWT), *Genetic Algorithm* (GA), *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan lainnya. Pada penelitian ini, akan digunakan metode *Lifting Wavelet Transform* (LWT) dan *Discrete Wavelet Transform* (DWT) untuk melakukan proses *watermarking*. Yang dimana nantinya kedua metode ini dilihat dan dianalisa metode mana yang lebih baik dalam melakukan proses *watermarking*.

Lifting Wavelet Transform (LWT) merupakan generasi kedua dari proses transformasi *wavelet* yang ditemukan di Sweldens pada tahun 1998 [21]. Dalam implementasinya, *Lifting Wavelet Transform* melakukan proses pada daerah yang memiliki *sub-band* frekuensi yang rendah dengan menggunakan faktorisasi QR [22]. Pada LWT terdapat 2 proses utama yaitu dekomposisi dan proses rekonstruksi [23]. Yang dimana pada proses dekomposisi terbagi lagi menjadi 3 proses yaitu proses pembagian, prediksi dan update. Sedangkan pada proses rekonstruksi terjadi proses inverse dari dekomposisi.

DWT atau *Discrete Wavelet Transform* merupakan suatu Teknik untuk melakukan proses *watermarking* pada citra. Yang dimana pada prosesnya, *Discrete Wavelet Transform* membagi citra menjadi 4 sub band yaitu aproksimasi (LL), horizontal (LH), vertikal (HL) dan diagonal (HH) [24]. Proses pembagian atau dekomposisi citra tersebut dapat diulang terus menerus sehingga menjadi proses dekomposisi *multilevel Discrete Wavelet Transform* (DWT) [25]. Pada proses dekomposisi citra, nilai H merupakan nilai yang dimana memiliki filter tinggi dan nilai L merupakan nilai dimana memiliki filter rendah [26]. Pada saat melakukan proses *watermarking*, algoritma *Discrete Wavelet Transform* menyematkan citra *watermark* pada bagian *sub-band* yang memiliki filter rendah yaitu *sub-band* LL, sehingga *watermark* yang

disisipkan pada *sub-band* tersebut diharapkan untuk dapat disembunyikan dengan baik dan *robust* terhadap serangan citra.

Pada penelitian ini akan dilakukan proses *watermarking* dengan menggunakan algoritma *Lifting Wavelet Transform* (LWT) dan *Discrete Wavelet Transform* (DWT). Tujuan dari dilakukannya penelitian ini yaitu untuk melakukan komparasi atau perbandingan bagaimana hasil kualitas setelah dilakukannya proses *watermarking*, yang dimana nantinya dapat menimbulkan kesimpulan metode mana yang efektif untuk dapat melakukan proses *watermarking*. Proses *watermarking* yang dilakukan adalah *watermarking non blind* dengan menggunakan citra *grayscale*. Tujuan dilakukan *non blind watermarking* pada penelitian ini yaitu agar *watermark* yang disisipkan tidak terlihat oleh mata manusia sehingga dapat dengan baik menyimpan informasi. Tujuannya digunakan citra *grayscale* untuk melakukan proses *watermarking* yaitu karena citra *grayscale* hanya memiliki 1 kernel warna saja yaitu abu abu yang berkisar antara 0 hingga 255, sehingga dengan hal tersebut dapat mempermudah dan mempercepat dalam proses komputasi pada penyisipan atau ekstraksi *watermark*. Tujuan dari digunakannya DWT dan LWT yaitu karena kedua metode ini sama sama proses *wavelet transform* sehingga dapat dilihat bagaimana performa apabila dilakukan proses komparasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian yang dilakukan oleh Giri et. al [27] pada tahun 2020 membahas mengenai pemanfaatan algoritma *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dalam melakukan proses *watermarking* pada citra berwarna. Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk memberikan review atau pembahasan bagaimana melakukan proses *watermarking* dengan menggunakan citra berwarna dan bagaimana meningkatkan kualitas dari proses *watermarking* dengan menggunakan *Discrete Wavelet Transform* (DWT). Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu *Discrete Wavelet Transform* merupakan suatu metode yang efisien untuk dapat digunakan dalam proses *watermarking* dan dengan menggunakan lebih banyak dekomposisi, maka proses DWT yang dilakukan dapat menjadi semakin baik.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Kahlessenane et. al [28] tahun 2020, membahas mengenai proses *watermarking* dengan menggunakan algoritma *Discrete Wavelet Transform* (DWT) untuk memberikan proteksi atau hak cipta pada citra medis. Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk membangun suatu sistem yang dimana dapat melakukan proses *watermarking* pada citra medis, sehingga citra tersebut memiliki proteksi dan sistem tersebut dapat menghasilkan citra *watermark* yang tahan atau *robust* terhadap serangan citra. Hasil yang didapatkan setelah

dilakukan pengujian pada penelitian ini yaitu hasil sistem *watermarking* yang dibangun dapat dengan baik melakukan proses *watermark* dibandingkan dengan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Hal tersebut dapat dilihat dari rata rata PSNR yang didapatkan setelah dilakukan pengujian yaitu sebesar 70 db.

Selanjutnya, Araghi et. al [29], melakukan penelitian yang membahas mengenai proses *watermarking* dengan menggunakan kombinasi antara DWT dan 2-D SVD untuk dapat melakukan proses *watermarking* pada citra digital. Tujuan dari dilakukannya penelitian ini yaitu untuk dapat membangun sistem yang dapat dengan baik mengamankan suatu citra digital yang dimana system tersebut juga harus dapat *robust* atau kuat terhadap serangan citra. Hasil yang didapatkan dari dilakukannya penelitian ini yaitu dengan menggunakan kombinasi antara DWT dan 2D-SVD dapat meningkatkan performa proses *watermarking* terutama pada sisi *impercibility* dan *robustness* citra hasil *watermarking*.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Abdulrahman et. al [30] pada tahun 2019, membahas mengenai proses *watermarking* pada citra berwarna dengan menggunakan kombinasi metode *Disctere Cosine Transform* (DCT) dan *Disctere Wavelet Transform* (DWT). Tujuan dari dilakukannya penelitian ini yaitu untuk membangun suatu metode yang dapat melakukan proses *watermarking* yang *robust* sehingga dapat memberikan perlindungan hak cipta dan identifikasi citra. Hasil yang diperoleh setelah dilakukannya penelitian ini yaitu dengan menggunakan kombinasi antara DCT dan DWT dalam *watermarking* pada citra berwarna maka menghasilkan citra *watermark* yang dapat *robust* dan memiliki *imperceptibility* yang baik sehingga ketika dilakukan proses *watermarking*, *watermark* yang sudah disisipkan pada citra host secara aman dapat terlindungi.

Penelitian yang dilakukan oleh Kumar et al [31] pada tahun 2021 membahas mengenai proses *watermarking* pada citra berwarna dengan menggunakan *Disctere Wavelet Transform* dengan menggunakan tambahan kombinasi *alpha blending* dan konsep *maksimum entropy*. Tujuan dari dilakukannya penelitian ini yaitu untuk melakukan optimasi pada *Disctere Wavelet Transform* dalam melakukan proses *watermarking* sehingga proses *watermarking* yang dilakukan dapat menghasilkan nilai *imperceptibility* dan *robustness* yang baik. Hasil yang sudah didapatkan setelah dilakukannya penelitian ini yaitu dengan menggunakan optimisasi *alpha blending* dan *maximum entropy* pada *Disctere Wavelet Transform*, mendapatkan rata rata PSNR yaitu sebesar 51.6145 db dan rata rata SSIM yaitu sebesar 0.9992 dan nilai NCC yang didapatkan saat tidak dilakukan proses *attack* pada citra hasil *watermark* yang dilakukan yaitu sebesar 1.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Alzahrani [32] membahas mengenai meningkatkan proses *watermarking* untuk mendapatkan hasil citra *watermark* yang kuat dan invisible dengan menggunakan kombinasi proses *Disctere Wavelet Transform* (DWT) dan *Single Value Decomposition* (SVD). Tujuan dari dilakukannya penelitian ini yaitu untuk membangun suatu kombinasi proses *watermarking* sehingga mendapatkan hasil *watermarking* yang kuat dan juga tahan akan serangan. Hasil yang didapatkan dari dilakukannya penelitian ini yaitu sistem yang dibangun dapat dengan baik dan memiliki nilai *imperceptibility* yang tinggi yang diberikan dari nilai PSNR sebesar 52.70 db dan SSIM sebesar 99.99%. Sehingga menunjukkan bahwa dengan kombinasi DWT dan SVD dapat dengan baik melakukan proses *watermarking* pada citra *grayscale*.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Dataset

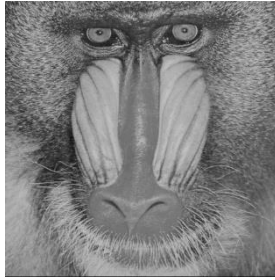
Pada penelitian ini, akan menggunakan dataset berupa 2 buah citra host dan 1 citra *watermark*. Citra host atau citra utama yang digunakan yaitu citra Lena dan baboon. Yang dimana untuk citra lena memiliki ekstensi .jpg dan untuk citra baboon memiliki ekstensi .tif. Citra tersebut didapatkan dari website <http://www.dip.ee.uct.ac.za/imageproc/stdimages/grayscale/>. Sedangkan untuk citra *watermark* menggunakan citra kunci.jpg yang didapatkan dari website https://www.iconexperience.com/o_collection/icon/s/?icon=key. Pada proses *watermarking*, citra host yang digunakan akan di *resize* menjadi berukuran 512*512 pixel dan citra *watermark* akan di *resize* menjadi ukuran 64*64 pixel.



Gambar 1. Citra Host Lena

Gambar 1 dan 2 menunjukkan citra host yang akan digunakan dalam proses *watermarking*. Citra yang dipilih merupakan citra *grayscale* karena citra *grayscale* dalam proses komputasinya lebih cepat karena hanya memerlukan 1 kernel warna saja yang memiliki nilai kisaran *pixel* antara 0 hingga 255. Dengan menggunakan citra *grayscale* juga dapat lebih mempermudah dalam proses *embed* atau penyatuan antara *watermark* dan citra host, karena citra *watermark* hanya dilakukan *embedding* dengan

1 kernel warna. Sedangkan gambar 3 merupakan gambar yang akan digunakan sebagai *watermark*.



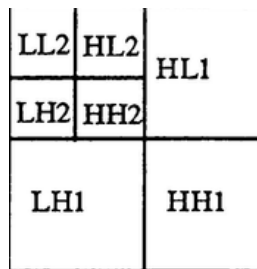
Gambar 2. Citra Host Baboon



Gambar 3. Citra Kunci Watermark

3.2. Discrete Wavelet Transform (DWT)

Discrete Wavelet Transform bekerja dengan cara membagi citra host menjadi 4 *sub-band* yaitu aproksimasi (LL), horizontal (LH), vertikal (HL) dan diagonal (HH) [24]. Untuk rumus mencari *sub-band* secara matematis dapat dilihat pada persamaan 1, 2, 3, dan 4. Pada proses dekomposisi citra tersebut dapat diulang terus menerus sehingga nantinya dapat menjadi proses dekomposisi *multi level Discrete Wavelet Transform* (DWT) [25]. Pada penelitian ini, akan digunakan proses dekomposisi level 2 pada citra host. Pada proses dekomposisi citra, nilai H merupakan representasi nilai yang memiliki filter tinggi dan nilai L merupakan representasi dari nilai yang memiliki filter rendah [26]. Bentuk visualisasi dari hasil dekomposisi proses pada *Discrete Wavelet Transform* (DWT) diberikan pada gambar 4.



Gambar 4. Dekomposisi Level 2 DWT

Gambar 4 menunjukkan hasil dekomposisi pada algoritma *Discrete Wavelet Transform* (DWT). Dapat dilihat pada gambar 2, dilakukan proses dekomposisi hingga level 2. Pada saat melakukan proses watermarking, algoritma *Discrete Wavelet Transform* menyematkan citra *watermark* pada bagian *sub-band* yang memiliki filter rendah yaitu *sub-band* LL, sehingga *watermark* yang disisipkan

pada *sub-band* tersebut diharapkan untuk dapat disembunyikan dengan baik dan *robust* terhadap serangan citra. Untuk proses *watermarking* dengan menggunakan *Discrete Wavelet Transform* diberikan dibawah ini.

- 1) $[LL, LH, HH, HL] = \text{dwt2}(\text{host}, 'haar')$
- 2) $\text{water} = \text{imresize}(\text{water}, [\text{size}(LL, 1), \text{size}(LL, 2)])$
- 3) $\text{water_LL} = LL$
- 4) $\text{water_LL}(\text{water} == 1) = LL(\text{water} == 1) + \alpha * LL(\text{water} == 1)$
- 5) $\text{water_LL}(\text{water} == 0) = LL(\text{water} == 0) - \alpha * LL(\text{water} == 0)$
- 6) $\text{watermarked} = \text{idwt2}(\text{water_LL}, LH, HH, HL, 'haar')$

Dapat dilihat dari potongan kode diatas, merupakan proses *embedding watermark* ke dalam citra host. Pada persamaan 1, merupakan proses untuk membagi citra host menjadi 4 bagian yaitu LL, LH, HH, dan HL. Setelah itu pada persamaan 2 dilakukan proses *resize* agar citra *watermark* yang digunakan dapat sesuai dengan ukuran subband LL, karena *watermark* akan diletakkan pada subband LL tersebut. Lalu pada proses 3, 4 dan 5 merupakan proses penyisipan *watermark* ke dalam subband LL. Lalu setelah dilakukan proses penyisipan *watermark*, dilakukan lagi proses rekonstruksi *watermark* yang ditunjukkan pada persamaan 6.

3.3. Lifting Wavelet Transform (LWT)

Lifting Wavelet Transform (LWT) merupakan generasi kedua dari proses transformasi *wavelet* yang ditemukan di Swedens pada tahun 1998 [21]. Dalam implementasinya, *Lifting Wavelet Transform* melakukan proses pada daerah yang memiliki *sub-band* frekuensi yang rendah dengan menggunakan faktorisasi QR [22]. Pada LWT terdapat 2 proses utama yaitu dekomposisi dan proses rekonstruksi [23]. Yang dimana pada proses dekomposisi terbagi lagi menjadi 3 proses yaitu proses pembagian, prediksi dan update. Sedangkan pada proses rekonstruksi terjadi proses inverse dari dekomposisi. Untuk penjelasan proses dekomposisi dapat diberikan dibawah ini.

Split (pembagian): Merupakan pembagian sinyal (S) menjadi 2 komponen yaitu ganjil atau *even* dan genap atau *odd*, sehingga dari proses ini akan menghasilkan nilai LL dan HL yang lebih kasar. untuk perhitungan matematis diberikan pada persamaan 1 dan 2.

$$LL[x] = i[2x] \quad (1)$$

$$HL[x] = i[2x + 1] \quad (2)$$

Prediksi: Merupakan tahap prediksi komponen HL atau ganjil dan LL atau genap. Hal tersebut bertujuan untuk membantu dalam hal identifikasi adanya beda antara nilai aktual dan ganjil atau LL. Untuk rumus prediction diberikan pada persamaan 3.

$$\text{Pred}[x] = HL[x] - \frac{LL[x] + LL[x-1]}{2} \quad (3)$$

Update: Merupakan tahap mengubah komponen LL berdasarkan nilai yang didapatkan pada prediksi sebelumnya. Untuk rumus *update* diberikan pada persamaan 4.

$$Upd[x] = LL[x] - \frac{Pred[x] + Pred[x-1]}{4} \quad (4)$$

3.4. Perhitungan kualitas watermarking

Setelah dilakukan proses *watermarking* baik dengan menggunakan metode *Discrete Wavelet Transform* (DWT) atau *Lifting Wavelet Transform* (LWT), maka citra hasil *watermarking* tersebut dapat dilakukan proses perhitungan kualitas. Hal ini bertujuan untuk dapat melihat apakah hasil proses *watermarking* memiliki perubahan yang signifikan atau tidak dibandingkan dengan citra asli. Untuk perhitungan kualitas pada penelitian ini akan dilakukan dengan menghitung PSNR, SSIM, NCC dan entropy. PSNR merupakan nilai yang didapatkan dari perhitungan logaritma dari MSE. Untuk perhitungan PSNR diberikan pada persamaan 5. SSIM merupakan perhitungan struktural dari citra asli dan citra *watermarking* untuk melihat apakah ada perubahan yang signifikan pada citra hasil *watermarking*. Untuk proses perhitungan SSIM diberikan pada persamaan 6. NCC merupakan matriks yang digunakan untuk melihat korelasi antara citra hasil *watermark* dengan citra asli. Untuk perhitungan NCC diberikan pada persamaan 7. Entropy merupakan nilai yang digunakan untuk mengukur tingkat ketidakpastian dari pixel yang ada pada citra. Rumus entropy diberikan pada persamaan 8.

$$PSNR = 10 * \log_{10} \left(\frac{Pxl^2}{MSE} \right) \quad (5)$$

$$SSIM(X, Y) = \frac{(2 * \mu_X * \mu_Y + Z_1) * (2 * \sigma_{XY} + Z_2)}{(\mu^2_X + \mu^2_Y + Z_1) * (\sigma^2_X + \sigma^2_Y + Z_2)} \quad (6)$$

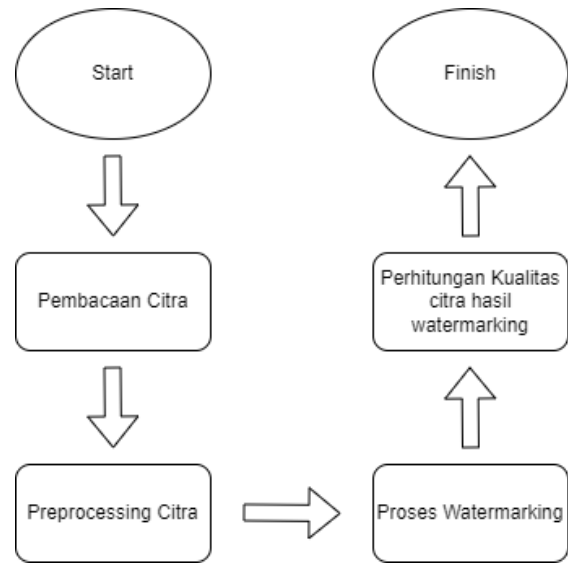
$$(X, Y) = \frac{\sum [(X_{(i,j)} - \mu_X) * (Y_{(i,j)} - \mu_Y)]}{[sqrt(\sum (X_{(i,j)} - \mu_X)^2) * sqrt(\sum (Y_{(i,j)} - \mu_Y)^2)]} \quad (7)$$

$$Ent(X) = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2(P_i) \quad (8)$$

3.5. Alur kerja proses

Pada penelitian ini, proses *watermarking* akan dilakukan dengan menggunakan MATLAB R2022a. Pertama tama yang dilakukan yaitu merupakan proses pengumpulan data yang akan digunakan. Data yang dikumpulkan yaitu merupakan data citra *host* atau citra utama dan juga citra *watermark*. Setelah dilakukan proses pengumpulan data citra baik citra *host* maupun citra *watermark*, lalu citra *host* akan di *resize* menjadi 512*512 pixel. Setelah data disiapkan dan diolah, maka selanjutnya dapat dilakukan untuk proses *watermarking* dengan menggunakan metode *Discrete Wavelet Transform* (DWT) ataupun *Lifting Wavelet Transform* (LWT). Setelah dilakukan proses *watermarking*, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan kualitas dari citra *watermarking* yang dihasilkan dengan

menggunakan perhitungan PSNR, SSIM, NCC dan Entropy. Untuk visualisasi Proses diberikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Alur proses watermarking

Pada gambar 5 menunjukkan tahapan yang ditempuh untuk dapat melakukan proses *watermarking* dengan menggunakan algoritma *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan *Lifting Wavelet Transform* (LWT). Untuk penjelasan proses secara rinci diberikan dibawah ini.

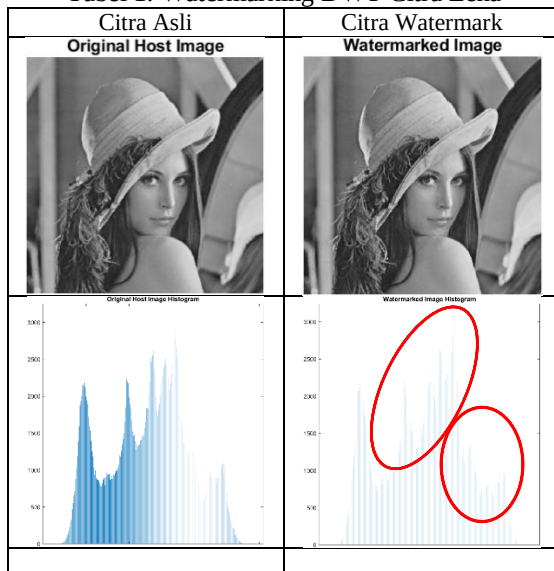
1. Pertama tama yang dilakukan yaitu pembacaan citra yang akan digunakan untuk proses *watermarking*. Citra yang dibaca pada tahap ini yaitu citra *host* atau citra utama dan citra yang akan digunakan sebagai *watermark*.
2. Setelah dilakukan pembacaan data citra, maka akan dilakukan pemrosesan citra yaitu berupa *resize* citra *host* menjadi 512*512 pixel.
3. Lalu setelah dilakukan pemrosesan citra, maka dapat dilakukan proses *watermarking* dengan menggunakan *Discrete Wavelet Transform* (DWT) atau *Lifting Wavelet Transform* (LWT) terhadap citra *host* atau citra utama dengan citra *watermark*.
4. Setelah dilakukan proses *watermarking*, dapat dilakukan perhitungan kualitas citra setelah dilakukan *watermarking* dengan perhitungan PSNR, SSIM, NCC dan Entropy serta dilakukan juga proses komparasi citra hasil proses DWT dan DCT sehingga dapat dilihat metode mana yang lebih baik untuk dapat melakukan proses *watermarking*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses penelitian *watermarking* dengan menggunakan algoritma *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan *Lifting Wavelet Transform* (LWT) akan menggunakan MATLAB R2022a sebagai *tools* atau alat untuk dapat melakukan implementasi sistem. Untuk citra *host* yang

digunakan pada penelitian ini merupakan citra Lena.jpg dan Baboon.tiff yang dimana citra tersebut didapatkan dari website <http://www.dip.ee.uct.ac.za/imageproc/stdimages/greyscale/>. Sedangkan untuk citra watermark yang digunakan pada penelitian ini yaitu citra kunci.jpg yang dimana citra tersebut didapatkan dari website https://www.iconexperience.com/o_collection/icon/s/?icon=key.

Tabel 1. Watermarking DWT Citra Lena

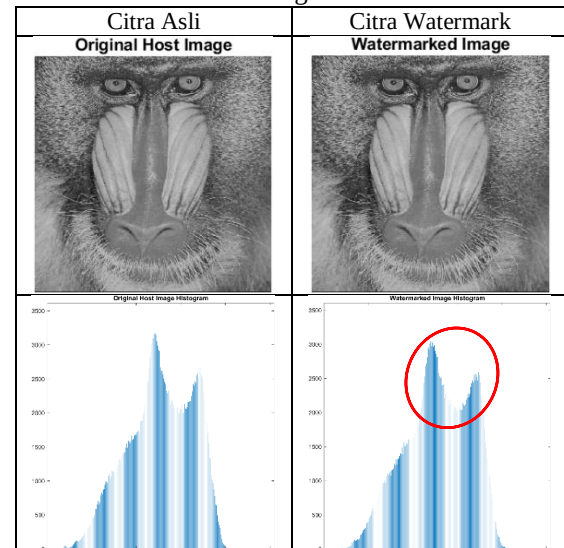


Setelah citra disiapkan, maka citra host akan di *resize* menjadi ukuran 512*512 pixel. Lalu setelah citra dilakukan pemrosesan awal, maka selanjutnya dapat dilakukan operasi watermarking dengan menggunakan algoritma *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan juga *Lifting Wavelet Transform* (LWT). Untuk hasil proses watermarking dengan menggunakan DWT diberikan pada Tabel 1 dan 2. Sedangkan untuk hasil proses watermarking dengan menggunakan LWT diberikan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

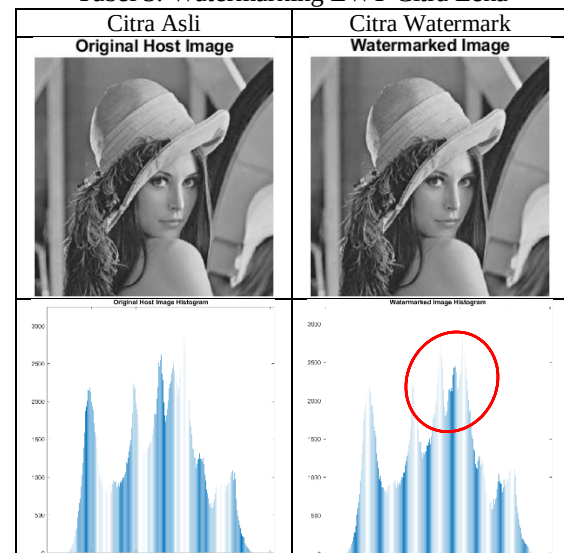
Pada Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukan hasil proses watermarking dari proses *Discrete Wavelet Transform* (DWT). Sedangkan table 3 dan 4 menunjukkan hasil proses watermarking dengan menggunakan algoritma *Lifting Wavelet Transform* (LWT). Dapat terlihat pada table 1, 2, 3 dan 4, pada saat proses melakukan watermarking baik dengan menggunakan metode DWT maupun LWT tidak terlihat adanya perbedaan yang signifikan antara citra asli dengan citra hasil watermark. Pada Tabel 1 terdapat garis berwarna merah yang menunjukkan adanya perubahan pixel yang terjadi setelah dilakukan proses watermarking baik saat menggunakan algoritma *Discrete Wavelet Transform* dan *Lifting Wavelet Transform*. Hal tersebut menunjukkan bahwa hasil proses watermarking tidak menimbulkan perubahan pixel yang signifikan yang artinya, setelah dilakukan proses watermarking, tidak ada perubahan yang Nampak secara kasat mata

dan watermark sudah disimpan dengan baik pada citra host. Setelah dilakukan proses watermarking, maka dilakukan perhitungan kualitas citra yang dihasilkan dari proses watermarking. Perhitungan kualitas yang dilakukan yaitu PSNR, SSIM, NCC dan entropy. Untuk nilai entropy citra asli Lena.jpg yaitu sebesar 7.446 dan untuk citra baboon.tif yaitu sebesar 7.1391. Untuk hasil PSNR, SSIM, NCC dan entropy perbandingan citra asli dengan citra watermarking diberikan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

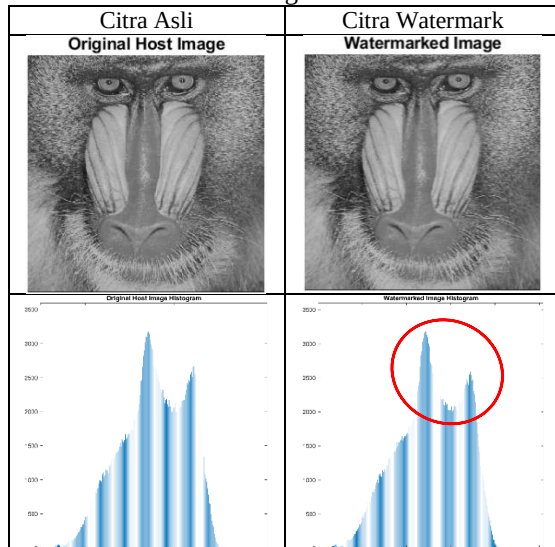
Tabel 2. Watermarking DWT Citra Baboon



Tabel 3. Watermarking LWT Citra Lena



Tabel 4. Watermarking LWT Citra Baboon



Tabel 5. Kualitas Hasil Watermarking DWT

Citra	Watermarking DWT			
	PSNR	SSIM	NCC	Entropy
Lena	42.2207 dB	0.99884	1	7.4585
baboon	42.0376 dB	0.99922	1	7.1443

Pada Tabel 5 dan Tabel 6 menunjukkan hasil kualitas citra yang dihasilkan dari proses watermarking dengan menggunakan *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan *Lifting Wavelet Transform* (LWT). Dapat dilihat pada tabel yang diberikan, nilai PSNR terbaik didapatkan ketika menggunakan algoritma *Lifting Wavelet Transform* (LWT) yaitu sebesar 47.5513 dB dan nilai SSIM terbaik juga didapatkan dengan menggunakan metode *Lifting Wavelet Transform* (LWT) yaitu sebesar 0.99982. Untuk nilai NCC pada kedua algoritma baik DWT ataupun LWT sama-sama mendapatkan nilai 1. Sedangkan untuk nilai entropy terbaik pada kedua algoritma sama-sama baik.

Tabel 6. Kualitas Hasil Watermarking LWT

Citra	Watermarking LWT			
	PSNR	SSIM	NCC	Entropy
Lena	47.5513 dB	0.99972	1	7.452
baboon	46.8824 dB	0.99982	1	7.153

Tabel 7. Perbandingan dengan penelitian sebelumnya

Jurnal	Metode	Citra	Hasil
[32]	Level 2 DWT	Lena	PSNR: 42.4380 dB SSIM: 0.9978
	LWT	Lena	PSNR: 47.5513 dB SSIM: 0.99972
Penelitian ini	DWT	Lena	PSNR: 42.2207 dB SSIM: 0.99884

Tabel 7 menunjukkan hasil perbandingan komparasi antara penelitian yang dilakukan sebelumnya dengan penelitian yang telah dilakukan. Dapat dilihat pada tabel tersebut bahwa nilai pada penelitian ini dengan menggunakan algoritma LWT mendapatkan nilai PSNR yang lebih baik yaitu sebesar 47.5513 dB jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang sebesar 42.4380 dB. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada penelitian ini sudah dapat dilakukan improvisasi dari proses watermarking dari penelitian sebelumnya, sehingga pada penelitian ini nilai *imperceptibility* dari citra hasil watermarking sangat baik.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang sudah dilakukan, maka mendapatkan hasil bahwa dengan menggunakan algoritma DWT mendapatkan PSNR terbaik yaitu sebesar 42.2207 dB dan SSIM sebesar 0.99922. Sedangkan, dengan menggunakan algoritma LWT mendapatkan PSNR terbaik yaitu sebesar 47.5513 dB dan SSIM terbaik sebesar 0.99982. Dari nilai-nilai tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa proses watermarking dengan menggunakan algoritma *Lifting Wavelet Transform* dapat lebih efektif dan efisien serta dapat memenuhi kriteria *imperceptibility*. Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan dapat menggunakan Teknik watermarking seperti *Discrete Wavelet Transform* atau *Discrete Fourier Transform* sehingga dapat dilakukan proses komparasi metode mana yang lebih baik untuk melakukan proses watermarking dan mengamankan data dengan lebih baik. Dalam penelitian selanjutnya, proses peningkatan *imperceptibility* dengan mengukur nilai PSNR dapat dioptimalkan menggunakan algoritma optimasi seperti *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Genetic Algorithm* (GA) atau *Neural Network* (NN).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Ratna, "PENGOLAHAN CITRA DIGITAL DAN HISTOGRAM DENGAN PYTHON DAN TEXT EDITOR PHYCHARM," *Technologia: Jurnal Ilmiah*, vol. 11, no. 3, p. 181, Jul. 2020, doi: 10.31602/tji.v11i3.3294.
- [2] N. Z. Munantri, H. Sofyan, and M. Y. Florestiyanto, "APLIKASI PENGOLAHAN CITRA DIGITAL UNTUK IDENTIFIKASI UMUR POHON," *Telematika*, vol. 16, no. 2, p. 97, Jan. 2020, doi: 10.31315/telematika.v16i2.3183.
- [3] J. Jumadi, Y. Yupianti, and D. Sartika, "PENGOLAHAN CITRA DIGITAL UNTUK IDENTIFIKASI OBJEK MENGGUNAKAN METODE HIERARCHICAL AGGLOMERATIVE CLUSTERING," *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, vol. 10, no. 2, pp. 148–156, Nov. 2021, doi: 10.23887/jstundiksha.v10i2.33636.

- [4] K. Masykuroh, "Analisis Pengaruh Koefisien Watermarking pada Citra RGB dengan Menggunakan Perbandingan DCT dan DWT," *TELKA - Telekomunikasi Elektronika Komputasi dan Kontrol*, vol. 7, no. 1, pp. 62–70, May 2021, doi: 10.15575/telka.v7n1.62-70.
- [5] Y. N. N. Jurusan and I. Komputer, "PENGOLAHAN CITRA DIGITAL PERBANDINGAN METODE HISTOGRAM EQUALIZATION DAN SPESIFIKATION PADA CITRA ABU-ABU," *J-ICON*, vol. 7, no. 1, pp. 87–95, 2019, doi: <https://doi.org/10.35508/jicon.v7i1.889>.
- [6] A. Rilo Pambudi, Garno, and Purwanto, "DETEKSI KEASLIAN UANG KERTAS BERDASARKAN WATERMARK DENGAN PENGOLAHAN CITRA DIGITAL," *Jurnal Informatika Polinema*, vol. 6, no. 4, pp. 69–74, Aug. 2020, doi: 10.33795/jip.v6i4.407.
- [7] A. Fadjeri, B. A. Saputra, D. K. Adri Ariyanto, and L. Kurniatin, "Karakteristik Morfologi Tanaman Selada Menggunakan Pengolahan Citra Digital," *Jurnal Ilmiah SINUS*, vol. 20, no. 2, p. 1, Jul. 2022, doi: 10.30646/sinus.v20i2.601.
- [8] A. Nur Sugandi and B. Hartono, "Implementasi Pengolahan Citra pada Quadcopter untuk Deteksi Manusia Menggunakan Algoritma YOLO," *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, vol. 13, no. 1, pp. 183–188, Aug. 2022, doi: <https://doi.org/10.35313/irwns.v13i01.4186>.
- [9] A. Fadjeri, A. Setyanto, and M. P. Kurniawan, "Pengolahan Citra Digital Untuk Menghitung Ekstraksi Ciri Greenbean Kopi Robusta Dan Arabika (Studi Kasus: Kopi Temanggung)," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIKomsin)*, vol. 8, no. 1, Apr. 2020, doi: 10.30646/tikomsin.v8i1.462.
- [10] A. Syarifah, A. A. Riadi, and A. Susanto, "Klasifikasi Tingkat Kematangan Jambu Bol Berbasis Pengolahan Citra Digital Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor," *JIMP : Jurnal Informatika Merdeka Pasuruan*, vol. 3, no. 1, pp. 27–35, 2022, doi: <http://dx.doi.org/10.37438/jimp.v7i1.417>.
- [11] A. Septiarini, Rizqi Saputra, Andi Tejawati, and Masna Wati, "Deteksi Sarung Samarinda Menggunakan Metode Naive Bayes Berbasis Pengolahan Citra," *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 5, no. 5, pp. 927–935, Oct. 2021, doi: 10.29207/resti.v5i5.3435.
- [12] K. Benuf, S. Mahmudah, and E. A. Priyono, "PERLINDUNGAN HUKUM TERHADAP KEAMANAN DATA KONSUMEN FINANCIAL TECHNOLOGY DI INDONESIA," *Refleksi Hukum: Jurnal Ilmu Hukum*, vol. 3, no. 2, pp. 145–160, Aug. 2019, doi: 10.24246/jrh.2019.v3.i2.p145-160.
- [13] Z. Fitri Sekolah Tinggi Keguruan dan Ilmu Pendidikan Bumi Persada Lhokseumawe - Aceh, "AUDIO DIGITAL WATERMARKING UNTUK MELINDUNGI DATA MULTIMEDIA," *UNIMAL*, vol. 7, no. 1, pp. 189–208, 2019, doi: <https://doi.org/10.29103/techsi.v7i1.187>.
- [14] D. M. Alpiani, G. Budiman, and S. Rizal, "PENERAPAN KNN PADA DETEKSI ASCII PASCA HASIL EKSTRAKSI AUDIO WATERMARKING MENGGUNAKAN TEKNIK SMM PADA SEGMENT AUDIO SECARA ADAPTIF," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 8, no. 2, pp. 1497–1504, 2021.
- [15] A. O. Mulani and G. N. Shinde, "An approach for robust digital image watermarking using DWT-PCA Article Info," 2021, doi: 10.46243/jst.2021.v6.i04.pp59-62.
- [16] L. Novamizanti, I. Safitri, H. B. Arindaka, and I. I. Tritasmoro, "Watermarking berbasis Redundant Discrete Wavelet Transform dan Arnold Transform pada Citra Medis," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 13, no. 2, pp. 48–55, Dec. 2021, doi: 10.15294/jte.v13i2.31691.
- [17] S. Kumar, B. K. Singh, and M. Yadav, "A Recent Survey on Multimedia and Database Watermarking," *Multimed Tools Appl*, vol. 79, no. 27–28, pp. 20149–20197, Jul. 2020, doi: 10.1007/s11042-020-08881-y.
- [18] F. Yasmeen and M. S. Uddin, "An Efficient Watermarking Approach Based on LL and HH Edges of DWT-SVD," *SN Comput Sci*, vol. 2, no. 2, p. 82, Apr. 2021, doi: 10.1007/s42979-021-00478-y.
- [19] A. Zear and P. K. Singh, "Secure and robust color image dual watermarking based on LWT-DCT-SVD," *Multimed Tools Appl*, vol. 81, no. 19, pp. 26721–26738, Aug. 2022, doi: 10.1007/s11042-020-10472-w.
- [20] P. Garg and R. R. Kishore, "Optimized color image watermarking through watermark strength optimization using particle swarm optimization technique," *Journal of Information and Optimization Sciences*, vol. 41, no. 6, pp. 1499–1512, Aug. 2020, doi: 10.1080/02522667.2020.1802124.
- [21] B. Bolourian Haghighi, A. H. Taherinia, and R. Monsefi, "An Effective Semi-fragile Watermarking Method for Image Authentication Based on Lifting Wavelet Transform and Feed-Forward Neural Network," *Cognit Comput*, vol. 12, no. 4, pp. 863–890, Jul. 2020, doi: 10.1007/s12559-019-09700-9.
- [22] R. Mehta, K. Gupta, and A. K. Yadav, "An adaptive framework to image watermarking based on the twin support vector regression and

- genetic algorithm in lifting wavelet transform domain,” *Multimed Tools Appl*, vol. 79, no. 25–26, pp. 18657–18678, Jul. 2020, doi: 10.1007/s11042-020-08634-x.
- [23] D. Awasthi and V. K. Srivastava, “Robust, imperceptible and optimized watermarking of DICOM image using Schur decomposition, LWT-DCT-SVD and its authentication using SURF,” *Multimed Tools Appl*, vol. 82, no. 11, pp. 16555–16589, May 2023, doi: 10.1007/s11042-022-14002-8.
- [24] A. Anand and A. K. Singh, “An improved DWT-SVD domain watermarking for medical information security,” *Comput Commun*, vol. 152, pp. 72–80, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.comcom.2020.01.038.
- [25] K. Fares, A. Khaldi, K. Redouane, and E. Salah, “DCT & DWT based watermarking scheme for medical information security,” *Biomed Signal Process Control*, vol. 66, p. 102403, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.bspc.2020.102403.
- [26] N. Zermi, A. Khaldi, R. Kafi, F. Kahlessenane, and S. Euschi, “A DWT-SVD based robust digital watermarking for medical image security,” *Forensic Sci Int*, vol. 320, p. 110691, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.forsciint.2021.110691.
- [27] K. J. Giri, S. M. K. Quadri, R. Bashir, and J. I. Bhat, “DWT based color image watermarking: a review,” *Multimed Tools Appl*, vol. 79, no. 43–44, pp. 32881–32895, Nov. 2020, doi: 10.1007/s11042-020-09716-6.
- [28] F. Kahlessenane, A. Khaldi, R. Kafi, and S. Euschi, “A DWT based watermarking approach for medical image protection,” *J Ambient Intell Humaniz Comput*, vol. 12, no. 2, pp. 2931–2938, Feb. 2021, doi: 10.1007/s12652-020-02450-9.
- [29] T. K. Araghi and A. A. Manaf, “An enhanced hybrid image watermarking scheme for security of medical and non-medical images based on DWT and 2-D SVD,” *Future Generation Computer Systems*, vol. 101, pp. 1223–1246, Dec. 2019, doi: 10.1016/j.future.2019.07.064.
- [30] A. K. Abdulrahman and S. Ozturk, “A novel hybrid DCT and DWT based robust watermarking algorithm for color images,” *Multimed Tools Appl*, vol. 78, no. 12, pp. 17027–17049, Jun. 2019, doi: 10.1007/s11042-018-7085-z.
- [31] S. Kumar and B. K. Singh, “DWT based color image watermarking using maximum entropy,” *Multimed Tools Appl*, vol. 80, no. 10, pp. 15487–15510, Apr. 2021, doi: 10.1007/s11042-020-10322-9.
- [32] A. Setyono and D. R. Ignatius Moses Setiadi, “Tchebichef Image Watermarking based on 2-level Haar Wavelet,” in *2019 International Conference on contemporary Computing and Informatics (IC3I)*, IEEE, Dec. 2019, pp. 16–21. doi: 10.1109/IC3I46837.2019.9055707.